







وزارت راه و ترابری  
پژوهشکده حمل و نقل

## راهنمای طراحی و اجرای خط کشتی راهها



سرشناسه	: میرعابدینی، مجتبی، ۱۳۴۵.
عنوان و پدیدآور	: راهنمای طراحی و اجرای خط‌کشی راهها / مجری مجتبی میرعابدینی؛ مدیر پروژه حسین روزیخواه؛ ناظرین تقی یوسفی نژاد، محمد سطوتی.
مشخصات نشر	: تهران: وزارت راه و ترابری، پژوهشکده حمل و نقل، ۱۳۸۶.
مشخصات ظاهری	: ۵۰۵ ص: مصور، جدول.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۲۹۹۳-۰۵-۵
یادداشت	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۲۴۴-۲۴۵.
موضوع	: راه‌ها--خط‌کشی.
شناسه افزوده	: روزیخواه، حسین، ۱۳۵۶.
شناسه افزوده	: یوسفی نژاد، تقی، ۱۳۴۴.
شناسه افزوده	: سطوتی، محمد، ۱۳۴۸.
شناسه افزوده	: ایران. وزارت راه و ترابری، پژوهشکده حمل و نقل.
رده‌بندی کنگره	: TE ۱۵۳
رده‌بندی دیوی	: ۶۲۵/۷۹۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۱۲۰۸۶۹
ISBN: 978-964-2993-05-5	

### وزارت راه و ترابری - پژوهشکده حمل و نقل

عنوان	: راهنمای طراحی و اجرای خط‌کشی راهها
بخش پژوهشی	: ایمنی حمل و نقل
مجری	: پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران - دکتر مجتبی میرعابدینی
مدیر پروژه	: مهندس حسین روزیخواه
ناظرین	: مهندس تقی یوسفی نژاد - مهندس محمد سطوتی
ناشر	: پژوهشکده حمل و نقل
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۲۹۹۳-۰۵-۵
نوبت چاپ	: اول
تاریخ انتشار	: بهار ۱۳۸۷
شمارگان	: ۷۰۰ نسخه
قیمت	: ۴۰۰۰ تومان
لیتوگرافی	:
چاپ و صحافی	:
نشانی	: بزرگراه آفریقا - بالاتراز تقاطع وحید دستگردی (ظفر) - بن بست نور - پلاک ۱۹ - پژوهشکده حمل و نقل - طبقه اول - اداره انتشارات
تلفکس	: ۸۸۸۸۹۹۸۱-۶
وبسایت فروش	: web:www.tri.gov.ir
مرکز پخش و فروش (مؤسسه خدمات فرهنگی فدک ایستاتیس)	: web:www.Fadakbook.com
	: ۶۶۴۸۱۰۹۶-۶۶۴۸۲۲۲۱

\*کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است\*

## پیشگفتار

حمل و نقل از ابتدای تاریخ بشر، نقشی اساسی در شکل‌دهی جوامع انسانی و توسعه اقتصادی آنها ایفا نموده است و در عصر حاضر نیز، شریانهای ارتباطی، زیربنای اقتصاد هر کشوری را تشکیل می‌دهد.

توسعه پایدار، حمل و نقل سریع و ایمن نیز همانند سایر ابعاد زندگی بشر، هنگامی تبلور پیدا می‌کند که به صورت نظام‌مند و براساس منطق علمی پایه‌ریزی شده باشد؛ در این فرایند علمی و نظام‌مند است که نقش و جایگاه علوم حمل و نقل در توسعه پایدار و اقتصاد جوامع تجلی می‌یابد.

در حال حاضر، افراد و مؤسسات زیادی در سراسر دنیا به تحقیق و آموزش در شاخه‌های مختلف علوم حمل و نقل مشغول می‌باشند که نتیجه تلاشهای آنها منجر به ایجاد سامانه‌های پیشرفته و جدید حمل و نقل و نیز بهینه‌سازی سامانه‌های موجود شده است. با توجه به جوان بودن رویکرد علمی در صنعت حمل و نقل کشور و نیاز روزافزون به این صنعت مهم و فراگیر، این فرصت طلایی برای پژوهشگران کشور وجود دارد تا ارتباط لازم را با محافل علمی دنیا برقرار نموده و همگام با مراکز معتبر بین‌المللی در این عرصه نوین حرکت نمایند.

پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری در راستای پاسخگویی به این نیازها و به منظور پرکردن خلاء ناشی از نبود یک مرکز توانمند علمی و پژوهشی در زمینه مهندسی حمل و نقل و زیرساختهای مرتبط با آن، در سال ۱۳۸۲ تأسیس گردید. این پژوهشکده به عنوان مجموعه‌ای علمی در زمینه حمل و نقل، این رسالت عظیم را برعهده دارد تا با تکیه بر خلاقیت و پشتکار پژوهشگران داخلی و نیز پشتوانه تجربه جمعی از متخصصان در سازمانها و ادارات وزارت راه و ترابری به مرکز تولید دانش در علوم حمل و نقل ایران تبدیل شود.

از مهمترین وظایف پژوهشکده حمل و نقل در راستای انجام این رسالت تاریخی، تولید دانش، دانش‌اندوزی، نشر و اطلاع‌رسانی علمی آخرین دستاوردهای پژوهشی از طریق انتشار گزارشهای علمی و پژوهشی است.

این کتاب راهنما به منظور کمک به متخصصان برای طراحی و اجرای خط کشی راهها تدوین شده است.



در تهیه این مجموعه سعی شده است که وضعیت موجود کشور در نظر گرفته شود و با استفاده از استانداردها و آئین‌نامه‌های معتبر داخلی و بین‌المللی (به ویژه استانداردهای EN و BS) و آئین‌نامه علائم راههای کشور، انواع سیستم‌های خط‌کشی از نظر مواد اولیه، شیوه کاربرد، محل استفاده و روشهای طراحی مورد بررسی قرار گیرد، تا در مجموع راهنمای سودمندی برای استفاده در سیستمهای مختلف خط‌کشی پیش روی کارفرمایان، مشاورین، پیمان‌کاران و مجریان قرار گیرد. مجموعه حاضر در نه فصل، شامل کلیات، دانه‌های شیشه‌ای، انواع رنگهای ترافیکی، آزمون‌های کنترل کیفیت رنگهای ترافیکی، راه و انواع تپ خط‌کشی راهها، به همراه یک واژه‌نامه تهیه شده است.

به استناد تحقیقات عملی، که طی سالیان اخیر به طور مستمر انجام گرفته است، طراحی علائم سیستم‌های خط‌کشی راهها در سراسر جهان، دستخوش تغییرات و تجدید نظرهای مداوم بوده است. از این رو، با وجود توجه به نتیجه تازه‌ترین تحقیقات در تدوین دستورالعمل حاضر، نباید از یاد برد که تغییر مباحث آن در سالهای آتی ضرورت دارد. بنابراین، مجموعه حاضر را نباید به عنوان یک مدرک غیر قابل تغییر تلقی کرد بلکه، باید آن را به عنوان گامهای اولیه در تهیه و تدوین آئین‌نامه علائم خط‌کشی راهها به شمار آورد. در فصلهای مختلف این راهنما، به روشهای استاندارد در خصوص کنترل کمی و کیفی سیستم‌های مختلف خط‌کشی با استناد به مراجع معتبر و بین‌المللی اشاره شده است. توصیه می‌شود که این راهنما قبل از دستورالعمل مطالعه شود و همچنین تحقیق و بررسی در زمینه روشها و سیستم‌های مختلف خط‌کشی، با همکاری موسسات علمی، پژوهشی و سازمانهای زیربط انجام شود.

در انتشار این مجموعه، افراد بسیاری همکاری داشته‌اند، از جمله: آقای دکتر مجتبی میرعابدینی به عنوان مجری و سرکار خانم شهلا پازوکی همکار ایشان، آقایان مهندس تقی یوسفی نژاد و مهندس محمد سطوتی به عنوان ناظرین پروژه، آقای مهندس حسین روزیخواه مدیر پروژه و آقای مهندس شاهین شعبانی رئیس بخش ایمنی پژوهشکده حمل‌ونقل، که از همه این بزرگواران صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

محمود عامری

رئیس پژوهشکده حمل‌ونقل

بهار ۱۳۸۷

# راهنمای طراحی و اجرای خطکشی راهها

## فهرست مطالب

۱	..... فصل اول- کلیات
۲	..... ۱-۱ تعریف
۳	..... ۲-۱ هدف از خطکشی
۶	..... ۳-۱ عوامل موثر بر عملکرد خطکشی
۸	..... ۱-۳-۱ نوع مواد اولیه و سیستم خطکشی
۱۲	..... ۲-۳-۱ عوامل خارجی و محیطی
۱۲	..... ۱-۲-۳-۱ شرایط محیطی و ویژگی‌های آب و هوایی
۱۴	..... ۲-۲-۳-۱ ویژگی‌های ترافیک
۱۵	..... ۳-۲-۳-۱ تأثیر نوع روسازی
۱۶	..... ۱-۳-۲-۳-۱ زبری سطح
۲۲	..... ۲-۳-۲-۳-۱ حساسیت به گرما
۲۵	..... ۳-۴-۲-۳-۱ تخلخل سطح
۲۵	..... ۳-۳-۱ سایر موارد
۲۵	..... ۱-۳-۳-۱ آماده سازی سطح روسازی
۲۶	..... ۲-۳-۳-۱ سازگاری مواد در خطکشی‌های مجدد
۲۷	..... ۳-۳-۳-۱ وضعیت هندسی جاده
۲۸	..... ۴-۱ انواع رنگ‌ها و مواد مصرفی در خطکشی‌ها
۲۹	..... ۱-۴-۱ انواع رنگ سرد معمولی
۳۰	..... ۱-۱-۴-۱ رنگ سرد بر پایه الکید و الکیدهای اصلاح شده
	..... ۲-۱-۴-۱ رنگ‌های سرد بر پایه رزین‌های کلروکائوچو (الکید اصلاح شده با

۳۱	..... کلروکائوچو)
۳۱	..... ۳-۱-۴-۱ رنگ‌های سرد بر پایه رزین‌های اکریلیک پایه حلالی
۳۲	..... ۴-۱-۴-۱ رنگ‌های سرد پایه آبی
۳۳	..... ۲-۴-۱ رنگ ترموپلاستیک (خط‌کشی گرم)
۳۵	..... ۱-۲-۴-۱ مواد ترموپلاستیک بر پایه رزین‌های الکییدی و هیدروکربنی
۳۶	..... ۲-۲-۴-۱ اپوکسی ترموپلاستیک
۳۷	..... ۳-۴-۱ سایر رنگ‌های مصرفی در خط‌کشی‌ها
۳۸	..... ۴-۴-۱ نوارهای پیش ساخته و علائم برجسته روسازی
۳۸	..... ۱-۴-۴-۱ نوارهای پیش ساخته
۳۹	..... ۱-۱-۴-۴-۱ علائم نواری بادوام
۴۰	..... ۲-۱-۴-۴-۱ نوارهای پیش ساخته موقت
۴۱	..... ۲-۴-۴-۱ علائم برجسته روسازی
۴۱	..... ۵-۴-۱ مقایسه خواص انواع رنگ‌های مصرفی در خط‌کشی راهها
	..... ۵-۱ تطابق نوع خط‌کشی با شرایط آب و هوایی منطقه، میزان ترافیک و نوع رویه
۴۴	..... راه و روسازی
۴۴	..... ۱-۵-۱ معیارهای انتخاب رنگ و سیستم خط‌کشی
۴۶	..... ۲-۵-۱ عامل هزینه و دوام
۴۶	..... ۳-۵-۱ شرایط جوی
۴۷	..... ۴-۵-۱ انتخاب مواد خط‌کشی بر حسب نوع روسازی و وضعیت رویه راه
۴۷	..... ۵-۵-۱ سرعت خشک شدن
۵۵	..... ۶-۱ مراجع
۵۷	..... فصل دوم- دانه‌های شیشه‌ای
۵۸	..... ۱-۲ تعریف
۵۸	..... ۱-۱-۲ دانه‌های شیشه‌ای

۵۹	..... ۲-۱-۲ بازتاب نور برگشتی
۶۳	..... ۲-۲ انواع دانه‌های شیشه‌ای
۶۴	..... ۱-۲-۲ تقسیم‌بندی دانه‌های شیشه‌ای در استانداردهای مختلف
۶۵	..... ۲-۲-۲ تقسیم‌بندی دانه‌های شیشه‌ای بر حسب پوشش سطحی آنها
۶۸	..... ۳-۲ روش‌های کاربرد دانه‌های شیشه‌ای در مواد خط‌کشی
۷۰	..... ۴-۲ آزمون‌ها و ویژگی‌های فیزیکی دانه‌های شیشه‌ای
۷۱	..... ۱-۴-۲ کیفیت و شکل ظاهری دانه‌های شیشه‌ای
۷۱	..... ۲-۴-۲ دانه‌های شیشه‌ای معیوب
۷۱	..... ۱-۲-۴-۲ انواع دانه‌های شیشه‌ای معیوب
۷۵	..... ۲-۲-۴-۲ تعیین درصد دانه‌های شیشه‌ای معیوب
۷۶	..... ۳-۴-۲ وزن مخصوص
۷۶	..... ۴-۴-۲ ضریب شکست
۷۷	..... ۵-۴-۲ دانه‌بندی
۸۲	..... ۶-۴-۲ سایر آزمون‌ها
۸۲	..... ۵-۲ آزمون‌ها و ویژگی‌های ساختار شیمیایی
۸۳	..... ۶-۲ روش و ویژگی‌های اجرایی
۸۳	..... ۱-۶-۲ مقدار و نحوه پراکندگی دانه‌های شیشه‌ای
۸۵	..... ۲-۶-۲ عمق فرورفتگی دانه‌ها
۸۶	..... ۳-۶-۲ درخشندگی خط‌کشی در شب
۸۷	..... ۴-۶-۲ اندازه‌گیری بازتاب نور برگشتی در شرایط آب و هوایی مختلف
۹۳	..... ۵-۶-۲ نکات مهم در فرآیند اجرا
۹۵	..... ۶-۶-۲ تجهیزات مورد نیاز برای کنترل فرآیند اجرا
۹۶	..... ۷-۲ بسته‌بندی، حمل و نقل و نگهداری دانه‌های شیشه‌ای
۹۷	..... ۸-۲ مشکلات موجود در اجرای دانه‌های شیشه‌ای و راه‌حل‌های رفع آنها

۹۸	..... ۹-۲ چک لیست کنترل دانه‌های شیشه‌ای در هنگام خرید.....
۹۸	..... ۱۰-۲ چک لیست کنترل دانه‌های شیشه‌ای قبل از اجرای خط‌کشی.....
۱۰۰	..... ۱۱-۲ مراجع.....
۱۰۳	..... فصل سوم- رنگ سرد (پایه آبی و حلالی).....
۱۰۳	..... ۱-۳ تعریف.....
۱۰۵	..... ۲-۳ انواع رنگ سرد.....
۱۰۶	..... ۱-۲-۳ رنگ‌های ترافیکی سرد پایه حلالی.....
۱۰۶	..... ۱-۱-۲-۳ انواع.....
۱۰۹	..... ۲-۱-۲-۳ محدودیت‌های زیست محیطی.....
۱۱۰	..... ۲-۲-۳ رنگ‌های ترافیکی سرد پایه آبی.....
۱۱۲	..... ۳-۳ آزمون‌ها و ویژگی‌های رنگ سرد در حالت مایع.....
۱۱۳	..... ۱-۳-۳ نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه جهت انجام آزمون.....
۱۱۳	..... ۲-۳-۳ آنالیز شیمیایی.....
۱۱۳	..... ۳-۳-۳ درصد جامد یا میزان مواد غیر فرار رنگ.....
۱۱۴	..... ۴-۳-۳ دانسیته یا وزن مخصوص.....
۱۱۴	..... ۵-۳-۳ ترکیبات آلی فرار (VOC).....
۱۱۵	..... ۶-۳-۳ درصد یا میزان پیگمنت.....
۱۱۵	..... ۷-۳-۳ درصد پیونده (یا رزین).....
۱۱۵	..... ۸-۳-۳ میزان سرب.....
۱۱۶	..... ۹-۳-۳ رویه بستن.....
۱۱۶	..... ۱۰-۳-۳ تعیین ذرات درشت.....
۱۱۷	..... ۱۱-۳-۳ اندازه ذرات.....
۱۱۷	..... ۱۲-۳-۳ غلظت یا ویسکوزیته.....
۱۱۸	..... ۱۳-۳-۳ پایداری در زمان انبارداری.....

- ۱۱۸ ..... ۱۴-۳-۳ قابلیت رقیق شدن
- ۱۱۹ ..... ۴-۳-۳ آزمون‌ها و ویژگی‌های رنگ سرد در حالت فیلم خشک
- ۱۱۹ ..... ۱-۴-۳ زمان خشک شدن ترافیکی
- ۱۱۹ ..... ۲-۴-۳ قدرت حفظ و نگهداری دانه‌های شیشه‌ای
- ۱۲۱ ..... ۳-۴-۳ فاکتور روشنایی
- ۱۲۳ ..... ۴-۴-۳ قیرزدگی
- ۱۲۳ ..... ۵-۴-۳ قدرت پوشش
- ۱۲۴ ..... ۶-۴-۳ فام رنگی
- ۱۲۵ ..... ۷-۴-۳ انعکاس
- ۱۲۵ ..... ۸-۴-۳ قابلیت دید در شب یا بازتاب نور برگشتی
- ۱۲۶ ..... ۹-۴-۳ مقاومت در برابر فرسایش
- ۱۲۷ ..... ۱۰-۴-۳ ازدیاد طول یا انعطاف پذیری
- ۱۲۷ ..... ۱۱-۴-۳ مقاومت در برابر سایش (ذرات شن)
- ۱۲۸ ..... ۱۲-۴-۳ مقاومت در برابر ضربه
- ۱۲۸ ..... ۱۳-۴-۳ مقاومت در برابر مواد سوختی
- ۱۲۹ ..... ۱۴-۴-۳ مقاومت در برابر محلول نمک
- ۱۲۹ ..... ۱۵-۴-۳ مقاومت در برابر شرایط جوی تسریع شده
- ۱۳۰ ..... ۱۶-۴-۳ مقاومت در برابر آب
- ۱۳۰ ..... ۱۷-۴-۳ مقاومت در برابر چرخه گرما- سرما
- ۱۳۰ ..... ۱۸-۴-۳ مقاومت در برابر سرخوردگی
- ۱۳۱ ..... ۱۹-۴-۳ زمان خشک شدن کامل
- ۱۳۱ ..... ۲۰-۴-۳ جمع‌بندی آزمون‌های آزمایشگاهی متداول جهت کنترل کیفی رنگ سرد
- ۱۳۳ ..... ۵-۳-۳ آزمون‌های میدانی
- ۱۳۶ ..... ۱-۵-۳ موقعیت مکانی جهت انجام آزمایش‌ها

- ۱۳۶ ..... ۲-۵-۳ شرایط مناسب برای اجرای خط‌کشی در آزمون‌های میدانی.....
- ۱۳۷ ..... ۳-۵-۳ نمونه‌برداری.....
- ۱۳۷ ..... ۴-۵-۳ مقدار مواد انتخاب شده.....
- ۱۳۸ ..... ۵-۵-۳ ارزیابی و کنترل‌های اجرای میدانی.....
- ۱۳۹ ..... ۶-۵-۳ برنامه زمان‌بندی ارزیابی آزمون‌های میدانی.....
- ۱۴۰ ..... ۷-۵-۳ الگوی خطوط طولی و عرضی در آزمون‌های میدانی.....
- ۱۴۲ ..... ۸-۵-۳ مشخصات فنی در حین اجرای خط‌کشی برای آزمون‌های میدانی.....
- ۱۴۲ ..... ۹-۵-۳ اندازه‌گیری زمان خشک شدن و شرایط آب و هوایی در آزمون‌های میدانی.....
- ۱۴۳ ..... ۱۰-۵-۳ اندازه‌گیری ضخامت فیلم تر و وزن دانه‌های شیشه‌ای.....
- ۱۴۴ ..... ۱۱-۵-۳ تعیین سرعت اجرای خط‌کشی.....
- ۱۴۴ ..... ۱۲-۵-۳ اندازه‌گیری‌های مربوط به عملکرد مواد در آزمون‌های میدانی.....
- ۱۴۶ ..... ۱۳-۵-۳ ثبت مشاهدات آزمون‌های میدانی.....
- ۱۴۶ ..... ۱۴-۵-۳ گزارش نهایی آزمون میدانی.....
- ۱۴۷ ..... ۶-۳ نظارت‌های اجرایی و آزمون‌های مربوطه.....
- ۱۴۷ ..... ۱-۶-۳ قبل از اجرا.....
- ۱۴۷ ..... ۱-۱-۶-۳ توافقات قبل از اجرا.....
- ۱۴۸ ..... ۲-۱-۶-۳ رطوبت سطح.....
- ۱۴۹ ..... ۳-۱-۶-۳ گرد و خاک و اضافات (آشغال).....
- ۱۴۹ ..... ۴-۱-۶-۳ دمای هوا و دمای سطح روسازی.....
- ۱۵۰ ..... ۵-۱-۶-۳ اندازه‌گیری عمق بافت سطحی توسط روش پیچ شنی.....
- ۱۵۲ ..... ۶-۱-۶-۳ ایمنی ماشین‌آلات خط‌کشی.....
- ۱۵۶ ..... ۲-۶-۳ نظارت و کنترل در زمان اجرا.....
- ۱۵۶ ..... ۱-۲-۶-۳ ضخامت.....
- ۱۵۷ ..... ۲-۲-۶-۳ ابعاد خط‌کشی.....

- ۱۵۷ ..... رنگ‌های پایه آبی..... ۳-۲-۶-۳
- ۱۶۱ ..... ضخامت فیلم..... ۴-۲-۶-۳
- ۱۶۲ ..... تأمین چسبندگی..... ۵-۲-۶-۳
- ۱۶۲ ..... حفاظت از خط‌کشی برای اطمینان از تثبیت خط‌کشی..... ۶-۲-۶-۳
- ۱۶۲ ..... نظارت در زمان سرویس‌دهی و آزمون‌های مربوطه..... ۳-۶-۳
- ۱۶۴ ..... تعیین پایان عمر مفید..... ۱-۳-۶-۳
- ۱۶۵ ..... جلوه یا ظاهر..... ۲-۳-۶-۳
- ۱۶۵ ..... دوام..... ۳-۳-۶-۳
- ۱۶۹ ..... قابلیت دید در شب یا بازتاب نور برگشتی..... ۴-۳-۶-۳
- ۱۶۹ ..... روش ارزیابی خط‌کشی‌ها..... ۵-۳-۶-۳
- ۱۶۹ ..... تعیین عملکرد نسبی یا فاکتور ارزش در خط‌کشی..... ۶-۳-۶-۳
- ۱۷۰ ..... تعیین طول عمر مفید..... ۷-۳-۶-۳
- ۱۷۱ ..... تعیین و محاسبه فاکتور وزن به هزینه..... ۸-۳-۶-۳
- ۱۷۱ ..... مقاومت در برابر سرخوردگی..... ۹-۳-۶-۳
- ۱۷۱ ..... رنگ‌سنجی..... ۱۰-۳-۶-۳
- ۱۷۲ ..... حد مجاز تغییرات ابعاد خطوط..... ۱۱-۳-۶-۳
- ۱۷۲ ..... چک لیست خرید رنگ و کنترل‌های لازم در هنگام خرید..... ۷-۳
- ۱۷۳ ..... عیوب موجود در خط‌کشی‌های سرد و روش‌های برطرف کردن آنها..... ۸-۳
- ۱۷۷ ..... کاهش بازتاب نور برگشتی..... ۱-۸-۳
- ۱۷۷ ..... کاهش انعکاس نور در روز..... ۲-۸-۳
- ۱۷۷ ..... سیاه‌شدگی..... ۳-۸-۳
- ۱۷۸ ..... قیرزدگی..... ۴-۸-۳
- ۱۷۹ ..... ترک‌های طولی و عرضی..... ۵-۸-۳
- ۱۷۹ ..... جداشدن خط‌کشی از سطح روسازی..... ۶-۸-۳



۱۸۰	..... ۹-۳ نحوه و درصد مصرف دانه‌های شیشه‌ای
۱۸۱	..... ۱-۹-۳ ویژگی‌های اجرایی دانه‌های شیشه‌ای
۱۸۲	..... ۱۰-۳ مراجع
۱۸۵	..... فصل چهارم- رنگ گرم (ترموپلاستیک)
۱۸۵	..... ۱-۴ تعریف
۱۸۸	..... ۲-۴ انواع مواد ترموپلاستیک (خط‌کشی گرم)
۱۸۸	..... ۱-۲-۴ مواد ترموپلاستیک بر پایه رزین‌های الکید و هیدروکربنی
۱۸۹	..... ۲-۲-۴ مواد ترموپلاستیک بر پایه رزین‌های اپوکسی ترموپلاستیک
۱۹۱	..... ۳-۴ چک‌لیست کنترل مواد در هنگام خرید و قبل از اجرای خط‌کشی
۱۹۲	..... ۴-۴ آزمون‌های آزمایشگاهی و ویژگی‌های مواد خط‌کشی گرم
۱۹۲	..... ۱-۴-۴ نمونه‌برداری
۱۹۳	..... ۲-۴-۴ آزمون‌های پیش از انجام آزمون تعیین ثبات حرارتی
۱۹۳	..... ۱-۲-۴-۴ تعیین ترکیب درصد و نوع اجزاء در فرمولاسیون
۱۹۵	..... ۲-۲-۴-۴ تعیین میزان پیونده یا رزین
۱۹۵	..... ۳-۲-۴-۴ خصوصیات فیزیکی
۱۹۵	..... ۴-۲-۴-۴ وزن مخصوص
۱۹۵	..... ۵-۲-۴-۴ سمیت
۱۹۶	..... ۶-۲-۴-۴ اندازه‌گیری فاکتور روشنایی و فام رنگی (محورهای رنگی)
۱۹۷	..... ۷-۲-۴-۴ نقطه نرم شوندگی
۱۹۷	..... ۸-۲-۴-۴ مقاومت شیمیایی
۱۹۸	..... ۹-۲-۴-۴ مقاومت در برابر ضربه
۱۹۸	..... ۳-۴-۴ آزمون تعیین پایداری حرارتی
۱۹۹	..... ۴-۴-۴ آزمون‌های پس از انجام آزمون حرارت دهی و تعیین پایداری حرارتی
۱۹۹	..... ۱-۴-۴-۴ فاکتور روشنایی و فام رنگی

۱۹۹	..... ۲-۴-۴-۴ نقطه نرم شوندگی
۱۹۹	..... ۳-۴-۴-۴ مقاومت در برابر نفوذ
۲۰۰	..... ۴-۴-۴-۴ مقاومت در برابر پرتوهای UV
۲۰۰	..... ۵-۴-۴-۴ مقاومت در برابر جریان پذیری
۲۰۰	..... ۶-۴-۴-۴ مقاومت در برابر سرخوردگی
۲۰۱	..... ۷-۴-۴-۴ استحکام پیوند
۲۰۱	..... ۸-۴-۴-۴ اندیس زردی
۲۰۱	..... ۹-۴-۴-۴ انعکاس
۲۰۱	..... ۱۰-۴-۴-۴ مقاومت در برابر ضربه
۲۰۲	..... ۱۱-۴-۴-۴ بسته بندی
۲۰۳	..... ۱۲-۴-۴-۴ آستر
۲۰۳	..... ۱۳-۴-۴-۴ اجرای خط کشی
	..... ۵-۴-۴ جمع بندی آزمون های آزمایشگاهی متداول جهت کنترل کمی و کیفی
۲۰۴	..... رنگ گرم
۲۰۶	..... ۵-۴ آزمون های میدانی
۲۰۷	..... ۱-۵-۴ موقعیت مکانی جهت انجام آزمایش ها
۲۰۷	..... ۲-۵-۴ شرایط آب و هوایی
۲۰۸	..... ۳-۵-۴ شرایط ترافیک
۲۰۸	..... ۴-۵-۴ خصوصیات سطح روسازی
۲۰۹	..... ۵-۵-۴ برنامه زمان بندی انجام آزمون های میدانی
۲۱۰	..... ۶-۵-۴ الگوی خطوط طولی و عرضی در آزمون های میدانی
۲۱۰	..... ۷-۵-۴ شرایط مناسب برای اجرای خط کشی در آزمون های میدانی
۲۱۱	..... ۸-۵-۴ مشخصات فنی در حین اجرای خط کشی برای آزمون های میدانی
۲۱۲	..... ۹-۵-۴ تعیین سرعت اجرای خط کشی

- ۲۱۲ ..... ۱۰-۵-۴ اندازه‌گیری‌های مربوط به عملکرد مواد در آزمون‌های میدانی.....
- ۲۱۴ ..... ۱-۱۰-۵-۴ ضخامت خطوط آزمون.....
- ۲۱۴ ..... ۲-۱۰-۵-۴ شکل ظاهری / رنگ.....
- ۲۱۵ ..... ۳-۱۰-۵-۴ ضریب سایش.....
- ۲۱۵ ..... ۱۱-۵-۴ ملاحظات آزمون‌های میدانی.....
- ۲۱۶ ..... ۱۲-۵-۴ گزارش نهایی آزمون میدان.....
- ۲۱۷ ..... ۶-۴ آزمون‌ها و ویژگی‌های اجرایی.....
- ۲۱۷ ..... ۱-۶-۴ خصوصیات ترموپلاستیک‌ها.....
- ۲۱۹ ..... ۲-۶-۴ روشهای اجرا.....
- ۲۱۹ ..... ۳-۶-۴ قبل از اجرا.....
- ۲۱۹ ..... ۱-۳-۶-۴ شرایط تحویل مواد.....
- ۲۲۰ ..... ۲-۳-۶-۴ انبارداری و نگهداری مواد قبل از اجرای خط‌کشی.....
- ۲۲۰ ..... ۳-۳-۶-۴ آماده‌سازی سطح روسازی.....
- ۲۲۱ ..... ۴-۳-۶-۴ آماده‌سازی مواد جهت اجرا.....
- ۲۲۲ ..... ۵-۳-۶-۴ آستر.....
- ۲۲۳ ..... ۴-۶-۴ در زمان اجرا.....
- ۲۲۵ ..... ۱-۴-۶-۴ ضخامت مواد خط‌کشی.....
- ۲۲۵ ..... ۲-۴-۶-۴ حد رواداری قابل قبول.....
- ۲۲۵ ..... ۳-۴-۶-۴ میزان مصرف مواد ترموپلاستیک.....
- ۲۲۶ ..... ۵-۶-۴ در زمان سرویس دهی.....
- ۲۲۶ ..... ۱-۵-۶-۴ نحوه ارزیابی میزان تخریب خط‌کشی.....
- ۲۲۹ ..... ۲-۵-۶-۴ ارزیابی فرسایش.....
- ۲۲۹ ..... ۳-۵-۶-۴ فاکتور روشنایی.....
- ۲۳۰ ..... ۴-۵-۶-۴ فام و محورهای رنگی.....

۲۳۱	.....۵-۵-۶-۴ بازتاب نور برگشتی تحت نور پراکنده (Qd).....
۲۳۱	.....۶-۵-۶-۴ بازتاب نور برگشتی در شب و تحت نور چراغ خودرو (RL).....
۲۳۲	.....۷-۵-۶-۴ مقاومت در برابر سُر خوردگی.....
۲۳۲	.....۸-۵-۶-۴ نحوه تعیین طول عمر خط‌کشی.....
۲۳۳	.....۷-۴ عیوب موجود در خط‌کشی و روش‌های برطرف نمودن آنها.....
۲۳۹	.....۸-۴ نحوه و درصد مصرف دانه‌های شیشه‌ای.....
۲۴۰	.....۱-۸-۴ دانه‌های شیشه‌ای درون مخلوط شده.....
۲۴۱	.....۲-۸-۴ مشخصات دانه‌های شیشه‌ای روپاشی.....
۲۴۳	.....۹-۴ مراجع.....
۲۴۵	.....فصل پنجم- رنگ‌های دوجزئی.....
۲۴۵	.....۱-۵ تعریف.....
۲۴۷	.....۲-۵ انواع رنگ سرد دوجزئی.....
۲۴۷	.....۱-۲-۵ مواد خط‌کشی اپوکسی.....
۲۴۹	.....۲-۲-۵ پلی‌استرها.....
۲۵۱	.....۳-۲-۵ پلی‌اوره.....
۲۵۲	.....۴-۲-۵ یورتان اصلاح شده.....
۲۵۲	.....۵-۲-۵ متیل متاکریلات.....
۲۵۳	.....۳-۵ آزمون‌ها و ویژگی‌های رنگ سرد دوجزئی در حالت مایع.....
۲۵۳	.....۱-۳-۵ مواد خط‌کشی اپوکسی.....
۲۵۴	.....۱-۱-۳-۵ فرمولاسیون.....
۲۵۴	.....۲-۱-۳-۵ عدد اپوکسی.....
۲۵۵	.....۳-۱-۳-۵ عدد آمین.....
۲۵۵	.....۴-۱-۳-۵ سمیت.....
۲۵۵	.....۵-۱-۳-۵ زمان خشک شدن (در آزمایشگاه).....

- ۲۵۵ ..... ۶-۱-۳-۵ زمان خشک شدن ترافیکی (میدانی)
- ۲۵۶ ..... ۷-۱-۳-۵ پخت
- ۲۵۶ ..... ۸-۱-۳-۵ چسبندگی به سطح جاده (آسفالت و بتن)
- ۲۵۶ ..... ۹-۱-۳-۵ سختی
- ۲۵۶ ..... ۱۰-۱-۳-۵ استحکام کششی
- ۲۵۷ ..... ۱۱-۱-۳-۵ مقاومت فشاری
- ۲۵۷ ..... ۱۲-۱-۳-۵ مقاومت سایشی
- ۲۵۷ ..... ۱۳-۱-۳-۵ مقاومت در برابر ضربه
- ۲۵۸ ..... ۱۴-۱-۳-۵ فام رنگی
- ۲۵۸ ..... ۱۵-۱-۳-۵ طیف مادون قرمز
- ۲۵۸ ..... ۱۶-۱-۳-۵ اندیس زردی
- ۲۵۹ ..... ۱۷-۱-۳-۵ انعکاس مستقیم
- ۲۵۹ ..... ۱۸-۱-۳-۵ قابلیت‌های تولید کننده
- ۱۹-۱-۳-۵ چک لیست آزمون‌های آزمایشگاهی متداول جهت کنترل کمی و
- ۲۵۹ ..... کیفی مواد دو جزئی اپوکسی
- ۲۵۹ ..... ۲-۳-۵ مواد خط‌کشی دو جزئی پلی‌استری
- ۲۶۲ ..... ۳-۳-۵ مواد خط‌کشی پلی‌اوره
- ۲۶۲ ..... ۱-۳-۳-۵ فرمولاسیون
- ۲۶۲ ..... ۲-۳-۳-۵ سمیت
- ۲۶۲ ..... ۳-۳-۳-۵ زمان خشک شدن ترافیکی
- ۲۶۳ ..... ۴-۳-۳-۵ فام رنگی
- ۲۶۳ ..... ۵-۳-۳-۵ انعکاس مستقیم
- ۲۶۳ ..... ۶-۳-۳-۵ مقاومت در برابر شرایط محیطی
- ۲۶۴ ..... ۷-۳-۳-۵ استحکام چسبندگی

۲۶۴	..... ۵-۳-۳-۸ پخت
۲۶۴	..... ۵-۳-۳-۹ سختی
۲۶۴	..... ۵-۳-۳-۱۰ استحکام کششی
۲۶۴	..... ۵-۳-۳-۱۱ مقاومت سایشی
۲۶۵	..... ۵-۳-۳-۱۲ بازتاب نور برگشتی
۲۶۵	..... ۵-۳-۳-۱۳ دانه‌های شیشه‌ای مصرفی
۲۶۵	..... ۵-۳-۴-۱ مواد خط‌کشی بر پایه یورتان‌های اصلاح شده
۲۶۶	..... ۵-۳-۴-۱ فرمولاسیون
۲۶۶	..... ۵-۳-۴-۲ سمیت
۲۶۷	..... ۵-۳-۴-۳ ویسکوزیته
۲۶۷	..... ۵-۳-۴-۴ زمان خشک شدن ترافیکی
۲۶۷	..... ۵-۳-۴-۵ بازتاب نور برگشتی اولیه
۲۶۷	..... ۵-۳-۴-۶ فام رنگی
۲۶۸	..... ۵-۳-۴-۷ اندیس زردی
۲۶۸	..... ۵-۳-۴-۸ سختی
۲۶۹	..... ۵-۳-۴-۹ انعطاف‌پذیری
۲۶۹	..... ۵-۳-۴-۱۰ استحکام چسبندگی
۲۶۹	..... ۵-۳-۴-۱۱ مقاومت سایشی
۲۷۰	..... ۵-۳-۴-۱۲ پخت
۲۷۰	..... ۵-۳-۴-۱۳ مقاومت فشاری
۲۷۰	..... ۵-۳-۴-۱۴ استحکام کششی
۲۷۰	..... ۵-۳-۴-۱۵ نحوه مصرف دانه‌های شیشه‌ای
۲۷۲	..... ۵-۳-۵ خط‌کشی‌های پلاستیک سرد (متیل متاکریلات)
۲۷۲	..... ۵-۳-۵-۱ فرمولاسیون

۲۷۳	..... ۲-۵-۳-۵ سمیت
۲۷۳	..... ۳-۵-۳-۵ زمان خشک شدن ترافیکی
۲۷۳	..... ۴-۵-۳-۵ فام رنگی
۲۷۴	..... ۵-۵-۳-۵ مقاومت در برابر سُر خوردگی
۲۷۴	..... ۶-۵-۳-۵ انعکاس
۲۷۵	..... ۷-۵-۳-۵ استحکام کششی
۲۷۵	..... ۸-۵-۳-۵ ازدیاد طول
۲۷۵	..... ۹-۵-۳-۵ چسبندگی
۲۷۵	..... ۱۰-۵-۳-۵ قابلیت های تولید کننده
۲۷۶	..... ۴-۵ چک لیست خرید رنگ های دو جزئی و کنترل های لازم در هنگام خرید
۲۷۶	..... ۱-۴-۵ بسته بندی و برچسب رنگ های دو جزئی ترافیکی
۲۷۷	..... ۵-۵ خصوصیات اجرایی مواد خط کشی دو جزئی
۲۷۷	..... ۱-۵-۵ تجهیزات
۲۷۸	..... ۲-۵-۵ آماده سازی سطح جاده و زمان اجرای خط کشی
۲۷۸	..... ۱-۲-۵-۵ سطح بتنی تازه اجرا شده
۲۷۸	..... ۲-۲-۵-۵ سطح آسفالت جدید
۲۷۹	..... ۳-۵-۵ ضخامت خط کشی با مواد دو جزئی
۲۸۰	..... ۶-۵ عیوب موجود در خط کشی های دو جزئی و روش های برطرف نمودن آنها
۲۸۲	..... ۷-۵ نحوه و درصد مصرف دانه های شیشه ای
۲۸۲	..... ۱-۷-۵ دانه های شیشه ای پیش مخلوط شونده
۲۸۳	..... ۲-۷-۵ مشخصات دانه های شیشه ای روپاشی (سیستم دوبار روپاشی)
۲۸۶	..... ۸-۵ مراجع
۲۸۹	..... فصل ششم: نوارهای پیش ساخته
۲۸۹	..... ۱-۶ تعریف

۲۸۹	..... ۲-۶ انواع نوارها.....
۲۹۰	..... ۱-۲-۶ انواع نوارهای پیش ساخته دائمی.....
۲۹۱	..... ۱-۱-۲-۶ پلی یورتان‌ها.....
۲۹۱	..... ۲-۱-۲-۶ پلیمرهای انعطاف پذیر.....
۲۹۲	..... ۲-۲-۶ نوارهای پیش ساخته موقت.....
۲۹۳	..... ۳-۶ آزمون‌ها و ویژگی‌های نوارها جهت خط‌کشی.....
۲۹۳	..... ۱-۳-۶ نمونه‌برداری.....
۲۹۳	..... ۲-۳-۶ خواص فیزیکی.....
۲۹۴	..... ۳-۳-۶ فام رنگی.....
۲۹۴	..... ۴-۳-۶ بازتاب نور برگشتی.....
۲۹۶	..... ۵-۳-۶ حفظ دانه‌های شیشه‌ای.....
۲۹۶	..... ۶-۳-۶ چسبندگی.....
۲۹۷	..... ۷-۳-۶ مقاومت در برابر سرخوردگی.....
۲۹۷	..... ۸-۳-۶ مقاومت سایشی.....
۲۹۸	..... ۹-۳-۶ ویژگی‌های اجرایی.....
۲۹۹	..... ۴-۶ چک‌لیست کنترل نوارهای پلیمری پیش ساخته در هنگام خرید و قبل از اجرای ..... خط‌کشی.....
۳۰۰	..... ۵-۶ اجرای عملیات خط‌کشی با نوارهای پیش ساخته.....
۳۰۰	..... ۱-۵-۶ مراحل اجرا.....
۳۰۶	..... ۲-۵-۶ روش‌های مختلف اجرا.....
۳۰۷	..... ۳-۵-۶ برداشت خط‌کشی‌های نواری.....
۳۰۸	..... ۴-۵-۶ نظارت بر اجرا.....
۳۱۱	..... ۶-۶ مراجع.....
۳۱۳	..... فصل هفتم: خط‌کشی‌های سطحی.....



۳۱۳	..... ۱-۷ مقدمه
۳۱۴	..... ۲-۷ فلش‌ها
۳۱۵	..... ۳-۷ خط‌نوشته‌ها
۳۱۶	..... ۴-۷ مواد مصرفی در ترسیم فلش‌ها و خط‌نوشته‌ها
۳۱۷	..... ۱-۴-۷ خط‌کشی‌های سطحی از نوع نوارهای پیش ساخته
۳۱۸	..... ۲-۴-۷ خط‌کشی‌های سطحی از نوع مواد ترموپلاستیک حرارت دیده در محل
۳۲۳	..... ۳-۴-۷ خط‌کشی‌های سطحی از نوع مواد متیل متاکریلات
	..... ۵-۷ مشکلات، علل و روش برطرف نمودن آنها در زمان سرویس‌دهی فلش‌ها و خط‌نوشته‌ها
۳۲۴	..... ۱-۵-۷ سیاه شدن خط‌کشی‌های سطحی
۳۲۵	..... ۲-۵-۷ جداشدن علائم و خط‌نوشته‌ها از سطح روسازی
۳۲۷	..... ۶-۷ مراجع
۳۲۹	..... فصل هشتم: تیپ خط‌کشی راه‌ها
۳۳۰	..... ۱-۸ خط‌کشی‌های طولی
۳۳۰	..... ۱-۱-۸ تعریف
۳۳۰	..... ۲-۱-۸ پهنا و نوع خطوط طولی
۳۳۱	..... ۳-۱-۸ کاربرد خط‌کشی‌های طولی
۳۳۳	..... ۴-۱-۸ انواع خط‌کشی‌های طولی
۳۳۳	..... ۱-۴-۱-۸ خط‌کشی محور
۳۳۷	..... ۲-۴-۱-۸ خط‌کشی محل‌هایی که سبقت گرفتن در آنها ممنوع است
۳۴۲	..... ۳-۴-۱-۸ خط‌کشی خطوط حرکت
۳۴۳	..... ۴-۴-۱-۸ خط‌کشی حاشیه راه
۳۴۴	..... ۵-۴-۱-۸ ادامه خط حاشیه به داخل تقاطع‌ها
۳۴۶	..... ۶-۴-۱-۸ خط‌کشی محل‌های نزدیک موانع یا جزیره‌های وسط سواره‌رو

۳۴۷	..... ۷-۴-۱-۸ خط‌کشی تعیین محدودیت توقف
۳۴۷	..... ۸-۴-۱-۸ خط‌کشی لبه سواره‌رو
۳۴۸	..... ۹-۴-۱-۸ خط‌کشی‌های طولی برای وسایل نقلیه موتوری در خط‌های ویژه...
۳۴۹	..... ۱۰-۴-۱-۸ خط‌کشی در محل تقاطع‌های میدانی
	..... ۱۱-۴-۱-۸ خط‌کشی ورودی و داخل تونل‌ها، تقاطع‌های پرتردد، دهانه و روی
۳۵۵	..... پل‌ها
۳۵۶	..... ۲-۸ خط‌کشی‌های عرضی
۳۵۶	..... ۱-۲-۸ اصول کلی
۳۵۷	..... ۲-۲-۸ خط "ایست-دوتایی"
۳۵۸	..... ۳-۲-۸ کنترل بوسیله خط ایست
۳۵۸	..... ۴-۲-۸ خط‌کشی ایست ساده
۳۶۱	..... ۵-۲-۸ خط‌کشی "رعایت حق تقدم عبور"- دوتایی
۳۶۳	..... ۶-۲-۸ مثلث حق تقدم عبور
۳۶۳	..... ۷-۲-۸ پیش‌آگاهی برای خط‌کشی رعایت حق تقدم عبور
۳۶۴	..... ۸-۲-۸ خط‌کشی‌های سرعت‌سنج
۳۶۶	..... ۹-۲-۸ خط‌کشی سرعت‌گیرها
۳۶۷	..... ۱۰-۲-۸ خط‌کشی‌های پیش‌آگاهی دهنده از وجود سرعت‌گیر
۳۶۷	..... ۱۱-۲-۸ خط‌کشی محل‌های توقف (پارکینگ)
	..... ۱۲-۲-۸ خط‌کشی‌های عابر پیاده
۳۷۰	..... ۳-۸ فلش‌ها، خط نوشته‌ها و خط‌کشی‌های سطحی
۳۷۰	..... ۱-۳-۸ تعریف و کاربرد
۳۷۰	..... ۲-۳-۸ فلش‌ها
۳۷۲	..... ۳-۳-۸ خط نوشته‌ها
۳۷۳	..... ۴-۳-۸ خطوط برجسته

۳۸۱	..... ۴-۸ خط‌کشی معابر برون شهری
۳۸۲	..... ۱-۴-۸ خط‌کشی آزادراهها
۳۸۲	..... ۱-۱-۴-۸ خط‌کشی خطوط عبوری
۳۸۲	..... ۲-۱-۴-۸ خط‌کشی حاشیه سمت راست
۳۸۴	..... ۳-۱-۴-۸ خط‌کشی حاشیه سمت چپ
۳۸۴	..... ۴-۱-۴-۸ خط‌کشی عرضی در راههای ارتباطی آزادراهها
۳۸۴	..... ۵-۱-۴-۸ خط‌کشی در راههای ارتباطی (رمپ‌ها و لوپ‌ها)
۳۸۴	..... ۶-۱-۴-۸ خط‌کشی در خطوط کاهش و افزایش سرعت
۳۸۶	..... ۷-۱-۴-۸ مشخصات خط‌کشی در راههای دسترسی اختصاصی
۳۸۷	..... ۸-۱-۴-۸ مشخصات خط‌کشی در محدوده تقاطع‌ها در آزادراهها
۳۹۴	..... ۹-۱-۴-۸ موارد کاربرد و مشخصات هاشورها در آزادراهها
۳۹۴	..... ۱۰-۱-۴-۸ موارد کاربرد و مشخصات فلش‌ها در آزادراهها
۳۹۹	..... ۱۱-۱-۴-۸ مشخصات خط نوشته‌ها در آزادراهها
۳۹۹	..... ۲-۴-۸ مشخصات و ویژگیهای انواع خط‌کشی در بزرگراهها
۴۰۰	..... ۱-۲-۴-۸ خطوط عبوری در بزرگراهها
۴۰۰	..... ۲-۲-۴-۸ خط‌کشی حاشیه سمت راست در بزرگراهها
۴۰۰	..... ۳-۲-۴-۸ خط‌کشی حاشیه سمت چپ در بزرگراهها
۴۰۱	..... ۴-۲-۴-۸ خط‌کشی در راههای ارتباطی در بزرگراهها
۴۰۱	..... ۵-۲-۴-۸ خط‌کشی طولی در حاشیه‌های بزرگراهها
۴۰۱	..... ۶-۲-۴-۸ خط‌کشی عرضی در راههای ارتباطی بزرگراهها
۴۰۱	..... ۷-۲-۴-۸ خط‌کشی در خطوط کاهش و افزایش سرعت
۴۰۲	..... ۸-۲-۴-۸ مشخصات خط‌کشی در محدوده تقاطع‌های بزرگراهها
	..... ۱-۸-۲-۴-۸ مشخصات خط‌کشی در محدوده تقاطع‌های غیر هم سطح در
۴۰۲	..... بزرگراهها

۴۰۴	..... ۲-۸-۲-۴-۸ خط‌کشی در محل تقاطع‌های هم سطح بزرگراهها.....
۴۰۷	..... ۳-۸-۲-۴-۸ خط‌کشی مسیرهایی با کاهش خطوط عبوری.....
۴۱۱	..... ۴-۸-۲-۴-۸ سایر خط‌کشی‌ها.....
۴۱۷	..... ۵-۸ مراجع.....
۴۱۹	..... فصل نهم: دستورالعمل شیوه اجرا.....
۴۲۰	..... ۱-۹ توافقات قبل از اجرا.....
۴۲۰	..... ۲-۹ ارائه اسناد و مدارک مربوط به اجرای خط‌کشی.....
۴۲۰	..... ۳-۹ اجرا، حفظ و نگهداری و برداشتن رنگ سرد.....
۴۲۱	..... ۱-۳-۹ ماشین آلات و تجهیزات اجرای رنگ سرد.....
۴۲۲	..... ۲-۳-۹ پرسنل مورد نیاز برای اجرای رنگ سرد.....
۴۲۶	..... ۳-۳-۹ آماده‌سازی سطح روسازی.....
۴۲۹	..... ۴-۳-۹ پیش‌علامت‌گذاری و محوربایی راه.....
۴۳۲	..... ۵-۳-۹ اندازه‌گیری عمق بافت سطحی روسازی توسط روش پیچ شنی.....
۴۳۲	..... ۶-۳-۹ برنامه زمان بندی اجرای خط‌کشی با رنگ سرد.....
۴۳۳	..... ۷-۳-۹ برداشتن خط‌کشی‌های انجام شده با رنگ سرد.....
۴۳۷	..... ۸-۳-۹ بازرسی.....
۴۳۸	..... ۱-۸-۳-۹ بازرسی قبل از اجرا.....
۴۴۰	..... ۲-۸-۳-۹ بازرسی‌های در حین اجرا.....
۴۴۳	..... ۳-۸-۳-۹ بازرسی‌های پس از اجرا.....
۴۴۶	..... ۴-۸-۳-۹ ارائه گزارش نهایی.....
۴۴۶	..... ۵-۸-۳-۹ زمان بازرسی خط‌کشی‌ها.....
۴۴۸	..... ۴-۹ اجرای رنگ گرم.....
۴۴۸	..... ۱-۴-۹ تمیز و خشک کردن سطح روسازی قبل از خط‌کشی با رنگ گرم.....
۴۴۹	..... ۲-۴-۹ اندازه‌گیری عمق بافت سطحی روسازی توسط روش پیچ شنی.....

۴۴۹	..... ۳-۴-۹ اجرای آسترها/سیلرها قبل از اجرای رنگ گرم.....
۴۵۰	..... ۴-۴-۹ ماشین آلات و روش های اجرای رنگ گرم.....
۴۵۱	..... ۱-۴-۴-۹ اکستروژن.....
۴۵۵	..... ۲-۴-۴-۹ اسکرید- اکستروژن.....
۴۵۶	..... ۳-۴-۴-۹ اسپری مذاب.....
۴۵۸	..... ۵-۴-۹ ضخامت خطکشی و میزان مصرف رنگ گرم.....
۴۵۹	..... ۶-۴-۹ نحوه اجرای رنگ گرم.....
۴۶۰	..... ۷-۴-۹ حفظ و نگهداری خطکشی های انجام شده با رنگ گرم.....
۴۶۰	..... ۱-۷-۴-۹ لکه پذیری.....
۴۶۱	..... ۲-۷-۴-۹ وصله کردن (لکه گیری).....
۴۶۱	..... ۸-۴-۹ برداشتن خطکشی های انجام شده با رنگ گرم.....
۴۶۲	..... ۹-۴-۹ بازرسی در اجرای خطکشی با رنگ گرم.....
۴۶۲	..... ۱-۹-۴-۹ بازرسی قبل از اجرا.....
۴۶۶	..... ۲-۹-۴-۹ بازرسی در زمان اجرا.....
۴۶۹	..... ۳-۹-۴-۹ بازرسی پس از اجرا.....
۴۶۹	..... ۴-۹-۴-۹ پذیرش نهایی.....
۴۷۰	..... ۵-۹-۴-۹ زمان بازرسی خطکشی رنگ گرم.....
۴۷۰	..... ۱۰-۴-۹ زمان اجرای خطکشی با رنگ گرم.....
۴۷۰	..... ۵-۹ نکات ایمنی در اجرای خطکشی.....
۴۷۲	..... ۶-۹ چک لیست بازرسی عمومی برای انواع ماشین های اجرا.....
۴۷۳	..... ۷-۹ بازرسی دوره ای خطکشی راهها.....
۴۷۴	..... ۱-۷-۹ روش بازرسی.....
۴۷۵	..... ۲-۷-۹ طبقه بندی عیوب و حفظ و نگهداری.....
۴۷۷	..... ۸-۹ مراجع.....

۴۷۹	.....	ضمیمه (۱): ارزیابی خط‌کشی‌های طولی
۴۸۲	.....	ضمیمه (۲): سیستم ارزیابی بصری
۴۸۴	.....	ضمیمه (۳): روش اندازه‌گیری بازتاب‌نور برگشتی با بازتاب‌سنج دستی
۴۸۷	.....	واژه‌نامه

## فهرست شکلها

- شکل ۱-۱: مواد خط‌کشی گرم با ضخامت متداول ۲۵۰۰ میکرون بر روی رویه سیل  
کت درجه ۳ ..... ۱۷
- شکل ۱-۲: قرار گرفتن دانه‌های شیشه‌ای بین مصالح روسازی در سطح ..... ۱۸
- شکل ۱-۳: دوام ضعیف خط‌کشی روی سطح با مصالح درشت دانه ..... ۱۸
- شکل ۱-۴: پوشش ضعیف در پشت مصالح روسازی ..... ۱۹

- شکل ۱-۵: جدا شدن دانه‌های شیشه‌ای از روی سطح بر آمده رویه راه..... ۱۹
- شکل ۱-۶: خط‌کشی خطوط حاشیه‌ای مسیر پارک چیتگر در آزادراه تهران- کرج،  
اسفند ماه ۱۳۸۳..... ۲۰
- شکل ۱-۷: جوشش آسفالت از میان مواد ترموپلاستیک مذاب..... ۲۴
- شکل ۱-۸: اثر آسفالت روی مواد خط‌کشی..... ۲۵
- فصل دوم: دانه‌های شیشه‌ای**
- شکل ۲-۱: چگونگی بازتاب نور برگشتی توسط یک دانه شیشه‌ای..... ۵۸
- شکل ۲-۲: هندسه اندازه‌گیری بازتاب نور برگشتی در روز با فاصله دید ۳۰ متر..... ۶۱
- شکل ۲-۳: روش‌نمایی  $L$  بر سطحی به مساحت  $dA$  در زاویه فضایی همگن  $d\omega$ ..... ۶۱
- شکل ۲-۴: هندسه اندازه‌گیری بازتاب نور برگشتی تحت تابش نور چراغ خودرو ۶۳
- شکل ۲-۵: تفاوت در نحوه قرارگیری دانه‌های شیشه‌ای معمولی و شناور در لایه  
خط‌کشی..... ۶۶
- شکل ۲-۶: دانه شیشه‌ای بیضی شکل..... ۷۲
- شکل ۲-۷: دانه شیشه‌ای اقماری..... ۷۲
- شکل ۲-۸: دانه شیشه‌ای اشکی شکل..... ۷۳
- شکل ۲-۹: دانه شیشه‌ای هم جوش شده..... ۷۳
- شکل ۲-۱۰: دانه شیشه‌ای گردگونه..... ۷۳
- شکل ۲-۱۱: دانه شیشه‌ای مات یا کدر..... ۷۴
- شکل ۲-۱۲: دانه شیشه‌ای شیری..... ۷۴
- شکل ۲-۱۳: حبس شدن حباب‌های گاز در داخل دانه شیشه‌ای..... ۷۵
- شکل ۲-۱۴: دانه‌های شیشه‌ای زاویه‌دار..... ۷۵
- شکل ۲-۱۵: پراکندگی مناسب دانه‌های شیشه‌ای در خط‌کشی با رنگ گرم..... ۸۴
- شکل ۲-۱۶: اثر عمق فرو رفتگی دانه‌های شیشه‌ای بر میزان بازتاب نور برگشتی.... ۸۵
- شکل ۲-۱۷: آزمون آفتاب پشت‌شانه طبق روش مذکور در دستورالعمل Tex-828-B ۸۵



- شکل ۲-۱۸: اندازه‌گیری میزان بازتاب نور برگشتی به روش پاشش آب بر سطح  
خط‌کشی به منظور شبیه‌سازی شرایط بارانی بر اساس استاندارد EN 1436 ..... ۸۸
- شکل ۲-۱۹: اندازه‌گیری میزان بازتاب نور برگشتی به روش غوطه‌ورسازی سطح  
خط‌کشی در آب به منظور شبیه‌سازی خیزی پس از بارندگی بر اساس استاندارد  
EN 1436 ..... ۸۹

### فصل سوم: رنگ سرد (پایه آبی و حلالی)

- شکل ۳-۱: دستگاه توزیع‌کننده دانه‌های شیشه‌ای ..... ۱۲۰
- شکل ۳-۲: سیستم رفت و برگشتی سایش ..... ۱۲۱
- شکل ۳-۳: مثال الگوی عرضی نشان‌دهنده یک ستون اندازه‌گیری ..... ۱۴۱
- شکل ۳-۴: مثالی از الگوی طولی نشان‌دهنده یک ستون اندازه‌گیری ..... ۱۴۱
- شکل ۳-۵: قرارگیری صفحه مخصوص اندازه‌گیری ضخامت فیلم رنگ در اجرای  
خط‌کشی ..... ۱۴۳
- شکل ۳-۶: مراحل مختلف اندازه‌گیری عمق سطح به روش پیچ شنی ..... ۱۵۱
- شکل ۳-۷: چگونگی علامت‌گذاری راه برای حفاظت از کارگران، کاربران راه،  
تجهیزات و ماشین‌آلات در هنگام اجرای خط‌کشی ..... ۱۵۴
- شکل ۳-۸: تقسیم‌بندی شرایط کاری بر اساس شرایط محیطی ..... ۱۶۰
- شکل ۳-۹: نحوه قرارگیری شابلون آزمون روی خط‌کشی برای بررسی میزان فرسایش  
..... ۱۶۷

### فصل چهارم: رنگ گرم (ترموپلاستیک)

- شکل ۴-۱: نحوه محاسبه خرابی لبه‌های خط‌کشی گرم ..... ۲۲۸
- شکل ۴-۲: نحوه محاسبه خرابی گوشه‌های خط‌کشی گرم ..... ۲۲۸
- شکل ۴-۳: نحوه محاسبه خرابی قسمت مرکزی خط‌کشی گرم ..... ۲۲۸
- شکل ۴-۴: نحوه محاسبه خرابی قسمت داخلی خط‌کشی گرم ..... ۲۲۸

### فصل ششم: نوارهای پیش ساخته

- شکل ۶-۱: بررسی میزان رطوبت سطح روسازی قبل از انجام خط‌کشی ..... ۳۰۲

- شکل ۶-۲: بررسی خشک شونندگی بر اساس میزان چسبندگی..... ۳۰۳
- شکل ۶-۳: روش اجرای خط‌کشی با نوارها: ماشینی (راست)، دستی (چپ)..... ۳۰۳
- شکل ۶-۴: مقطع عرضی محل اتصال نوار به یکدیگر..... ۳۰۴
- شکل ۶-۵: اجرای نوار بر روی ترک‌های موجود روی سطح روسازی..... ۳۰۴
- شکل ۶-۶: مراحل مختلف خط‌کشی با نوار..... ۳۰۶
- شکل ۶-۷: روش‌های مختلف اجرای خط‌کشی با نوارهای پیش‌ساخته..... ۳۰۷

### فصل هفتم: خط‌کشی‌های سطحی

- شکل ۷-۱: مثال‌هایی از فلش‌های استاندارد برای خط‌کشی روسازی..... ۳۱۵
- شکل ۷-۲: کشیدگی و ابعاد حروف در خط‌نوشته‌های روسازی..... ۳۱۶

### فصل هشتم: تیپ خط‌کشی راهها

- شکل ۸-۱: خط‌کشی جاده دو طرفه با دو خط حرکت که در آن سبقت گرفتن مجاز است..... ۳۳۵
- شکل ۸-۲: خط‌کشی جاده دو طرفه با چند خط حرکت..... ۳۳۵
- شکل ۸-۳: خط‌کشی جاده دو طرفه، رانندگانی که در سمت یک خط حرکت می‌کنند، مجاز به سبقت گرفتن هستند..... ۳۳۶

- شکل ۸-۵: خط‌کشی یک مسیر دو طرفه با چهار خط عبوری یا بیشتر با یک خط عبوری گردش به چپ کانالیزه شده با مشخص شدن محل ترسیم فلش‌های راهنما..... ۳۳۶
- شکل ۸-۶: خط‌کشی یک مسیر دو طرفه با خط عبوری گردش به چپ..... ۳۳۶
- شکل ۸-۷: خط‌کشی استاندارد جهت مسیرهایی از راه که در آنها سبقت ممنوع است..... ۳۳۸
- شکل ۸-۸: نحوه خط‌کشی حد سبقت ممنوع در قوس‌های عمودی..... ۳۴۰
- شکل ۸-۹: نحوه خط‌کشی حد سبقت ممنوع در قوس‌های افقی..... ۳۴۱
- شکل ۸-۱۰: خطوط دوبل و هاشوری در پیچ‌های تند..... ۳۴۳
- شکل ۸-۱۱: نحوه خط‌کشی تقاطع‌ها..... ۳۴۵

- شکل ۸-۱۲: نحوه خط‌کشی راه با جداکننده وسط..... ۳۴۵
- شکل ۸-۱۳: نحوه خط‌کشی جاده در نزدیکی مانع..... ۳۴۶
- شکل ۸-۱۴: نحوه خط‌کشی خطوط حرکتی ویژه..... ۳۵۱
- شکل ۸-۱۵: نحوه خط‌کشی میدان متقاطع با یک خط عبوری نزدیک شونده..... ۳۵۲
- شکل ۸-۱۶: نحوه خط‌کشی میدان متقاطع با دو خط عبوری نزدیک شونده..... ۳۵۳
- شکل ۸-۱۷: نمونه خط‌کشی تقاطع میدانی سه راهی در استان گیلان..... ۳۵۴
- شکل ۸-۱۸: نمونه خط‌کشی تقاطع سه راهی در استان گیلان..... ۳۵۵
- شکل ۸-۱۹: نحوه خط‌کشی ورودی و تونل‌ها، دهانه و روی پل‌ها..... ۳۵۶
- شکل ۸-۲۰: نحوه خط‌کشی برای استفاده با تابلوی ایست..... ۳۵۹
- شکل ۸-۲۱: نحوه خط‌کشی رعایت حق تقدم..... ۳۵۹
- شکل ۸-۲۲: نحوه خط‌کشی و کاربرد خط ایست دوتایی در تقاطع جاده با راه آهن  
نزدیک تقاطع بزرگراه و راه اصلی..... ۳۶۰
- شکل ۸-۲۳: نحوه خط‌کشی نقاط توقف..... ۳۶۱
- شکل ۸-۲۴: نحوه ترسیم و ابعاد مثلث میان تهی رعایت حق تقدم برای سرعت‌های  
مختلف..... ۳۶۴
- شکل ۸-۲۵: نحوه خط‌کشی برای جاده‌هایی که در آنها سرعت توسط هواپیما کنترل  
می‌شود..... ۳۶۵
- شکل ۸-۲۶: نحوه خط‌کشی سرعت‌گیرها بدون در نظر گرفتن خط‌کشی گذرگاه  
عابر پیاده..... ۳۶۶
- شکل ۸-۲۷: نحوه خط‌کشی روسازی برای جدول‌های سرعت یا سرعت‌گیرها با  
در نظر گرفتن خط‌کشی عابر پیاده..... ۳۶۷
- شکل ۸-۲۸: نحوه خط‌کشی‌هایی که برای پیش‌آگاهی رانندگان از وجود سرعت‌گیر  
به کار می‌روند..... ۳۶۸

- شکل ۸-۲۹: نحوه خط‌کشی محل پارکینگ..... ۳۶۹
- شکل ۸-۳۰: مثالی از نماد بین‌المللی خط‌کشی محل پارک وسیله نقلیه افراد معلول  
با زمینه آبی و حاشیه سفید..... ۳۶۹
- شکل ۸-۳۱-الف: فلش‌های انتخاب خط حرکت برای سرعت‌های کمتر از ۶۵  
کیلومتر در ساعت..... ۳۷۴
- شکل ۸-۳۱-ب: فلش‌های انتخاب خط حرکت برای سرعت‌های بیشتر از ۶۵  
کیلومتر در ساعت..... ۳۷۴
- شکل ۸-۳۲-الف: خط‌کشی خطوط حرکت و فلش‌های انحرافی در نزدیکی تقاطع‌ها  
شکل ۸-۳۲-ب: خط‌کشی خطوط حرکت و فلش‌های انحرافی در نزدیکی تقاطع‌ها  
شکل ۸-۳۳: فلش‌های انحرافی..... ۳۷۷
- شکل ۸-۳۴: خط‌کشی خطوط حرکت در نزدیک شدن به خطوط دوتایی..... ۳۷۷
- شکل ۸-۳۵: خط‌کشی کلمه "ایست" برای حرکت با سرعت ۶۵ کیلومتر در ساعت  
و یا کمتر..... ۳۷۷
- شکل ۸-۳۶: خط‌کشی کلمه "ایست" برای حرکت با سرعت بیش از ۶۵ کیلومتر  
در ساعت..... ۳۷۸
- شکل ۸-۳۷: خط‌کشی کلمه "آهسته" برای حرکت با سرعت ۶۵ کیلومتر در ساعت  
و یا کمتر..... ۳۷۹
- شکل ۸-۳۸: خط‌کشی کلمه "آهسته" برای حرکت با سرعت بیش از ۶۵ کیلومتر  
در ساعت..... ۳۸۰
- شکل ۸-۳۹: نمونه طرح خطوط ازدیاد و کاهش سرعت در آزادراهها..... ۳۸۳
- شکل ۸-۴۰: نحوه خط‌کشی در خط ازدیاد سرعت..... ۳۸۶
- شکل ۸-۴۱: نمونه خطوط جهت نما برای قسمت‌های اتصال استاندارد در راه..... ۳۸۸
- شکل ۸-۴۲: جزئیات طرح و محل قرار گرفتن فلش هدایت ترافیک به خط کاهش

۳۸۹	سرعت.....
۳۹۰	شکل ۸-۴۳: نحوه خط‌کشی در خط تقلیل سرعت.....
۳۹۱	شکل ۸-۴۴: نحوه خط‌کشی‌های جداکننده (کانالیزه) در رمپ‌های خروجی.....
۳۹۲	شکل ۸-۴۵: کاهش یک خط حرکتی در رمپ خروجی.....
۳۹۲	شکل ۸-۴۶: نحوه خط‌کشی‌های جداکننده (کانالیزه) در رمپ‌های ورودی.....
۳۹۳	شکل ۸-۴۷: کاربردها شورها در خط‌کشی آزادراهها.....
۳۹۴	شکل ۸-۴۸: مشخصات فلش‌ها را در محدوده رمپ‌های خروجی آزادراهها.....
	شکل ۸-۴۹: نحوه ترسیم فلش‌ها در هدایت رانندگان در محل رمپ ورودی یک خط
۳۹۵	حرکتی به راه.....
	شکل ۸-۵۰: نحوه ترسیم فلش‌ها در محل رمپ‌های ورودی و خروجی یک خط
۳۹۵	حرکتی به راه.....
۳۹۶	شکل ۸-۵۱: نحوه خط‌کشی و علامتگذاری برای ترمینال رمپ ورودی/خروجی....
۳۹۷	شکل ۸-۵۲: نحوه خط‌کشی و علامتگذاری برای ترمینال رمپ خروجی.....
۳۹۸	شکل ۸-۵۳: نحوه خط‌کشی و علامتگذاری برای ترمینال رمپ‌های ورودی.....
۳۹۹	شکل ۸-۵۴: محل رسم کلمه احتیاط در ورودی و خروجی آزادراهها.....
۴۰۳	شکل ۸-۵۵: خط‌کشی در خطوط کاهش و ازدیاد سرعت.....
۴۰۴	شکل ۸-۵۶: نمونه‌ای از کاربرد خط نوشته‌ها در تقاطع‌های غیر هم سطح بزرگراهها
۴۰۵	شکل ۸-۵۷: خطوط هشدار در تقاطع‌های هم سطح بزرگراهها.....
۴۰۶	شکل ۸-۵۸: موارد کاربرد و مشخصات فلش‌ها در تقاطع‌های هم سطح بزرگراهها.
۴۰۷	شکل ۸-۵۹: جهت فلش‌های خطوط جناغی در رمپ‌های ورودی و خروجی بزرگراه
۴۰۸	شکل ۸-۶۰: خط‌کشی مسیرهایی با کاهش خطوط عبوری.....
۴۰۹	شکل ۸-۶۱: خط‌کشی مسیرهایی با کاهش خطوط عبوری.....
۴۱۱	شکل ۸-۶۲: استفاده از فلش‌های راهنما برای مسیرهایی با کاهش خطوط عبوری....
۴۱۲	شکل ۸-۶۳: نحوه خط‌کشی و علامت گذاری مسیر خروجی آزادراه.....

- شکل ۸-۶۴: نحوه خط‌کشی و علامت‌گذاری برای انتقال مسیرهای دو خطه به مسیر چهارخطه که به صورت دو بدو از یکدیگر جدا شده‌اند..... ۴۱۳
- شکل ۸-۶۵: خط‌کشی تقاطع ریل راه‌آهن با جاده چند خطه..... ۴۱۴
- شکل ۸-۶۶: نمونه خط‌کشی تقاطع ریل راه‌آهن با جاده (نزدیک تقاطع‌های بزرگراه) ۴۱۵
- شکل ۸-۶۷: نمونه کاربرد خط‌کشی‌ها، فلش‌ها و علائم عمودی در علامت‌گذاری جاده‌ها (استان گیلان) ..... ۴۱۶

#### فصل نهم: دستورالعمل شیوه اجرا

- شکل ۹-۱: نحوه قرار دادن مخروط‌ها در اجرای رنگ سرد..... ۴۲۷
- شکل ۹-۲: نحوه قرارگیری صفحه مخصوص اندازه‌گیری ضخامت فیلم رنگ در خط‌کشی..... ۴۴۲
- شکل ۹-۳: نمونه‌هایی از ماشین اجرای خط‌کشی‌های طرح‌دار با استفاده از غلتک دندان‌های روش اکستروژن..... ۴۵۴
- شکل ۹-۴: ضخامت‌سنج سر سوزنی برای اندازه‌گیری ضخامت نمونه ترموپلاستیک ۴۶۸
- شکل ۹-۵: اجرای خط‌کشی توسط ماشین خط‌کش روی صفحه..... ۴۶۸

## فهرست جدولها

### فصل اول: کلیات

- جدول ۱-۱: حدود مشخصات رنگی مواد خط‌کشی روسازی در روز با مشاهده‌گر استاندارد CIE 2° و هندسه دید (۴۵ درجه / صفر درجه) یا (صفر درجه / ۴۵ درجه) تحت استاندارد نوری CIE D 65 ..... ۶
- جدول ۲-۱: مشکلات به خط‌کشی روسازی بر روی سطوح زیر ..... ۱۷

۲۲	جدول ۳-۱: ضخامت بافت سطحی در انواع جاده‌های تازه ساخت.....
	جدول ۴-۱: ضخامت مناسب و روشهای اجرایی خط‌کشی‌های گرم برای بافت‌های
۲۳	مختلف راه.....
۲۴	جدول ۵-۱: مشکلات خط‌کشی روی آسفالت‌های سطحی تثبیت (سفت) نشده.....
۲۶	جدول ۶-۱: سازگاری مواد مختلف خط‌کشی با یکدیگر.....
۳۶	جدول ۷-۱: مقایسه انواع مواد خط‌کشی گرم (ترموپلاستیک).....
۴۲	جدول ۸-۱: مقایسه سیستمهای مختلف مورد استفاده در خط‌کشی راهها.....
۴۳	جدول ۹-۱: خلاصه کاربرد مواد خط‌کشی روی سطوح مختلف روسازی.....
۴۴	جدول ۱۰-۱: مشخصات عمومی و شرایط بهینه در اجرای خط‌کشی‌های سرد و گرم
۴۸	جدول ۱۱-۱: راهنمای انتخاب مواد خط‌کشی بر رویه‌های آسفالت گرم.....
۴۹	جدول ۱۲-۱: راهنمای انتخاب مواد خط‌کشی (انواع رنگ‌ها) بر رویه‌های بتنی.....
	جدول ۱۳-۱: راهنمای انتخاب مواد خط‌کشی برای روسازی‌هایی با آسفالت سطحی
۵۰	(سیل‌کت).....
	جدول ۱۴-۱: انتخاب نوع مواد خط‌کشی آزادراهها بر حسب وضعیت راه و میانگین
۵۱	تردد روزانه.....
	جدول ۱۵-۱: انتخاب نوع مواد خط‌کشی بزرگراهها بر حسب وضعیت راه و میانگین
۵۲	تردد روزانه.....
	جدول ۱۶-۱: راهنمای انتخاب نوع رنگ بر حسب وضعیت راه سطحی راههای
۵۳	آسفالته، میزان تردد روزانه و شرایط آب و هوایی.....
	جدول ۱۷-۱: انتخاب نوع مواد خط‌کشی راههای اصلی بر حسب وضعیت راه و
۵۴	میانگین تردد روزانه.....
۵۴	جدول ۱۸-۱: انتخاب نوع مواد خط‌کشی بر حسب شرایط راه و میزان تردد.....

### فصل دوم: دانه‌های شیشه‌ای

۶۹	جدول ۱-۲: راهنمای انتخاب انواع دانه‌های شیشه‌ای برای مناطق مختلف آب و هوایی
----	-----------------------------------------------------------------------------



۷۹	جدول ۲-۲: الک‌های انتخابی برای دانه‌های شیشه‌ای روپاشی.....
۷۹	جدول ۳-۲: الک‌های انتخابی برای دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط.....
۷۹	جدول ۴-۲: درجه‌بندی میزان ریزی دانه‌های شیشه‌ای روپاشی.....
۸۰	جدول ۵-۲: درجه متوسط برای دانه‌های شیشه‌ای روپاشی.....
۸۰	جدول ۶-۲: درجه ریز برای دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط.....
۸۰	جدول ۷-۲: درجه متوسط برای دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط.....
	جدول ۸-۲: درجه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای نوع ۱ و ۲ بر اساس استانداردهای
۸۱	.....ASTM D 1214 و AASHTO M 247
۸۱	جدول ۹-۲: درجه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای بزرگ نوع ۳، ۴ و ۵ توسط FHWA.....
۸۲	جدول ۱۰-۲: ترکیب شیمیایی دانه‌های شیشه‌ای.....
۸۶	جدول ۱۱-۲: روش آفتاب پشت شانه از آزمون Tex-828-B.....
۹۰	جدول ۱۲-۲: مقادیر قابل قبول $R_L$ برای خط‌کشی‌های جاده در شرایط خشک.....
۹۰	جدول ۱۳-۲: مقادیر قابل قبول $R_L$ برای خط‌کشی‌های جاده در شرایط بارانی.....
۹۱	جدول ۱۴-۲: مقادیر قابل قبول $R_L$ برای خط‌کشی‌های جاده در شرایط مرطوب.....
۹۱	جدول ۱۵-۲: طبقه‌بندی $Q_d$ برای خط‌کشی‌های جاده در شرایط خشک.....
	جدول ۱۶-۲: حداقل مقادیر مجاز ضرایب بازتاب نور برگشتی در شب ( $R_L$ ) و روز
۹۳	( $Q_d$ ) در رنگ‌های گرم و سرد.....
	جدول ۱۷-۲: فواصل زمانی اندازه‌گیری ضرایب بازتاب نور برگشتی در شب ( $R_L$ )
۹۳	و روز ( $Q_d$ ) پس از اجرای خط‌کشی بر روی آسفالت گرم.....
۹۷	جدول ۱۸-۲: مشکلات و راه‌حلهای اجرا دانه‌های شیشه‌ای.....
۹۸	جدول ۱۹-۲: مشخصات فنی دانه‌های شیشه‌ای در هنگام خرید.....
۹۹	جدول ۲۰-۲: چک لیست کنترل دانه‌های شیشه‌ای قبل از اجرای خط‌کشی.....
	<b>فصل سوم: رنگ سرد (پایه آبی و حلالی)</b>
۱۰۵	جدول ۱-۳: کاربردهای رنگ سرد در خط‌کشی روسازی‌های مختلف.....

۱۱۱	جدول ۳-۲: مزایا و معایب رنگ سرد پایه آبی نسبت به پایه حلالی.....
	جدول ۳-۳: تقسیم‌بندی فاکتور روشنایی $\beta$ برای خط‌کشی‌های روسازی در شرایط خشک.....
۱۲۲	جدول ۳-۴: حداقل فاکتور روشنایی مورد نیاز برای رنگ‌های سرد براساس BS 6044
۱۲۵	جدول ۳-۵: مختصات رنگی استاندارد برای چهار گوشه مربع رنگ.....
	جدول ۳-۶: آزمون‌های آزمایشگاهی متداول برای بررسی خواص رنگ به کار رفته در خط‌کشی روسازی‌ها.....
۱۳۲	جدول ۳-۷: میزان انحراف مجاز ابعاد طولی.....
۱۵۷	جدول ۳-۸: ارزیابی درجه‌بندی مربع‌های شابلون مورد استفاده در آزمون تعیین اندیس فرسایش.....
۱۶۸	جدول ۳-۹: "اندیس فرسایش" نمونه مورد آزمون.....
۱۶۸	جدول ۳-۱۰: آزمون‌های کلی برای تأیید خصوصیات رنگ سرد ترافیکی.....
۱۷۴	جدول ۳-۱۱: خصوصیات الزامی برای رنگ سرد ترافیکی.....
۱۷۵	جدول ۳-۱۲: مشکلات و راه‌حل‌های آن در عملیات خط‌کشی با رنگ سرد.....
۱۷۶	<b>فصل چهارم: رنگ گرم (ترموپلاستیک)</b>
۱۸۷	جدول ۴-۱: کاربردهای رنگ گرم در خط‌کشی روسازی‌های مختلف.....
۱۹۰	جدول ۴-۲: نمونه اجزای یک اپوکسی ترموپلاستیک.....
۱۹۴	جدول ۴-۳: ترکیب درصد تقریبی اجزاء در فرمولاسیون مواد ترموپلاستیک.....
۱۹۶	جدول ۴-۴: نتایج قابل قبول برای داده‌های حاصل از آزمون تعیین فاکتور روشنایی
۱۹۷	جدول ۴-۵: داده‌های رنگی قابل قبول آزمون اندازه‌گیری فام برای مواد خط‌کشی گرم
۱۹۸	جدول ۴-۶: تقسیم‌بندی نتایج مربوط به آزمون مقاومت نمونه سرد در برابر ضربه..
۱۹۹	جدول ۴-۷: نتایج مربوط به آزمون مقاومت در برابر نفوذ.....
۲۰۵	جدول ۴-۸: خصوصیات ضروری مواد ترموپلاستیک مصرفی در خط‌کشی گرم.....
۲۲۷	جدول ۴-۹: ضمانت حداقل مقدار باقیمانده مواد خط‌کشی گرم.....

	جدول ۴-۱۰: نحوه ارزیابی خرابی‌های مختلف در اثر جدا شدن قسمت‌های
۲۲۸	متفاوت یک خط‌کشی گرم.....
۲۳۰	جدول ۴-۱۱: حدود استاندارد فاکتور روشنایی.....
۲۳۰	جدول ۴-۱۲: نتایج قابل قبول آزمون اندازه‌گیری فام برای خط‌کشی گرم.....
۲۳۲	جدول ۴-۱۳: دسته‌بندی نتایج مربوط به مقاومت در برابر سرخوردگی.....
۲۳۵	جدول ۴-۱۴: پارامترهای قابل کنترل در خط‌کشی‌های گرم.....
۲۳۶	جدول ۴-۱۵: عیوب و دلایل بروز آنها در اجرای خط‌کشی گرم.....
	جدول ۴-۱۶: مشخصات طبقه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط شونده مصرفی
۲۴۱	در رنگ گرم.....
	جدول ۴-۱۷: مشخصات طبقه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده مصرفی در
۲۴۱	رنگ گرم.....

### فصل پنجم: رنگ‌های دوجزئی

۲۵۳	جدول ۵-۱: مزایا و معایب مواد پلاستیک سرد (پلی متیل متاکریلات).....
۲۵۴	جدول ۵-۲: اجزای ضروری یک رنگ اپوکسی دوجزئی ترافیکی.....
	جدول ۵-۳: مقدار اولیه و تغییرات در اندیس جوی قبل و بعد از قرار گرفتن در
۲۵۸	شرایط QUV.....

	جدول ۵-۴: خصوصیات ضروری مواد مصرفی در خط‌کشی با رنگ‌های دوجزئی
۲۶۰	اپوکسی.....
۲۶۱	جدول ۵-۵: چک‌لیست خواص عمومی و الزامی مواد خط‌کشی‌های پلی‌استری.....
۲۶۳	جدول ۵-۶: داده‌های رنگی قابل قبول برای مواد خط‌کشی پلی‌اوره.....
۲۶۶	جدول ۵-۷: اجزای ضروری جزء A مواد خط‌کشی بر پایه یورتان اصلاح شده.....
۲۶۷	جدول ۵-۸: مقادیر میزان بازتاب نور برگشتی اولیه برای خط‌کشی با یورتان اصلاحی
	جدول ۵-۹: مقدار اولیه و تغییرات در اندیس جوی قبل و بعد از قرار گرفتن در

۲۶۸	شرایط QUV.....
	جدول ۵-۱۰: درجه بندی دانه های مصرفی در خط کشی های بر پایه یورتان اصلاح
۲۷۱	شده.....
۲۷۴	جدول ۵-۱۱: داده های رنگی قابل قبول برای مواد خط کشی پلاستیک سرد.....
۲۷۵	جدول ۵-۱۲: مقادیر فتومتری و RL روشنایی برای مواد خط کشی پلاستیک سرد...
	جدول ۵-۱۳: ضخامت خط کشی های انجام شده با مواد دوجزئی اسپری شونده روی
۲۷۹	سطوح مختلف.....
	جدول ۵-۱۴: میزان مصرف مواد خط کشی دو جزئی با ضخامت ۵۰۰ میکرون بر
۲۷۹	حسب لیتر بر کیلومتر.....
	جدول ۵-۱۵: مشکلات و راه حل های برطرف کردن آنها در عملیات خط کشی با
۲۸۰	رنگ سرد دو جزئی.....
	جدول ۵-۱۶: مشخصات طبقه بندی دانه های شیشه ای پیش مخلوط در رنگ های دو
۲۸۳	جزئی ترافیکی.....
	جدول ۵-۱۷: مشخصات طبقه بندی دانه های شیشه ای روپاشی شونده درشت (اندازه
۲۸۳	I) مصرفی در رنگ های دو جزئی.....
	جدول ۵-۱۸: مشخصات طبقه بندی دانه های شیشه ای روپاشی ریز (اندازه II) مصرفی
۲۸۴	در رنگ های دو جزئی.....
	جدول ۵-۱۹: مقادیر اولیه میزان بازتاب نور برگشتی برای برای خط کشی با مواد دو
۲۸۵	جزئی.....
	<b>فصل ششم: نوارهای پیش ساخته</b>
۲۹۵	جدول ۶-۱: مقادیر بازتاب نور برگشتی نوارهای بادوام برای شرایط خشک.....
۲۹۵	جدول ۶-۲: مقادیر بازتاب نور برگشتی نوارهای موقتی برای شرایط خشک.....
۲۹۶	جدول ۶-۳: چسبندگی نوارهای دائمی به سطح روسازی.....
۲۹۷	جدول ۶-۴: چسبندگی نوارهای موقت به سطح روسازی.....

۲۹۹	جدول ۵-۶: آزمون‌های کنترل کیفی نوارهای پلیمری پیش‌ساخته.....
۳۱۰	جدول ۶-۶: چک‌لیست کنترل مراحل اجرا و آزمون‌های اجرایی در خط‌کشی با نوارها
	<b>فصل هشتم: تیپ خط‌کشی راهها</b>
۳۳۱	جدول ۸-۱: اندازه، ابعاد و طبقه‌بندی انواع خط‌کشی‌ها به تفکیک نوع راهها.....
۳۳۹	جدول ۸-۲: رابطه بین سرعت و حداقل فاصله دید سبقت مجاز.....
	<b>فصل نهم: دستورالعمل شیوه اجرا</b>
	جدول ۹-۱: توصیه‌های روش‌های مختلف برای برداشتن انواع خط‌کشی‌های انجام‌شده
۴۳۶	با رنگ‌های مختلف.....
۴۴۰	جدول ۹-۲: ویژگی‌های اجرایی رنگ‌های ترافیکی سرد معمولی.....
۴۴۶	جدول ۹-۳: میزان انحراف ابعاد طولی.....
۴۷	جدول ۹-۴: برگه اعلام نتایج کنترل‌ها و آزمون‌های اجرایی.....
	جدول ۹-۵: ضخامت خط‌کشی رنگ گرم با روش‌های مختلف اجرایی بر حسب
۴۵۹	میکرون.....
	جدول ۹-۶: میزان مصرف مواد ترموپلاستیک در خط‌کشی‌هایی با الگو و
	عرض‌های مختلف (ضخامت ۱۵۰۰ میکرون) مطابق با آیین‌نامه علائم راهها
۴۶۰	و اجرای خط‌کشی در کشور.....
۴۶۵	جدول ۹-۷: حداقل دمای هوا و سطح جاده برای اجرای رنگ‌های مختلف ترافیکی.



## فصل اول

### کلیات

#### مقدمه

به منظور بهره برداری مناسب از راهها نصب علائم واضح و موثر از ضرورت‌های مهندسی راه و ترافیک محسوب می‌شود. جاده‌ای که علائم کم و نامناسب دارد قطعاً رضایت بخش نیست. استفاده کنندگان از راهها، جهت کسب راهنمایی و دریافت اطلاعات مورد نیاز و مقامات مسئول جهت انجام وظیفه و اعمال قوانین ترافیک، به این علائم متکی بوده و از آنها در جهت افزایش ایمنی تردد در جاده استفاده می‌نمایند. علائم مذکور شامل خط‌کشی‌ها، چشم‌گربه‌ای‌ها و سایر تجهیزات ایمنی است.

علائم و خط‌کشی‌ها باید به موقع و به طور مشخص راهنمایی‌های صحیح را به استفاده کنندگان از جاده‌ها ارائه نمایند که این‌گونه راهنمایی نباید مبهم بوده و به سرعت قابل درک باشند. همچنین، نباید آنها را زودتر و یا دیرتر از موعد مورد نیاز عرضه کرد زیرا امکان از یاد بردن آنها هنگام تردد، به مخاطره افتادن مانورها و حرکات بعدی استفاده کنندگان وجود خواهد داشت. یکنواختی علائم راهنمایی نه تنها جهت کسب بهترین نتیجه و حداکثر مزایا لازم است بلکه، نحوه استفاده از آنها (نصب و روشنایی) نیز باید یکنواخت باشد.

مطابق آیین‌نامه علائم راههای ایران و نیز آئین‌نامه ایمنی راههای ایران: "علائم به منظور کنترل، هدایت ترافیک و افزایش ایمنی راهها به کار می‌روند لذا، آنها را باید فقط در محل‌هایی به کار برد که بتوان به آسانی به اهداف مورد نظر رسید." به عنوان مثال، استفاده از علائم خطر به طور وسیع در محل‌هایی که احتمال خطر وجود ندارد نمی‌تواند باعث

افزایش ایمنی راه شود. از سوی دیگر، در جایی که کنترل و هدایت لازم بوده و احتمال خطر وجود دارد، عدم نصب آنها به ضرر کاربران راه می‌باشد [۱ و ۲].

خط‌کشی راهها همیشه باید طوری حفظ شوند که اثر اصلی و شرایط کلی خود را حفظ نمایند. اگر به دلیل فرسایش یا کاهش میزان نور برگشتی، خط‌کشی‌های اجرا شده اثر خود را از دست دهند، علاوه بر کاهش نقش علائم و کم توجهی رانندگان در مراعات آنها موجب از بین رفتن ثروت ملی، افزایش احتمال بروز تصادفات جاده‌ای و سایر موارد نیز می‌شود.

این فصل از راهنمای دستورالعمل شامل کلیاتی در خصوص تعاریف اولیه مربوط به خط‌کشی راهها از قبیل: اهداف، عوامل موثر در عملکرد، مواد و ترکیبات تشکیل دهنده، تطابق نوع خط‌کشی با شرایط آب و هوایی منطقه، میزان ترافیک و نوع رویه راه و روسازی می‌باشد.

### ۱-۱- تعریف

”خط‌کشی‌های روسازی“<sup>۱</sup> در انواع و فام‌های رنگی مختلف، به هدایت بهتر مسیر حرکت، تکمیل سایر پیغام‌های کنترل ترافیک و افزایش ایمنی راهها کمک می‌کند که این مهم باعث کاهش برخوردها و تصادفات می‌شود و با هدایت و راهنمایی رانندگان به خصوص در هنگام شب و شرایط با دید محدود شده می‌تواند در بهبود وضعیت سواره‌روها و راهها موثر باشد. مطالعه انجام شده توسط ”انجمن بزرگراه‌های ایالتی آمریکا“<sup>۲</sup> در مورد تأثیر مواد خط‌کشی بادوام بازتابنده بر کاهش میزان تصادفات نشان می‌دهد که استفاده از خط‌کشی‌های بادوام، موجب کاهش قابل ملاحظه ایدر (حدود ۱۱ درصد) در تصادفات می‌شود [۳].

خط‌کشی‌های راهها، مانند دیگر شیوه‌های کنترل عبور و مرور ترافیک، باید به سادگی قابل تشخیص و فهم باشند، به خوبی نگهداری شوند، از لحاظ طرح، فام و محل

1- Pavement Markings

2- Federal Highway Administration (FHWA)



قرارگیری، کاربردی ثابت داشته و برای اینکه هدف مورد انتظار را برآورده نمایند باید از ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی خاصی برخوردار باشند.

مطابق با کتاب "راهنمای تجهیزات در کنترل ترافیک"<sup>۱</sup> و آئین‌نامه علائم راههای ایران، برای خط‌کشی راهها می‌توان از فام‌های زرد، سفید، قرمز یا آبی استفاده کرد. هر یک از این فام‌ها از لحاظ ایمنی ترافیک دارای مفهوم خاصی هستند و عموماً برای مکان‌ها و کاربردهای معینی توصیه می‌شوند. از فام رنگی سیاه نیز می‌توان برای روسازی مسیرهای با روشنایی مناسب بهره برد. برای اصلاح و بهبود قابلیت دید علائم استفاده از یک زمینه سیاه بسیار مفید است [۴].

خط‌کشی راهها را می‌توان به صورت خطوط طولی و عرضی، نشانه‌ها، واژه‌ها و خط نوشته‌ها طبقه‌بندی کرد. این علائم با تعریف محدودیت‌ها، (شامل مرکزی، عبوری، حاشیه‌ای، خطوط عابر پیاده و علائم رعایت حق تقدم و توقف) در ایجاد یک تردد ایمن و مطمئن نقش مثبتی را ایفا می‌کنند. از علائم عمودی نیز می‌توان برای هشدار دادن و تکمیل خط‌کشی‌ها استفاده کرد. راننده، به کمک این علائم، از محل‌هایی که نباید از آنها عبور کند (محل‌های عبور ممنوع، تقاطع‌ها و راهها) آگاهی می‌یابد [۱ و ۵].

### ۱-۲- هدف از خط‌کشی

هدف از خط‌کشی راهها هدایت وسایل نقلیه، آگاهی دادن به کاربران راه و راهنمایی آنهاست. خط‌کشی می‌تواند به تنهایی و یا برای تأکید و توضیح بیشتر مفهوم خود با سایر علائم افقی (نظیر چشم‌گربه‌ای) و همچنین علائم عمودی و چراغهای راهنمایی توأم مورد استفاده قرار گیرد [۱ و ۵].

متداولترین ابزار خط‌کشی محور و حاشیه جاده‌ها، رنگ‌های سرد و گرم هستند در عین حال، استفاده از ابزارهای مختلف دیگر از قبیل علائم برجسته (چشم‌گربه‌ای‌ها) نیز

متداول است. به هر حال هر نوع ابزاری که برای خط‌کشی استفاده می‌شود باید ضمن داشتن دوام، در تمام مدت عمر سرویس‌دهی، از وضوح و دید کافی برخوردار باشد. سطح خط‌کشی‌ها نباید لغزنده بوده و ضخامت آنها بیش از ۶ میلیمتر از سطح سواره‌رو نباشد. ارتفاع گل‌میخ‌ها و نظایر آنها که در سطح سواره‌رو نصب می‌شوند نیز نباید از ۱/۵ سانتیمتر بیشتر باشد (در مورد چشم‌گربه‌ایه با قابلیت بازتاب نور برگشتی، حداکثر ارتفاع ۲/۵ سانتیمتر است) و استفاده از آنها باید بر اساس احتیاجات ایمنی راه و قضاوت مهندسی باشد [۱ و ۵].

در سطح معابر درون شهری و محورهای بین شهری استفاده از خط‌کشی به معنی به کارگیری مواد و ترکیباتی است که بیشترین اطلاعات و راهنمایی را به راننده می‌دهد. خط‌کشی‌ی روسازی به دو نوع کم‌دوام شامل: رنگ‌های پایه حلالی و پایه آبی متداول از نوع الکید، اکریلیک، کلرکائوچو و سایر و نوع دیگر خط‌کشی‌ی بادوام شامل رنگ گرم (ترموپلاستیک‌ها)، اکریلیک‌های دو جزئی یا پلاستیک سرد (متیل متاکریلات)، اپوکسی‌ها، پلی‌استرها، پلی‌اوره‌ها، پلی‌یورتان‌ها، نوارها و علائم برجسته تقسیم می‌شوند. هر ماده خط‌کشی، خصوصیات ویژه‌ای مانند میانگین عمر سرویس‌دهی، کیفیت مواد، زمان لازم برای خشک شدن، میزان بازتاب نور برگشتی، شیوه اجرا و قیمت اولیه دارد که باید در مرحله انتخاب مورد توجه قرار بگیرد. مهمترین پارامترهایی که برای ارزیابی مواد مصرفی در خط‌کشی روسازی، به طور خاص، مورد توجه قرار می‌گیرند عبارتند از: دوام<sup>۱</sup>، قابلیت بازتاب نور برگشتی<sup>۲</sup> و قیمت<sup>۳</sup>. البته پارامترهای دیگری نیز از قبیل میزان روشنایی راه، تعداد و مهارت کارگران، تجهیزات و امکانات اجرایی، اثرات محیطی، پشتیبانی و نگهداری هم باید مورد توجه قرار گیرد.

#### • فام خط‌کشی

---

1- Durability  
2- Retroreflectivity  
3- Cost

مطابق با آیین‌نامه علائم راههای کشور و بخش‌های 3A.05 و 3A.06 از MUTCD، اهداف مورد نظر از اجرای خط‌کشی طولی با فام‌ی مختلف به شرح زیر تعریف می‌شود [۱ و ۴]:

**الف- فام سفید:** طبق اصلاحیه فصل پنجم آیین‌نامه علائم راههای کشور فام سفید به عنوان فام اصلی برای خط‌کشی کلیه راههای کشور تعیین شده است. خط‌کشی‌های با فام سفید مشخص‌کننده خطوط عبور خودروها در مسیر یکسان، مسیر مخالف و یا مشخص‌کننده خطوط حاشیه‌ای (سمت راست و چپ) جاده است. خط‌کشی سواره رو باید به فام سفید باشد. در صورتی که سطح راهها به اندازه کافی ایجاد تقابل رنگی (contrast) ننماید می‌توان از آستر (پرایمر) سیاه نیز کمک گرفت. واضح است که آستر سیاه صرفاً به منظور ایجاد تقابل بر روی سطوح کم رنگ به کار می‌رود.

**ب- فام زرد:** کاربرد فام زرد در خط‌کشی راهها فقط در موارد زیر مجاز است:

- راه انحرافی مربوط به عملیات اجرایی و محدوده عملیات راهداری و راهسازی،
- خط محوری محدوده‌ها و گردنه‌های مه‌گیر راههای دو خطه جدا نشده،
- خطوط عرضی کاهنده سرعت در نقاط حادثه‌خیز،
- خطوط کناری در محل پل‌های باریک (کم عرض).

**ج- فام قرمز:** خطوط با فام قرمز مشخص‌کننده جاده و مسیرهایی است که ورود به آنها ممنوع است.

**د- فام آبی:** خطوط با فام آبی مشخص‌کننده محل پارک برای افراد ناتوان و یا معلول است.

در راههای اصلی و بزرگراهها، جهت تکمیل خط‌کشی خطوط حرکت و همچنین مشخص کردن حاشیه سمت راست جاده از چشم‌گربه‌ای‌ها نیز استفاده می‌شود.

• مقادیر محورهای رنگی (y و x) خطوط با فام ی زرد و سفید در خط کشی های روسازی

مطابق با استاندارد EN 1436، مشخصات رنگی خط کشی های روسازی در شرایط نور روز با مشاهده گر استاندارد CIE 2° و هندسه دید (0/45) (0/45) تحت استاندارد نوری CIE D 65 برای فام ی مختلف باید با جدول (1-1) مطابقت داشته باشد [7].

جدول 1-1: حدود مشخصات رنگی مواد خط کشی روسازی در روز با مشاهده گر استاندارد CIE 2° و هندسه دید (45 درجه / صفر درجه) یا (صفر درجه / 45 درجه) تحت استاندارد نوری CIE D 65 [7]

درصد مقادیر Y				مشخصات رنگی (چهار گوشه)								فام رنگی
بدون دانه های شیشه ای		با دانه های شیشه ای		4		3		2		1		
بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	y	x	y	x	y	x	y	x	
--	70	--	60	0/375	0/335	0/325	0/285	0/305	0/305	0/355	0/355	سفید
--	35	--	30	0/510	0/490	0/440	0/420	0/400	0/460	0/440	0/560	زرد
--	--	15	6	0/360	0/480	0/380	0/620	0/315	0/690	0/300	0/480	قرمز
--	--	14	5	0/220	0/060	0/260	0/200	0/180	0/220	0/100	0/105	آبی

### 1-3- عوامل موثر بر عملکرد خط کشی

تعیین کمی نقش خط کشی راهها در بهبود وضعیت ترافیک و کاهش سوانح جاده ای تقریباً غیرممکن می باشد. علائم جاده ای به منزله اطلاعاتی هستند که وجود آنها برای حفظ ایمنی و آسودگی به هنگام رانندگی ضروری است. به عنوان مثال، خطوط حاشیه ای و محوری راهها که مستقیماً مقابل دید راننده قرار دارند، حدود جاده را به خصوص در هنگام شب که روشنایی بسیار کم است، مشخص می کنند. خط کشی ها حدود جاده را برای راننده تعیین کرده و از ورود به جهت مخالف نیز جلوگیری می کنند. خط کشی ها و خطوط مرکزی جاده ها نشان می دهند که در چه مواقعی ورود به خط مخالف غیرمجاز می باشد.

خط‌کشی جاده‌ها بخشی از اقداماتی است که برای روانتر کردن ترافیک به کار می‌روند همچنین، رانندگان را از نزدیک شدن به قسمت‌های حساس جاده از قبیل مناطق پرتردد و تقاطع‌ها آگاه می‌کنند. اما خط‌کشی راهها تنها زمانی مؤثر واقع می‌شوند که:

- ۱- به وضوح قابل رؤیت باشند.
- ۲- فام رنگی و درخشندگی آنها، در طول روز و در تقابل با سطح جاده و اطراف آن، حدود جاده را به خوبی مشخص کند.
- ۳- در هنگام شب، دارای قابلیت انعکاسی (نور برگشتی کافی) تحت نور چراغ‌های جلویی خودروها باشند.

بنابراین هر عاملی که موجب بروز نقص و یا از بین رفتن هر یک از این مشخصات شود از کارایی خط‌کشی می‌کاهد. بی توجهی به عواملی چون کیفیت رنگ، انتخاب درست نوع رنگ در شرایط آب و هوایی و محیطی مختلف، اجرای مناسب رنگ، همخوانی رنگ با نوع سطح روسازی و میزان و فرهنگ ترافیک سبب بروز مشکلات زیادی در خصوص کیفیت و پایداری رنگ‌های ترافیکی اجرا شده در خط‌کشی راهها و محورهای بین شهری می‌شود.

از آنجایی که قسمتی از عوامل فوق‌الذکر نظیر، عدم همخوانی بستر با رنگ اجرا شده، عوامل محیطی و فرهنگ ترافیک تحت کنترل نمی‌باشند و یا به راحتی قابل تنظیم نیستند، باید در جهت به حداقل رساندن معایب و افزایش طول عمر مفید خط‌کشی‌ها، نوعی همخوانی ایجاد کرد. همخوانی میان این شرایط و سایر موارد قابل کنترل، نظیر کیفیت، انتخاب نوع رنگ و اجرای صحیح خط‌کشی منجر به دستیابی به خط‌کشی‌هایی با کیفیت بالا و دوام طولانی می‌گردد.

برای دستیابی به یک رنگ ترافیکی مناسب از لحاظ دوام و ایمنی شناخت عوامل

زیر ضروری است:

۱- عوامل وابسته به ماهیت خط‌کشی شامل:

- نوع مواد اولیه به کار رفته در خط‌کشی،

- روش و سیستم اجرای خط‌کشی.
- ۲- عوامل خارجی و محیطی شامل:
  - وضعیت هندسی جاده،
  - ویژگی‌های آب و هوایی و میزان روشنایی جاده،
  - حجم و نوع ترافیک،
  - نوع روسازی و وضعیت آن،
  - پارامترهای قابل کنترل در فرآیند اجرای خط‌کشی،
  - سایر موارد از قبیل ویژگی‌های راننده (تأثیر سن و میزان دید)، نوع راه (آزادراه، بزرگراه و سایر)، وضع قوانین زیست‌محیطی جدید و غیره.

### ۱-۳-۱- نوع مواد اولیه و سیستم‌های خط‌کشی

نوع راه و میزان تردد، هزینه خط‌کشی، شرایط آب و هوایی و تجهیزات در دسترس مهمترین عواملی هستند که باید در انتخاب نوع مواد خط‌کشی مورد توجه قرار گیرند. اگرچه در بسیاری از موارد عامل اصلی در انتخاب نوع خط‌کشی هزینه‌های اولیه خط‌کشی، وجود محدودیت در ماشین‌آلات خط‌کشی و عدم دسترسی به مواد اولیه متنوع می‌باشد.

**هزینه مواد:** هزینه مواد همواره باید با در نظر گرفتن دوام سیستم و چگونگی اجرای خط‌کشی محاسبه گردد. علی‌رغم کمتر بودن هزینه مواد و اجرای رنگ‌های سرد پایه آبی یا حلالی به علت کوتاه بودن عمر سرویس‌دهی خط‌کشی‌های اجرا شده با آنها، در مجموع، هزینه‌های آنها نزدیک به هزینه‌های خط‌کشی‌های گرم می‌باشد.

معیار تعیین عمر مفید خط‌کشی جاده زمان یا میزان ترددی است که موجب شود تا بازتاب نور برگشتی خط‌کشی از مقدار اولیه به حداقل مقدار بحرانی خود (یعنی زمان اجرای خط‌کشی مجدد یا ترمیم) برسد. عوامل خارجی متعددی از قبیل حجم و نوع ترافیک، زبری سطح روسازی و فرسایش محیطی در عملکرد رنگ سرد اثر می‌گذارند. تحقیقات نشان داده است که رنگ سرد اغلب بازتاب نور برگشتی اولیه کمتری نسبت به

رنگ گرم دارد و همچنین با سرعت بیشتری نسبت به سایر مواد خط‌کشی تخریب می‌شود و به همین دلیل، معمولاً در گروه خط‌کشی‌های کم‌دوام طبقه‌بندی می‌شوند. عمر مفید رنگ سرد در جاده‌های با حجم ترافیک کم معمولاً حداکثر تا ۲ سال می‌باشد. هر چند، عمر مفید معمول تحت شرایط عادی تقریباً ۶ تا ۱۲ ماه و روی جاده‌های با تردد بسیار بالا حداکثر سه ماه بیشتر نیست. بنابراین، برای خط‌کشی جاده‌هایی با میزان تردد کم تا متوسط و برای جاده‌های پر تردد فقط به عنوان خط‌کشی موقت از رنگ سرد استفاده می‌شود [۸].

فقط در صورتی می‌توان رنگ گرم را روی خط‌کشی‌های انجام شده با رنگ سرد اجرا کرد که مواد خط‌کشی دچار آسیب‌هایی از قبیل تخریب و نقص در چسبندگی نشده باشند و ضخامت آنها کمتر از ۱۵۰ میکرون باشد. بدیهی است که قبل از اجرای رنگ گرم، سطح خط‌کشی قدیمی باید کاملاً تمیز و خشک شود. علاوه بر این، ضخامت کمتر و پشت‌پوشی کمتر پیگمنت‌ها نیز اغلب باعث می‌شود که در مقایسه با سایر مواد خط‌کشی، رنگ سرد تمایل به کدر شدن یا رنگ پریدگی بیشتری داشته باشند.

رنگ گرم در صورت اجرای مناسب حداقل ۳ سال دوام خواهد داشت. اما این نکته نیز باید در نظر گرفته شود که خط‌کشی با رنگ گرم همیشه به عنوان گزینه برتر معرفی نمی‌شود. به عنوان مثال، در مناطق برف‌گیر مانند استان اردبیل، که در زمستان برای پاک کردن برف جاده از ماشین‌های برف‌روب استفاده می‌شود، به دلیل احتمال تخریب زود هنگام مواد ترموپلاستیک، بهتر است از این نوع رنگ استفاده نگردد. همچنین در مناطقی با تابستانهای بسیار گرم مانند مناطق جنوبی کشور، انتخاب مواد اولیه ترموپلاستیک گرم باید با دقت بیشتری انجام شود. معمولاً مواد ترموپلاستیک آلکیدی (رزین سنتزی) برای نواحی سردسیر مناسب هستند و چنانچه به روش اسپری اجرا شوند مقاومت بیشتری در مقابل برف‌روب خواهند داشت.

**زمان اجرای خط‌کشی:** یکی از نکات بسیار مهم در عملیات اجرای خط‌کشی،

فصل و زمان مناسب خط‌کشی است زیرا، بهترین نتیجه از لحاظ دوام و کارایی سیستم با توجه به دمای مواد (خط‌کشی گرم)، دمای سطح آسفالت، میزان رطوبت هوا و سطح

روسازی حاصل می‌شود. مطابق با استاندارد EN 1824 در هنگام اجرای خط‌کشی گرم شرایط زیر باید برقرار باشد [۹]:

الف- سطح روسازی باید خشک و عاری از هرگونه رطوبت و یا شبنم باشد.  
 ب- دمای سطح روسازی باید بین ۱۰ الی ۵۰ درجه سانتی‌گراد باشد.<sup>۱</sup>  
 ج- سرعت باد کمتر از ۱۰ متر بر ثانیه باشد. به عبارت دیگر، چنانچه در زمان اجرای خط‌کشی، دمای سطح روسازی از ۱۰ درجه سانتی‌گراد و دمای هوا از ۱۳ درجه سانتی‌گراد کمتر باشد خط‌کشی گرم (ترموپلاستیک‌ها) عملکرد مناسبی ندارند. چنانچه دمای هوا یا سطح جاده کمتر از مقادیر فوق باشد مواد مذاب خط‌کشی به سرعت سرد شده و نفوذ مواد به لایه‌ی سطحی روسازی به خوبی انجام نشده و چسبندگی خط‌کشی مطلوب نخواهد بود. همچنین رطوبت زیاد موجب معیان بخار آب در سطح روسازی و زیر لایه خط‌کشی می‌شود و پس از مدتی، با عبور وسایل نقلیه مواد خط‌کشی از سطح جاده جدا می‌شود.

با توجه به تنوع آب و هوایی کشور، باید با مراجعه به نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی و مشاهده جدول‌های شرایط آب و هوایی منطقه، بهترین زمان اجرای خط‌کشی را تعیین کرد. همچنین، می‌توان از تقسیم‌بندی مناطق جغرافیایی نیز استفاده کرد [۱۰]. اگرچه پهنه‌بندی شش ناحیه‌ای کشور، که توسط برخی از صاحب‌نظران جغرافیای طبیعی و صرفاً از نظر جغرافیا انجام گردیده است، می‌تواند راهنمای خوبی برای تعیین زمان مناسب اجرای خط‌کشی باشد اما با یک بررسی اجمالی به نظر می‌رسد که این تقسیم‌بندی کافی نیست. زیرا، بعضاً تنوع آب و هوایی یک استان خاص ایجاب می‌کند که دو نقطه نزدیک به هم، آب و هوای مختلفی داشته باشند. به عنوان مثال، اردبیل بسیار سرد و دشت مغان با فاصله نسبتاً کمی از اردبیل، آب و هوای ملایمی دارد.

---

<sup>۱</sup> - دمای سطح روسازی باید حداقل ۳ درجه سانتی‌گراد بیشتر از نقطه شبنم هوا می‌باشد.



در تقسیم‌بندی مناطق آب و هوایی کشور و با در نظر گرفتن دو عامل اساسی و تأثیرگذار دما و رطوبت، می‌توان از نظر حرارتی کشور را به سه بخش گرم (A)، معتدل (B)، سرد (C) و از نظر رطوبتی به سه بخش خشک (I)، نیمه مرطوب (II) و مرطوب (III) تقسیم کرد [۱۰].

با این تفکیک پهنه‌بندی کشور را از نظر راهسازی و شرایط آب و هوایی می‌توان بشرح ذیل تعریف کرد:

A-I - گرم و خشک	B-I - معتدل و خشک	C-I - سرد و خشک
A-II - گرم و نیمه مرطوب	B-II - معتدل و نیمه مرطوب	C-II - سرد و نیمه مرطوب
A-III - گرم و مرطوب	B-III - معتدل و مرطوب	C-III - سرد و مرطوب

با توجه به شرایط آب و هوایی غالب کشور، بهترین زمان برای اجرای خط‌کشی، اواخر فصل بهار، اوایل فصل تابستان و مهر ماه است. زیرا در این بازه زمانی دمای سطح روسازی مناسب و رطوبت محیط و سطح روسازی در حداقل مقدار خود می‌باشد. البته همیشه عملیات خط‌کشی باید با هماهنگی نزدیک‌ترین اداره هواشناسی منطقه صورت پذیرد. خط‌کشی راهها در فصول و ماههای مختلف سال بر دوام و کارآیی خط‌کشی تأثیر شایانی دارد.

#### **انبارداری و نگهداری مواد، قبل و در زمان اجرای خط‌کشی: وضعیت مواد**

خط‌کشی در هنگام عملیات اجرای خط‌کشی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مواد خط‌کشی باید در محل‌های خشک و تمیز انبار و نگهداری شوند و در هنگام خط‌کشی باید از خشک و عاری از رطوبت بودن مواد اطمینان حاصل کرد. اختلاط مواد خط‌کشی (سیستمهای دو و یا چند جزئی) و یا گرم کردن آنها (خط‌کشی گرم) باید زمانی صورت گیرد که آمادگی لازم برای اجرای آن وجود داشته باشد و هماهنگی‌های لازم با راهنمایی و رانندگی منطقه جهت کنترل ترافیک، و نیز اداره‌های محلی هواشناسی، جهت آگاهی از شرایط جوی صورت گرفته باشد.

### ۱-۳-۲- عوامل خارجی و محیطی

#### ۱-۳-۲-۱- شرایط محیطی و ویژگیهای آب و هوایی

با توجه به گستردگی و تنوع شرایط آب و هوایی کشور، انتخاب نوع مواد و اجرای خطکشی باید با توجه به ویژگیهای جوی هر منطقه صورت گیرد. ویژگیهایی از قبیل: میزان، شدت و نوع بارندگی، حداقل و حداکثر دما و رطوبت نسبی محیط و سطح روسازی.

اثر شرایط محیطی بر عملکرد خطکشی‌ها را می‌توان در دو گروه جداگانه بررسی کرد، شرایط آب و هوایی در زمان اجرای خطکشی و گردش سالیانه آب و هوا: اغلب گفته می‌شود که در زمان اجرا، شرایط آب و هوایی یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر عملکرد خطکشی است. این امر خصوصاً برای مواد حساس به شرایط محیطی از قبیل مواد ترموپلاستیک و نوارهای پیش ساخته بیشتر صادق است. عواملی که باید در زمان اجرا مورد توجه قرار گیرند عبارتند از:

- دما (هوا و سطح روسازی)

- سرعت باد

- رطوبت هوا و سطح

هر یک از عوامل فوق می‌توانند بر عملکرد مواد خطکشی تأثیر گذارند. دمای هوا و سطح روسازی بسیار مهم هستند زیرا، اکثر مواد خطکشی در روسازی نیاز به یک دمای حداقل برای خشک شدن یا پخت صحیح دارند.

رطوبت نیز بر زمان خشک شدن و پخت خطکشی تأثیر دارد. در زمان اجرا، رطوبت سطح روسازی اثر شدیدی بر برقراری پیوند بین مواد خطکشی و سطح می‌گذارد. قبل از اجرای اکثر مواد خطکشی، نیاز است که سطح روسازی از هر گونه رطوبت سطحی پاک شود تا امکان برقراری پیوند بین مواد و سطح روسازی به وجود آید. سرعت باد نیز بر زمان خشک شدن تأثیر دارد ولی، مهمترین اثر آن پخش دانه‌های شیشه‌ای روپاشی بر سطح

مواد خط‌کشی است. زیرا بادهای شدید می‌تواند مانع از یکنواختی پخش دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شود.

شرایط آب و هوایی عامل تعیین‌کننده‌ای در انتخاب نوع مواد خط‌کشی و نحوه اجرای آن است. در آب و هوای مرطوب و بارانی، مانند مناطق شمال و شمال غربی کشور، میزان بازتاب نور برگشتی کاهش یافته و باعث اختلال در دید راننده می‌گردد. دلیل این امر، وجود ذرات معلق آب در هوا و نتیجه رخداد پدیده انکسار نور است. البته باران در هر زمان قابلیت دید راننده را کاهش می‌دهد. در هنگام شب، انعکاس نور چراغ اتومبیل‌هایی که از روبرو نزدیک می‌شوند، کمبود روشنایی جاده، حرکت برف پاک‌کن روی شیشه و لغزندگی جاده باعث کاهش قدرت انعکاس خط‌کشی‌ها می‌شود که این موضوع مهارت در رانندگی را کاهش داده و آن را مشکل‌تر می‌کند. در اثر تشکیل لایه‌ای از آب روی سطح و مغروق شدن دانه‌های شیشه‌ای، انعکاس نور به صورت آینه‌ای شده و بازتاب نور برگشتی انجام نمی‌گیرد. برای رفع مشکل فوق و یا کاهش آن، می‌بایست از دانه‌های شیشه‌ای با قطر بیشتر در ترکیب مواد خط‌کشی استفاده شود.

شرایط برفی حتی بیشتر از باران باعث کاهش دید راننده می‌شود زیرا، حتی بارش خفیف برف هم خط‌کشی جاده را می‌پوشاند. در بارش‌های سنگین برف، با خسارات وارده توسط ماشینهای برف‌روب، لاستیکهای یخ شکن و مواد شیمیایی و نمکی مشکل خط‌کشی‌ها بسیار جدی‌تر می‌شود. شن‌های روان با تجمع بر روی جاده‌ها، سطح خط‌کشی را می‌پوشانند و با اثر سمباده‌ای خود، در اثر حرکت لاستیک وسایل نقلیه روی جاده و خط‌کشی باعث از بین رفتن خط‌کشی راه‌ها می‌شوند.

علاوه بر حضور فیزیکی باران، برف و شن‌های روان شرایط آب و هوایی، به مفهوم گرما، سرما یا رطوبت، نیز بر روی خط‌کشی جاده‌ها تاثیر می‌گذارند. چرخه مکرر یخ زدن و آب شدن برف در روز و شب و کاهش دما تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر روی سطح جاده‌ها و همزمان روی خط‌کشی‌ها باعث کاهش و تضعیف پیوند بین ساختار رنگ و

سطح جاده می‌شود. گرمای بیش از ۵۰ درجه سانتیگراد در تابستان همراه با رطوبت نسبی بالای ۵۰ درصد نیز می‌تواند به اندازه سرما برای مواد خط‌کشی جاده‌ها زیان‌آور باشد. در مناطق جنوبی کشور و سایر مناطقی که دمای سطح جاده‌ها اغلب تا ۷۰ درجه سانتیگراد بالا می‌رود، مواد خط‌کشی نرم، لغزنده و موجدار می‌شوند. این در شرایطی است که گاهی آسفالت محورها نیز در اثر دما دچار لغزیدگی و تغییر شکل می‌شوند. در نتیجه با عبور لاستیک، طرح (آج) لاستیک باعث از بین رفتن شکل صاف و یکدست خط‌کشی‌ها می‌شود و در هنگام شب، که دما پائین می‌آید، به همان شکل سخت می‌شوند. همچنین در مناطق گرم، که تابش شدید آفتاب وجود دارد، پرتوهای فرابنفش موجود در نور آفتاب باعث تغییر فام رنگ و کاهش عمر سرویس‌دهی رنگهای ترافیک می‌شوند.

### ۱-۳-۲-۲- ویژگیهای ترافیک

شرایط ترافیکی یکی از عوامل مهمی است که باید در انتخاب نوع مواد و روش کاربرد آنها در نظر قرار گیرد. این ویژگیها از دو بعد "حجم ترافیک" و "ترکیب ترافیک" مورد بررسی قرار می‌گیرند.

"میانگین ترافیک روزانه"<sup>۱</sup> یکی از شاخصهای بسیار مهم در انتخاب نوع رنگ و سیستم خط‌کشی است. به عنوان مثال، بهتر است در جاده‌هایی با ترافیک سنگین، از علائم برجسته فلزی (چشم گربه‌ای) یا خط‌کشی گرم استفاده شود. این نوع مواد عمر طولانی‌تری نسبت به انواع مشابه دارند. بالا بودن قیمت اولیه این ترکیبات در کاربرد و نصب، با در نظر گرفتن فوایدی چون دوام بیشتر و انعطاف بهتر، توازن اقتصادی لازم را برقرار می‌کند. میانگین کم سالانه ترافیک نشان می‌دهد که می‌توان از خط‌کشی‌های با ضخامت کم، با توجه به ویژگیهای محل استفاده کرد.

نوع یا ترکیب ترافیک نیز بر عمر مفید مواد خط‌کشی بسیار اثر گذار است. چنانچه قسمت اعظم بار ترافیکی جاده‌ای را ماشین‌آلات و وسایل نقلیه سنگین چون کامیونها، اتوبوسها و نظایر آنها تشکیل دهند خط‌کشی‌ها بسیار سریع تر از جاده‌ها و

1- Average Annual Daily Traffic (AADT)

بزرگراههایی که ترکیب ترافیک آنها را خودروهای سبک تشکیل می‌دهند تخریب شده و از بین می‌روند.

صرف نظر از نوع روسازی، حجم ترافیک نیز به میزان زیادی بر عملکرد خط‌کشی‌ها تأثیر دارد. عمر مفید کلیه خط‌کشی‌های روسازی با در معرض قرارگرفتن ترافیکهای سنگین کاهش می‌یابد. هر چند، به طور مشخص، بعضی از مواد عملکرد بهتری در برابر ترافیکهای سنگین دارند. برخی از سازمانهای متولی امر خط‌کشی، مبنای انتخاب مواد خط‌کشی را حجم ترافیک عبوری از راه در نظر می‌گیرند. رنگ سرد (استاندارد پایه آبی و حالالی) اغلب، عملکرد مناسبی بر روی جاده‌های با حجم ترافیک پایین داشته و استفاده از آنها در خط‌کشی این نوع جاده‌ها مقرون به صرفه است [۸]. خط‌کشی‌های بادوام، از قبیل مواد ترموپلاستیک، نوارهای پیش ساخته و رنگهای دو جزیی. اغلب برای استفاده در جاده‌های با حجم ترافیک متوسط تا بالا یا سایر مناطقی با تردد تعداد زیادی وسایل نقلیه بر روی خط‌کشی‌ها، مثل تقاطعها، مناسب هستند.

### ۱-۳-۲-۳- تأثیر نوع روسازی

سطح جاده‌ای که خط‌کشی روی آن اجرا می‌شود مهمترین عامل تأثیرگذار بر عملکرد مواد خط‌کشی است. خصوصیات اصلی رویه‌های سطحی راه که بر عملکرد، کیفیت و دوام مواد خط‌کشی تأثیر می‌گذارند عبارتند از:

- زبری

- تخلخل سطح

- حساسیت به گرما

هر کدام از این سه خصوصیت باعث می‌شوند تا یک ماده مشخص استفاده شده در خط‌کشی عملکرد متفاوتی بر روی هر یک از انواع سطوح روسازی آسفالت گرم، بتن و آسفالت حفاظتی (سیل‌کت) داشته باشد.

### ۱-۳-۲-۳-۱- زبری سطح

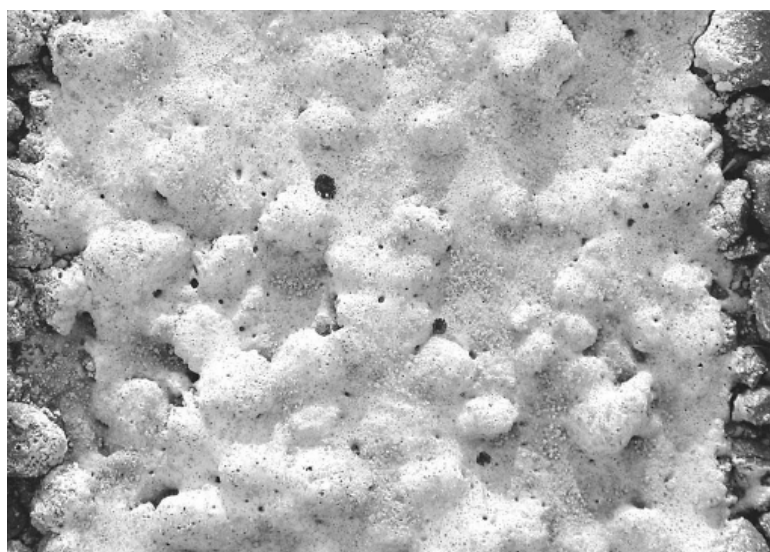
زبری سطح نقش عمده‌ای در عملکرد خط‌کشی در زمان سرویس‌دهی ایفاء می‌کند. خط‌کشی‌های اجرا شده روی سطح جاده‌های زبر، مانند آسفالت‌های حفاظتی، معمولاً بازتاب نور کمتر و عمر مفید کوتاهتری در مقایسه با خط‌کشی مشابه بر روی سطح جاده‌های صاف (آسفالت گرم) دارند. در شکل (۱-۱) تصویری از خط‌کشی گرم بر سطح رویه سیل‌کت نشان داده شده است. چنانچه ملاحظه می‌شود سطح خط‌کشی ناهموار است که این تصویر از سطح زیرین می‌باشد.

معمولاً اجرای خط‌کشی با ضخامت بیشتر (خصوصاً در مورد مواد ترموپلاستیک) برای مقابله با مشکلات ناشی از زبری سطح، باید پس از گذشت زمان مشخصی از اتمام راه‌سازی، انجام شود. برای حصول بهترین چسبندگی بین مواد خط‌کشی و سطح روسازی، اجرای خط‌کشی (سرد یا گرم) باید در فاصله زمانی بین ۱۴ الی ۳۰ روز پس از اتمام عملیات راه‌سازی انجام شود [۱۱]. هر قدر فاصله زمانی بین اتمام عملیات راه‌سازی و اجرای خط‌کشی بیشتر شود تخلخل و منافذ سطحی رویه راه با ذرات شن و ماسه و یا سایر آلودگی‌ها مسدود می‌شود و بنابراین شانس برقراری اتصالات مکانیکی محکم بین مواد خط‌کشی و رویه راه کاهش می‌یابد. هر قدر سطح آسفالت زبرتر باشد ضخامت لایه مواد خط‌کشی روی برآمدگی‌های سطح روسازی، کمتر شده و در نتیجه جدا شدن دانه‌های شیشه‌ای از مواد خط‌کشی سریع‌تر اتفاق می‌افتد. در جدول (۲-۱) برخی از تاثیرات منفی این نوع زبری (سطح روسازی) بر عملکرد مواد استاندارد به کاررفته در خط‌کشی‌های روسازی درج شده است.

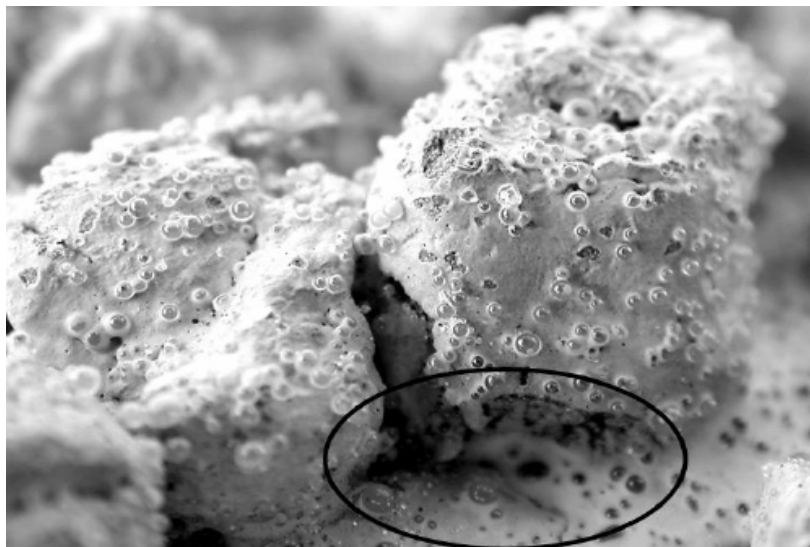
جدول ۲-۱: مشکلات به خط‌کشی روسازی بر روی سطوح زبر [۸]

مشکل	دلیل
کاهش بازتاب نور برگشتی	قرار گرفتن درصد بالایی از بیندر و دانه‌های شیشه‌ای در داخل حفره‌ها و شکاف‌های سطح روسازی (شکل ۲-۱).

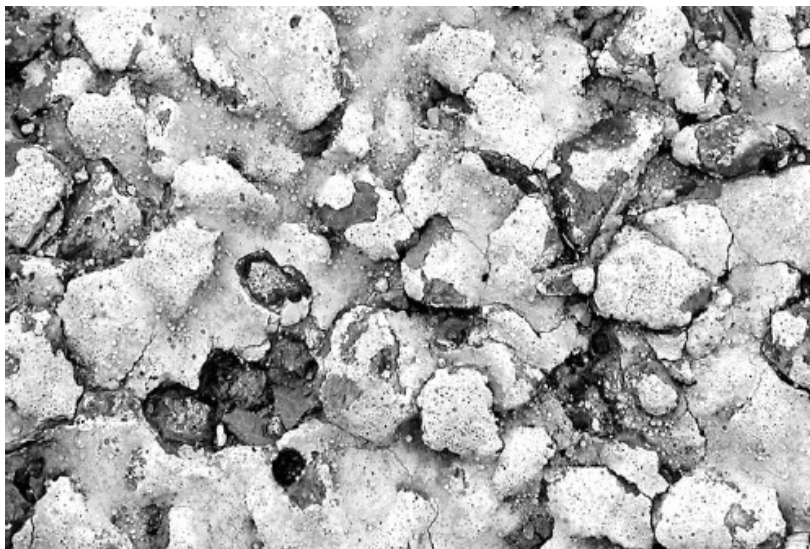
دوام کمتر مواد روی مصالح درشت	فرسایش سریع خطکشی در اثر قرارگرفتن لایه‌ای از بیندر روی مصالح سطحی (شکل ۱-۳).
بازتاب نور برگشتی ضعیف در پشت مصالح درشت	نحوه حرکت ماشین‌های خطکشی به گونه‌ای است که قسمت جلوی مصالح در مقایسه با پشت آنها میزان بیشتری از بیندر و دانه‌های شیشه‌ای را دریافت می‌کند (شکل ۱-۴).
جدا شدن دانه‌های شیشه‌ای از روی مصالح	کم بودن بیندر روی مصالح و در نتیجه فرو رفتگی کم و چسبندگی ضعیف دانه‌های شیشه‌ای (شکل ۱-۵).



شکل ۱-۱: مواد خطکشی گرم با ضخامت متداول ۲۵۰۰ میکرون بر روی رویه سیلکت درجه ۳ [۸]



شکل ۱-۲: فرار گرفتن دانه‌های شیشه‌ای بین مصالح روسازی [۸]

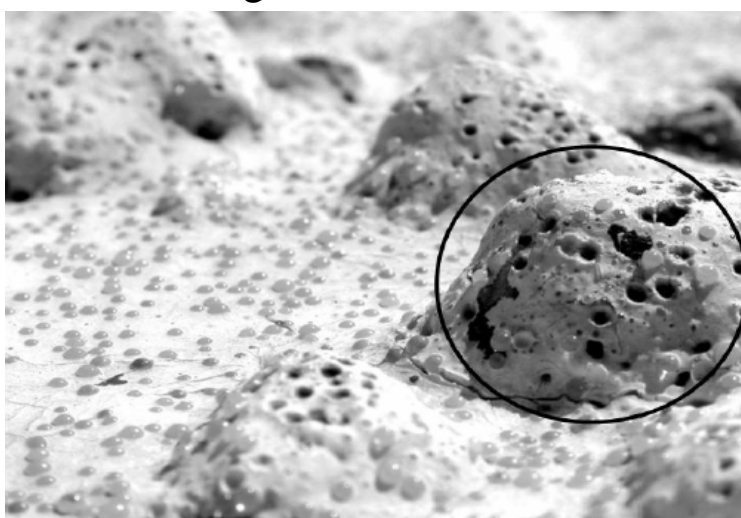


شکل ۱-۳: دوام ضعیف خط‌کشی روی سطح با مصالح درشت دانه [۸]





شکل ۱-۴: پوشش ضعیف در پشت مصالح روسازی [۸]



شکل ۱-۵: جدا شدن دانه‌های شیشه‌ای از روی سطح برآمده رویه راه [۸]

برای حصول بهترین دوام، استحکام و قابلیت دید، به ویژه در هنگام بارندگی، ضخامت خط‌کشی گرم باید حدود ۳ میلی‌متر بیشتر از بافت جاده باشد [۱۲]. هر چند ضخامت بافت بعضی از جاده‌هایی که به تازگی آسفالت شده‌اند آن قدر زیاد است که از نظر اقتصادی نمی‌توان در یک عملیات اجرایی باین خط‌کشی‌های ضخیم را اعمال کرد. وقتی سطحی برای اولین بار خط‌کشی می‌شود باید، تا حد امکان فضای خالی بین

سنگدانه‌های رویه با حداکثر مواد پر شود. بدین ترتیب لایه‌ای از مواد خط‌کشی با ضخامت مناسب روی سنگدانه‌های در معرض دید، کشیده می‌شود و فرسودگی و سایش خط‌کشی به حداقل می‌رسد. به دلیل نیاز به اجرای خط‌کشی‌های نسبتاً ضخیم روی سطوح زیر، بهترین روش خط‌کشی روش اکستروژن می‌باشد. در گذشته برای رسیدن به ضخامت مورد نظر در اینگونه موارد، از "روش دوبار اسپری" استفاده می‌شد ولی امروزه این روش چندان متداول نمی‌باشد.

در خصوص خط‌کشی سرد باید توجه داشت که افزایش ضخامت خط‌کشی گرچه موجب افزایش عمر مفید خط‌کشی و پر کردن منافذ سطحی روسازی می‌شود ولی، استحکام و چسبندگی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، با افزایش ضخامت خط‌کشی احتمال ترک خوردن مواد نیز وجود دارد (شکل ۱-۶). چنانچه در شکل نیز دیده می‌شود، به دلیل وجود تنش‌های ناشی از جمع‌شدگی<sup>۱</sup> پوشش در هنگام تبخیر حلال و تشکیل فیلم، سطح پوشش دچار ترک خوردگی شده و در نتیجه استحکام خط‌کشی کاهش می‌یابد. بنابراین برای حصول نتایج بهینه باید ضخامت فیلم خشک خط‌کشی سرد حدود ۳۰۰ الی ۶۲۵ میکرون باشد.



شکل ۱-۶: خط‌کشی خطوط حاشیه‌ای مسیر پارک چیتگر در آزادراه تهران-کرج، اسفند ماه ۱۳۸۳

1- Shrinkage

برای خط‌کشی سطوح نرم و صاف مانند آسفالت‌های فرسوده، آسفالت‌های کم ضخامت، آسفالت‌هایی که بیشتر از سنگدانه تشکیل شده‌اند و تمام رویه‌هایی که قبلاً خط‌کشی شده‌اند مقدار کمتری از مواد برای پرکردن فضا‌های خالی موجود در بافت سطحی جاده لازم است. برای خط‌کشی چنین سطوحی تمام روشهای اجرا مناسب هستند. هنگام تعمیر خط‌کشی‌های قدیمی، برای اجتناب از ضخیم شدن، لایه نازکی از مواد خط‌کشی با روش اسپری یا اکستروژن بر روی خط‌کشی قبلی قرار می‌گیرد. در مناطق کم تردد مانند پارکینگ‌ها، مناطقی که پارک خودرو در آنجا مجاز نیست و مواردی از این قبیل یا هنگام خط‌کشی موقت به منظور افزایش میزان چسبندگی یا بین رنگ و سطح جاده و یا بین خط‌کشی‌های جدید و قدیمی باید از یک لایه پوشش اضافی چسبنده<sup>۱</sup> استفاده شود.

در خط‌کشی گرم، ضخامت مناسب علاوه بر بافت جاده و اجرای مجدد خط‌کشی بر روی خطوط قدیمی، به میزان تردد خودروها در محل مورد نظر نیز بستگی دارد. ضخامت مناسب برای خط‌کشی گرم روی جاده‌های مختلف در جدول (۱-۳) به طور خلاصه آورده شده است. ضخامت خط‌کشی مورد نظر، با توجه به نوع بافت سطحی جاده، در پیشنهاد مناقصه‌ها مشخص می‌شود.

در جدول (۱-۴) اطلاعاتی در مورد عمق و ضخامت بافت جاده‌های تازه ساخت، درج شده است. این جدول راهنمایی است که مهندس مسئول راه می‌تواند حداقل ضخامت خط‌کشی گرم را از روی ضخامت رویه جاده، تعیین کند. بافت سطحی جاده وابسته به نوع سطح جاده (آسفالت یا بتن)، شکل، اندازه و ارتفاع سنگدانه‌های قرار گرفته در بافت سطحی است.

---

1- Tack Coat

جدول ۳-۱: ضخامت بافت سطحی در انواع جاده‌های تازه ساخت [۱۱]

نوع روسازی	ضخامت تقریبی بافت روسازی (میلی‌متر)
آسفالت حفاظتی	۵/۰-۳/۰
آسفالت اسفنجی	۳/۰-۲/۰
آسفالت ماستیک سنگی (۱۴-۱۰ میلی‌متر)	۲/۵-۱/۵
۳۰ درصد آسفالت داغ غلتک خورده <sup>۱</sup>	۲/۰-۱/۵
آسفالت ماکادام	۲/۰-۱/۰
آسفالت با ضخامت کم	۱/۵-۰/۵
ماکادام با بافت باز یا درشت	۱/۰-۰/۵
۵۵-۵۰ درصد آسفالت داغ غلتک خورده	۱/۰-۰/۵
آسفالت بتنی تمیز شده	۱/۰-۰/۵
آسفالت ماکادام ساییده و متراکم شده	۱/۰-۰/۵

نکته ۱: اگر ضخامت بافت جاده بیش از ۳ میلی‌متر باشد می‌توان ضخامت ۴۲۵۰ میکرون ( $\pm ۲۵\%$ ) را به عنوان حداکثر ضخامت مورد قبول برای خط‌کشی در نظر گرفت. البته باید توجه داشت که اگر ضخامت مواد خط‌کشی بیش از حد معمول باشد موجب تجمع آب و یخ زدن آن در اطراف خط‌کشی می‌شود. لذا تحت هیچ شرایطی نباید ضخامت بیش از ۶۰۰۰ میکرون شود.

نکته ۲: ضخامت بافت سطوح ساییده شده به خصوص سطوحی که قبلاً خط‌کشی شده‌اند، باید کمتر از ارقام ذکر شده در جدول ۳-۱ باشد.

### ۱-۳-۲-۳-۲ حساسیت به گرما

حساسیت سطح روسازی به دما عامل اصلی و تعیین‌کننده ویژگی‌های پیوندی بین سطح رویه و اکثر مواد خط‌کشی اجرا شده (به ویژه به صورت مذاب) است. در دماهای بالاتر از ۷۰ درجه سانتی‌گراد، قیر موجود در آسفالت نرم شده و به صورت مایع ویسکوز عمل می‌کند. در اثر ذوب و درهم فرو رفتن مواد ترموپلاستیک با سطح آسفالت پیوند با استحکام مناسب ایجاد می‌شود. به علت ماهیت غیر ویسکوالاستیک رویه‌های بتنی، موادی

1- Hot Rolled Asphalt (H.R.A)

که به صورت مذاب روی سطح اعمال می‌شوند، قادر به نفوذ در سطح روسازی و برقراری پیوند و اتصال مکانیکی محکم (به صورت حرارتی) نیستند. در این حالت، اغلب پیوندهای به وجود آمده ضعیف‌تر از پیوندهای حرارتی می‌باشند. به همین دلیل، خط‌کشی‌های گرم که به صورت مذاب اجرا می‌شوند برای سطوح بتنی کمتر توصیه می‌شوند.

جدول ۱-۴: ضخامت مناسب و روش‌های اجرای خط‌کشی‌های گرم روی بافت‌های مختلف راه [۹]

روش توصیه شده جهت خط‌کشی	ضخامت توصیه شده (میکرون)	نوع روسازی
اکستروژن یا اسکرید	$4250 \pm 250$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• روسازی‌های جدید</li> <li>• آسفالت با سنگدانه‌های معلق</li> <li>• آسفالت اسفنجی، آسفالت با سنگ ماستیکی</li> <li>• آسفالت با زیرسازی سنگ شکسته</li> </ul>
اسکرید، اکستروژن یا اسپری	$2750 \pm 250$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• آسفالت ساییده شده</li> <li>• رویه آسفالتی که بیشتر از سنگ ساخته شده</li> <li>• رویه‌های نازک</li> <li>• رویه‌های که قبلاً خط‌کشی شده ولی خط‌کشی آنها کاملاً از بین رفته است.</li> <li>• رویه‌های بتنی</li> </ul>
اسکرید، اکستروژن یا اسپری	$1750 \pm 250$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• رویه‌هایی که قبلاً خط‌کشی شده‌اند و ضخامت خط‌کشی‌های باقی مانده در حدود ۱۰۰۰ میکرون است.</li> <li>• مناطق کم تردد مانند پارکینگ خودروها یا مناطقی که توقف اتومبیل در آنها مجاز نیست</li> <li>• مناطقی که خط‌کشی موقت می‌شوند.</li> </ul>

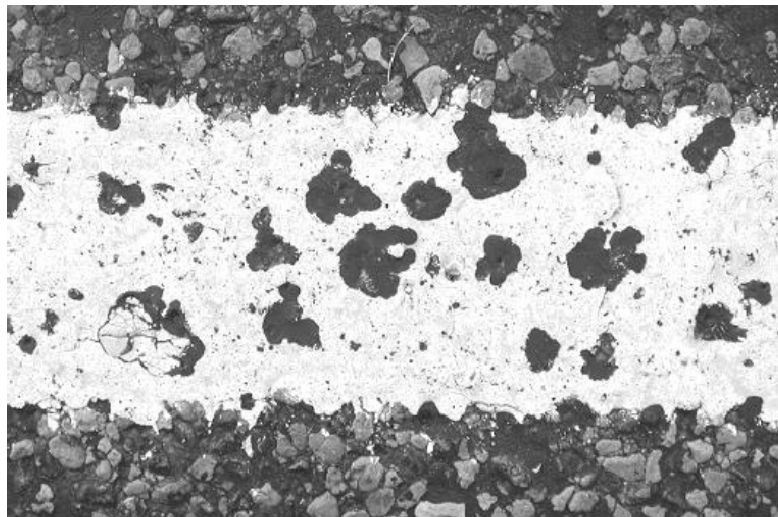
ممکن است پیمانکار روشهای کاربردی دیگری را نیز مطرح کند که البته در چنین مواردی مسئولیت جلب رضایت کارفرما به عهده پیمانکار می‌باشد و روش پیشنهادی او باید تمام موارد استاندارد را دربر گیرد.

گاهی اوقات قبل از تثبیت و جامد شدن آسفالت‌های حفاظتی (مانند سیلکوت) ممکن است در اثر گرما سطح روسازی در معرض قیرزدگی قرار گیرد. در بروز پدیده قیرزدگی مواد تشکیل‌دهنده آسفالت اغلب بر روی خط‌کشی‌ها اثر می‌گذارند و باعث رنگ

پریدگی دائمی آنها می‌شوند. علاوه بر این، در هنگام اجرا، بالا بودن دمای مواد ترموپلاستیک موجب ذوب شدن و جوش آمدن مواد آسفالت در سطح مواد خط‌کشی می‌شود. در جدول (۵-۱) اثرات منفی روفتادن قیر آسفالت بر خط‌کشی‌های استاندارد نشان داده شده است.

جدول ۵-۱: مشکلات خط‌کشی روی آسفالت‌های سطحی تثبیت (سفت) نشده [۵]

مشکل	دلیل
وجود لکه‌های آسفالت بر روی خط‌کشی	گرمای زیاد مواد مذاب ترموپلاستیک اسپری شده روی سطح رویه آسفالت امولسیون می‌تواند باعث جوش آمدن قیر بر روی سطح خط‌کشی شود (شکل ۷-۱)
پوشیده شدن خط‌کشی با آسفالت	آسفالت کاملاً تثبیت نشده است به سطح مواد خط‌کشی نفوذ کرده و بر آن اثر می‌گذارند (شکل ۸-۱)
لکه‌گیری آسفالت	آسفالت کاملاً پخت نشده است و به سطح خط‌کشی نفوذ کرده و یا اینکه قیر آزاد در سطح راه وجود دارد.



شکل ۷-۱: جوشش آسفالت از میان مواد ترموپلاستیک مذاب [۸]



شکل ۸-۱: اثر آسفالت روی مواد خط‌کشی [۸]

### ۳-۳-۲-۳-۱- تخلخل سطح

وجود تخلخل در سطح موجب افزایش استحکام پیوند مکانیکی بین مواد خط‌کشی و سطح روسازی می‌شود. چسبندگی مواد ترموپلاستیک و سایر خط‌کشی‌های روسازی (اجرا شده به صورت مذاب) به سطوح بتنی از طریق پیوند مکانیکی انجام می‌گیرد. البته، با اینکه تخلخل سطح باعث افزایش استحکام چسبندگی مکانیکی مواد خط‌کشی با سطح روسازی می‌شود ولی، چنانچه میزان تخلخل و زبری سطح زیاد باشد علاوه بر تاثیر منفی بر میزان بازتاب نور برگشتی دوام و ماندگاری سیستم خط‌کشی را نیز کاهش می‌دهد.

### ۳-۳-۱- سایر موارد

#### ۱-۳-۳-۱- آماده‌سازی سطح روسازی

سطح روسازی، قبل از اجرای هر گونه خط‌کشی، باید تمیز و خشک باشد تا امکان برقراری پیوند بین ماده خط‌کشی و سطح رویه راه به وجود آید. برای دستیابی به عملکرد خوب مواد خط‌کشی آماده‌سازی صحیح سطح روسازی، به ویژه برای مواد ترموپلاستیک، مهم است. اغلب، برای تمیز کردن سطح روسازی، قبل از خط‌کشی، از یک ماشین جاروب‌زن استفاده می‌شود. امروزه، برای ارزیابی دمای سطح روسازی و زدودن

رطوبت سطح از وسایل گرم کن مخصوصی که طراحی و به بازار عرضه شده است، استفاده می شود. این وسایل به ویژه برای سطوح بتنی تاثیر بیشتری دارند.

### ۱-۳-۲- سازگاری مواد در خط‌کشی‌های مجدد

عمر مفید تمام مواد خط‌کشی روسازی بعد از مدتی به پایان می‌رسد و در بسیاری از موارد، خط‌کشی مجدد روی خط‌کشی‌های قدیمی مقرون به صرفه تر از برداشتن خط‌کشی‌های موجود است. برای ایجاد پیوندی قوی با چسبندگی مناسب بر روی خط‌کشی‌های قدیمی و افزایش دوام خط‌کشی‌های جدید باید مواد جدید با مواد خط‌کشی قدیمی سازگاری داشته باشند. در جدول (۱-۶) میزان سازگاری مواد مختلف خط‌کشی با یکدیگر آورده شده است. چنانچه ملاحظه می‌شود در اکثر موارد، می‌توان خط‌کشی مجدد را روی مواد مشابه، به جز نوارهای پیش ساخته و علائم برجسته برداشته شده قبل از خط‌کشی مجدد، به کار برد.

جدول ۱-۶: سازگاری مواد مختلف خط‌کشی با یکدیگر [۶]

خط‌کشی مجدد (مواد جدید)								خط‌کشی‌های موجود (مواد قدیمی)
علائم برجسته	متیل متاکریلات	پلی‌اوره اصلاح شده	پلی‌اوره	اپوکسی	نوار پیش ساخته	رنگ سرد	رنگ گرم	
✓	×	×	×	×	×	✓	✓	رنگ گرم
✓	×	×	×	×	×	✓	✓	رنگ سرد
×	×	×	×	×	×	×	×	نوار پیش ساخته
✓	-	-	-	✓	×	✓	✓	اپوکسی
✓	-	-	✓	-	×	✓	✓	پلی‌اوره
✓	-	✓	-	-	×	✓	✓	پلی‌اوره اصلاح شده
✓	✓	-	-	-	×	✓	✓	متیل متاکریلات
×	×	×	×	×	×	×	×	علائم برجسته

✓: سازگار    ×: ناسازگار    -: اطلاعاتی در دست نیست



## ۱-۳-۳- وضعیت هندسی جاده

وضعیت هندسی به شرایطی اطلاق می‌شود که جاده از مسیر مستقیم خود خارج شده است و به دلیل قرار گرفتن در کوهپایه‌ها و دره‌ها اشکال هندسی خاصی به خود می‌گیرد. این قبیل موارد که در کشور به وفور دیده می‌شود شامل حالات زیر است:

- قوسهای افقی و قائم راهها،
- شیبهای سربالایی و سرازیری،
- راهها و جاده‌های مارپیچ، پیچها و محل‌های دور زدن،
- محل‌های توقف،
- تقاطعهای راه‌آهن، عابر پیاده و غیره،
- تغییر تعداد خطوط حرکت راه.

نظر به اینکه، هر یک از شرایط فوق تأثیر خاصی بر راننده و بر کارایی ترافیک در ساعات مختلف دارند باید در هر یک از معابر فوق اطلاعات ویژه‌ای جهت آگاهی به راننده داده شود. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که استفاده از خط‌کشی‌های استاندارد و کاربرد صحیح و به موقع آنها، در محل‌هایی که قبلاً خط‌کشی نشده‌اند، به میزان قابل توجهی حوادث رانندگی را کاهش داده و ترافیک را به حد قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌بخشد. همچنین در این بررسی اثبات شده است که مشخص شدن حریم جاده مانع از انحراف اتومبیل از مسیر درست جاده می‌شود و به این ترتیب، به میزان قابل توجهی از حوادث ناشی از کمبود دید راننده است کاسته می‌شود. البته، در بیشتر نقاط جهان مرز بین جاده و شانه‌خاکی طرفین، به غیر از خط‌کشی، با استفاده از آسفالت‌های با دانه‌بندی درشت‌تر از جاده اصلی و با پهنای حداقل یک متر مشخص می‌شود. این نوع آسفالت باعث می‌شود که راننده خسته‌ای که کیلومترها رانندگی کرده است و خط‌کشی حریم انتهای جاده چندان حالت هشدار دهنده‌ای برایش نداشته، با ورود به این منطقه و ایجاد تکان‌های شدید احساس خطر کرده و مسیر حرکت خود را تصحیح کند.

## ۱-۴- انواع رنگ‌ها و مواد مصرفی در خط‌کشی‌ها

مطابق با کتاب راهنمای تجهیزات کنترل ترافیک (MUTCD) و استاندارد EN 1436،

مواد مصرفی در خط‌کشی‌ها باید در تمام طول عمر مفید خود، از یک فام رنگی مشخص برخوردار بوده و دوام قابل قبولی داشته باشند [۴ و ۷]. تقسیم‌بندی مواد اولیه مورد استفاده در خط‌کشی‌های روسازی‌ها، بر اساس زمان خشک شدن، میزان کارایی و دوام، میزان انعکاس نور و همچنین ساختار شیمیایی انجام می‌شود. ولی آنچه در موضوع خط‌کشی‌ها و وجود دارد این است که مسائل مربوط به هزینه‌های خط‌کشی و تجدید اجرای آنها پس از گذشت زمان مشخص می‌باشد.

تقسیم‌بندی مواد خط‌کشی بر اساس میزان دوام و پایداری در هنگام سرویس‌دهی به

صورت زیر انجام می‌شود:

۱- خط‌کشی‌های کم دوام<sup>۱</sup> و ناپایدار مانند رنگ‌های ترافیک سرد معمولی بر پایه

رزین‌های الکید و اکریلیک،

۲- خط‌کشی‌های بادوام و پایدار مانند ترموپلاستیک‌ها و سیستم‌های دو جزئی

(اکریلیک دو جزئی یا پلاستیک سرد، اپوکسی، پلی‌استر، پلی‌یورتان، پلی‌اوره

و ...) و نوارهای خط‌کشی پیش‌ساخته<sup>۲</sup>،

۳- علائم برجسته روسازی‌های قابل برف‌روبی<sup>۳</sup>.

"خط‌کشی با رنگ سرد"، خط‌کشیهایی است که در دمای محیط اجرا شده و

ترکیبات آنها بر پایه رزین‌های الکید، الکید اصلاح شده، کلرکائوچو و اکریلیک‌های معمولی

می‌باشد. این گروه از مواد خط‌کشی معمولاً در دسته "کم دوام‌ها" طبقه‌بندی می‌شوند.

سیستم‌های دو یا چند جزئی مانند اپوکسی‌ها، پلی‌یورتان‌ها، پلی‌استرها و اکریلیک‌های دو

جزئی نیز، به دلیل شرایط اجرا، در مجموعه خط‌کشی‌های سرد قرار دارند. "خط‌کشی با

۱ - خط‌کشیهای کم دوام خط‌کشیهایی هستند که عمر سرویس‌دهی آنها کوتاه می‌باشد، در حالی که مواد خط‌کشی موقت

(Temperary) فقط در یک محدوده زمانی مشخص استفاده شده و سپس از سطح روسازی برداشته می‌شوند.

2- Preformed Tape

3- Raised Pavement Markers (RPM)

رنگ گرم" که در دمای بالا اجرا می‌شود و همراه با سیستمهای دو یا چند جزئی (اپوکسی‌ها، پلی یورتان‌ها، پلی استرها و اکریلیک‌های جدید و ..) در گروه "بادوام‌ها" قرار دارد. زمان خشک شدن رنگ رابطه مستقیمی با دمای اجرای آن دارد و می‌تواند به عنوان یک روش طبقه‌بندی مورد توجه قرار گیرد. در هنگام اجرا، زمان خشک شدن از عواملی از قبیل شرایط جوئی، ترکیب شیمیایی رنگ، دمای سطح روسازی، سرعت وزش باد و ضخامت خط‌کشی تاثیر می‌پذیرد. طبقه‌بندی رنگهای ترافیکی، برحسب زمان خشک شدن، به صورت زیر می‌باشد [۱۲ و ۱۳]:

- معمولی<sup>۱</sup>: شامل رنگهای ترافیک سرد با یک ویسکوزیته استاندارد که برای خشک شدن به بیش از ۷ دقیقه زمان نیاز دارند.
- سریع خشک‌شونده<sup>۲</sup>: شامل رنگهای ترافیک گرم که طی زمان ۲ تا ۷ دقیقه خشک شده و به حالتی می‌رسند که اثری بر سطح آنها بر جای نمی‌ماند.
- بسیار سریع خشک‌شونده<sup>۳</sup>: شامل رنگهای ترافیک گرم که طی ۳۰ تا ۱۲۰ ثانیه خشک شده و به حالتی می‌رسند که اثری بر سطح آنها به جای نمی‌ماند.
- آنی خشک‌شونده<sup>۴</sup>: شامل رنگهای گرمی که در کمتر از ۳۰ ثانیه خشک می‌شوند.

#### ۱-۴-۱- انواع رنگ سرد معمولی

رنگ سرد متداول (پایه حلالی و یا پایه آبی)، هسته اصلی سیستم خط‌کشی راههای کشور را تشکیل می‌دهد و به طور کلی از اجزای اصلی پیونده<sup>۵</sup> (ماده پایه)، پیگمنت (برای ایجاد فام رنگی) و حلال (آب یا حلال‌های آلی) تشکیل شده است. در مواردی که نیاز به خاصیت بازتاب نور برگشتی باشد از دانه‌های شیشه‌ای<sup>۶</sup> در ترکیب رنگ ترافیک استفاده می‌شود. در بسیاری از موارد، رنگ‌های ترافیک را بر اساس ماده اصلی به

- 
- 1- Conventional
  - 2- Fast Dry
  - 3- Quick Dry
  - 4- Instant Dry

- پیونده: ترکیب اصلی یک ماده پوششی است و نقش ایجاد فیلم یکنواخت و پیوسته را بر عهده دارد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، زمان خشک شدن و دوام یک رنگ متأثر از نوع پیونده به کار رفته در تهیه آن می‌باشد.

- 6- Glass Bead

کار رفته در ساختار شیمیایی آن، یعنی پیونده، تقسیم‌بندی می‌شوند. بر این اساس رنگهای ترافیکی سرد را می‌توان به گروههای عمده زیر تقسیم کرد:

۱. روغنهای<sup>۱</sup> (رزین الکید)
۲. الئو رزین‌ها<sup>۲</sup> (رزینهای الکید اصلاح شده با روغنهای خشک شونده)
۳. ترکیبات پایه لاستیکی<sup>۳</sup> (لاستیکهای کلردار)
۴. رنگهای لاتکس و یا پایه آبی
۵. رنگهای اکریلیکی پایه حلالی

#### ۱-۱-۴-۱- رنگ سرد بر پایه الکید و الکیدهای اصلاح شده

پیونده به کار رفته در این گونه رنگها معمولاً الکیدها و لاستیکهای طبیعی کلردار (کلر و کائوچو) هستند که پس از تبخیر حلال بر اثر جذب اکسیژن از محیط و انجام واکنش‌های اتواکسیداسیون به یک فیلم جامد تبدیل می‌شوند. دوام بسیار کم و همچنین استفاده از حلالهای نفتی، که تاثیر منفی بر روی محیط زیست دارد، باعث گردیده که در سالهای اخیر به تدریج به کارگیری رنگهای سرد پایه حلالی کاهش و استفاده از رنگهای سرد پایه آبی و مواد ترموپلاستیک گرم افزایش یابد. رنگهای ترافیکی الکید می‌شود مصرف در خط‌کشی‌های سرد به فام‌های سفید و زرد موجود هستند و معمولاً با استفاده از سیستم پاشش اسپری معمولی و اسپری بدون هوا (ایرلس) برای خط‌کشی روسازی‌های آسفالت به کار می‌روند. در مواردی که به خاصیت بازتاب بیشتری نیاز باشد، از دانه‌های شیشه‌ای به نسبت ۵۵۰ گرم دانه‌های شیشه‌ای به ازای هر لیتر رنگ اسپری شده بر سطح روسازی جاده استفاده می‌شود.

معمولاً رنگهای ترافیک بر پایه رزینهای الکید (اصلاح شده و نشده)، ارزانتترین مواد خط‌کشی هستند. این نوع رنگها معمولاً حاوی ۱۸ درصد وزنی رزین الکید، ۲۵ درصد وزنی دانه‌های شیشه‌ای، ۲۵ درصد وزنی فیلر و ۳۲ درصد وزنی پیگمنت و اکستندر

---

1- Oils  
2- Oleoresins  
3- Rubber Base

در فیلم خشک می‌باشد. به علت قیمت مناسب و سرعت خشک شدن نسبتاً سریع آنها این نوع مواد علی‌رغم دوام بسیار کم، هنوز هم به طور گسترده‌ای در خط‌کشیهای سرد استفاده می‌شوند.

#### ۱-۴-۲- رنگهای سرد بر پایه رزینهای کلروکائوچو (الکید اصلاح شده با کلروکائوچو)

رنگهای ترافیک بر پایه رزین کائوچوی طبیعی کلرینه شده سیستمهایی هستند که با تغییر در ماده پایه برای افزایش دوام و ماندگاری به کار می‌روند. این ماده از سال ۱۹۶۶ در دسترس بوده و امروزه یکی از پرمصرف‌ترین رنگهای ترافیکی سرد پایه حلالی می‌باشد. این نوع رنگ ترافیکی، از رزینهای الکید که با نوع خاصی از اسیدهای چرب و یا رزین الکید بلند روغن که به نسبت ۱ به ۵ با رزین کلروکائوچو اصلاح شده، ساخته شده‌اند. علاوه بر جزء رزینی، مقدار مناسبی از نرم‌کننده، خشک‌کن‌ها و بر حسب نوع فام رنگی پیگمنت و فیلر در ترکیب آنها وجود دارد.

رنگهای ترافیک بر پایه رزین کائوچوی طبیعی کلرینه شده پس از خشک شدن، سخت و شکننده می‌شوند و دارای ثبات سایشی بسیار پائینی هستند. در مقایسه با الکیدهای اصلاح شده به کارگیری و اجرای رنگهای کلروکائوچو، به علت زمان خشک شدن نسبتاً طولانی، در نواحی با حجم ترافیک بالا یا دارای ترافیک پیچیده غیر عملی می‌باشد. در جاده‌هایی با بار ترافیکی متوسط، معمولاً پس از گذشت حدود سه ماه از خط‌کشی، حدود ۵۰ درصد رنگ از سطح روسازی پاک می‌شود. به علت دوام ضعیف و مشکلات زیست محیطی (ناشی از رهاسازی حلال در محیط) از این نوع سیستم کمتر در خط‌کشی‌های محوری جاده‌ها استفاده می‌شود.

#### ۱-۴-۳- رنگهای سرد بر پایه رزینهای اکریلیک پایه حلالی

فرمولاسیون رنگ ترافیکی، بر پایه رزینهای اکریلیک پایه حلالی، با نام "ترموپلاستیک سرد" شناخته می‌شود که بسیار مشابه با فرمولاسیون رنگهای اکریلیکی مورد مصرف در صنایع ساختمانی است. مشخصات فنی رنگهای ترافیکی اکریلیکی سرد در استاندارد ملی

ایران به شماره ۳۷۵۸ آورده شده است [۱۴]. این رنگ برای خط‌کشی روی رویه‌های آسفالته و بتنی استفاده می‌شود. معمولاً قابلیت اجرا با دستگاه‌های رایج و در شرایطی که سطح جاده رطوبت بسیار کمی دارد و یا هوا بسیار سرد است را دارد. اکریلیک‌های ترموپلاستیک یا پایه حلالی برای خط‌کشی‌های موقت نیز کاربرد دارند.

سرعت بالای خشک شدن، مقاومت شیمیایی خوب، چقرمگی مناسب، چسبندگی مناسب روی سطح رنگ‌های قدیمی و گچی شده و پایداری نوری بالا از جمله ویژگی‌های رنگ ترافیکی پایه اکریلیکی است. رنگ‌های اکریلیکی مانند رنگ‌های بر پایه کلرکائوچو در برابر آسیب‌های شیمیایی مقاوم می‌باشند. این نوع مواد عموماً مقاوم‌تر از رنگ‌های پایه حلالی الکیدی هستند. رنگ اکریلیک در شرایط نامناسب مانند دماهای بسیار کم و یا بسیار زیاد و شرایط مرطوب، خواص اجرایی مناسبی دارد. در چنین شرایطی رنگ‌های اکریلیکی پایه حلالی بهتر از رنگ‌های اکریلیکی پایه آبی عمل می‌کنند.

#### ۱-۴-۱-۴- رنگ‌های سرد پایه آبی

رنگ‌های پایه آبی لاتکس نوعی از رنگ‌های ترافیکی هستند که مصرف آنها با سرعت آرامی در سیستم خط‌کشی روسازی رو به افزایش می‌باشد. در رنگ سرد پایه آبی از آب به عنوان رقیق‌کننده و یا حلال رنگ استفاده می‌شود. این رنگ، به عنوان یک جایگزین مناسب رنگ سرد پایه حلالی مطرح شده است زیرا، دارای ترکیبات آلی فرار<sup>۱</sup> (VOCs) مانند حلال‌های آلی نظیر تولوئن یا سایر تینرها، بسیار کمی می‌باشد. وجود حلال‌های آلی علاوه بر هزینه بر بودن مسائل زیست محیطی فراوانی را به دنبال دارد. به همین دلیل در کشورهای پیشرفته استفاده از رنگ‌های فاقد ترکیبات آلی فرار (VOCs) حداقل مانند اکریلیک‌های پایه آبی لاتکس، در سطح جاده‌ها، در دستور کار متولیان امر خط‌کشی قرار گرفته است.

1- Volatile Organic Compounds (VOCs)

در حال حاضر، رنگ سرد پایه آبی کمی گرانتر از رنگهای پایه حلالی است. همچنین زمان خشک شدن این نوع سیستم‌ها نسبت به رنگهای پایه حلالی طولانی‌تر است. بیشتر رنگهای سرد پایه آبی موجود، بر پایه اکریلیک‌ها و رزین‌های لاتکس فرموله شده‌اند. رنگهای اکریلیک پایه آبی به جز در قسمتهای عبور عابر پیاده و نواحی پر ترافیک تقاطعهای شهری، در مکانهایی مانند جاده‌هایی با ترافیک سبک و خطوط کناری راهها نیز کاربردهای فراوانی دارند. در مناطقی که از لحاظ شرایط آب و هوایی دارای زمستانهای سخت و پر برف می‌باشند و برف روبی با استفاده از مقادیر زیادی نمک و شن انجام می‌شود به کاربری رنگهای اکریلیکی چندان مناسب نیست. زیرا چنین شرایطی برای رنگهای ترافیک اکریلیکی بسیار مخرب است. در مرحله اول دانه‌های شیشه‌ای، لایه پوشش را پاره کرده، سپس تردد خودروها، همراه با شن و نمک باقیمانده، باعث از بین رفتن خطوط رنگ باقیمانده می‌شود. در اکثر نواحی، با ترافیک متوسط تا سنگین، خط‌کشی‌های انجام شده نیازهای ایمنی اولیه را حتی تا پایان فصل زمستان هم برآورده نمی‌سازند [۱۲].

زمان خشک شدن به طور قابل توجهی تحت تأثیر شرایط آب و هوایی قرار دارد. تغییرات دمایی و رطوبتی عواملی هستند که موجب بروز محدودیت در اعمال خط‌کشی راهها می‌شوند. برای یک اکریلیک پایه آبی متداول زمان خشک شدن بین ۱۰ دقیقه (گرم، خشک، نسیم‌دار) تا ۲ ساعت (سرد، مرطوب، بدون نسیم) متغیر است. برای یک اکریلیک پایه آبی سریع خشک شونده زمان خشک شدن بین ۵ دقیقه (گرم، خشک، نسیم‌دار) تا ۴۰ دقیقه (سرد، تر، بدون نسیم) متغیر است. از سوی دیگر، اثر باد (سرعت هوای روی زمین) قابل توجه بوده زیرا وقتی سرعت از ۸ متر در دقیقه به ۶۹ متر در دقیقه می‌رسد، زمان خشک شدن با ضرب ۳ کاهش می‌یابد.

#### ۱-۴-۲- رنگ ترموپلاستیک (خط‌کشی گرم)

بیش از ۳۰ سال است که جستجو برای یافتن مواد خط‌کشی بسیار بادوام، به عنوان جایگزین رنگ سرد معمول، ادامه دارد. از جمله دلایل روند رو به رشد استفاده از مواد ترموپلاستیک می‌توان به قابلیت کاربری فوری، دوام بسیار زیاد و پتانسیل حفظ اقتصاد و امنیت ترافیکی اشاره کرد. این نوع مواد از اگریتها، پیگمنتها، پیونده، دانه‌های شیشه‌ای و

اکستندرها تشکیل شده اند و در اثر حرارت نرم شده و به محض سرد شدن سخت می شوند. با وجود اینکه هزینه خط‌کشی‌های گرم حدود دو تا سه برابر هزینه رنگ سرد است، اما، به دلیل دوام زیاد و افزایش میزان دید در حد قابل توجه، این مواد در بسیاری موارد به عنوان جایگزین بسیار مناسبی مطرح می‌باشند.

تفاوت عمده رنگ گرم با رنگ سرد، نیاز به دمای نسبتاً بالا برای اجرای خط‌کشی است. تفاوت دیگر آنها با رنگ سرد برگشت ناپذیری رنگ سرد پس از تبخیر آب یا حلال و تشکیل فیلم جامد می‌باشد، درحالی که مواد، ترموپلاستیک اگر مجدداً تا دمای اعمال اولیه حرارت ببینند مجدداً به مایع تبدیل می‌شوند.

فواصل طولانی‌تر تجدید خط‌کشی و حصول ضخامت زیاد با یک بار خط‌کشی از جمله مزایای رنگ گرم نسبت به رنگ سرد می‌باشد. بنابراین با وجود اینکه مواد رنگ گرم ممکن است چند برابر گرانتر از رنگ سرد باشند ولی در صورت اجرای صحیح، مقرون به صرفه خواهند بود. مزیت دیگر این مواد نسبت به رنگ سرد قابلیت ایجاد مسیر نمایشی ثابت در جاده است. به دلیل عمر سرویس دهی کوتاه از رنگ سرد، نمی‌توان از آن به عنوان مسیر نماهای ثابت جاده نام برد. به عبارتی در یک فاصله زمانی معین از زمان استهلاک مواد خط‌کشی کم دوام، تا اجرای مجدد خط‌کشی، راه یا مسیر بدون خط‌کشی خواهد بود. به طور کلی از سه نوع: رزینهای الکید، هیدروکربنی و اپوکسی در خط‌کشی‌های ترموپلاستیک گرم استفاده می‌شود.

مواد ترموپلاستیک کاربردی مشابه با رنگهای ترافیکی معمولی را دارند. راهنمای کاربردی ارائه شده در MUTCD، که شامل رنگهای استاندارد، ابعاد، طرح و مکان قرارگیری خطوط ترافیکی است برای ترموپلاستیکها نیز کاربرد دارد. تجربه نشان داده که برخی از رنگی ترموپلاستیک در بعضی از مواد بهتر از سایر مواد عمل می‌کنند [۵]. مواد ترموپلاستیک هیدروکربنی را نباید برای خط‌کشیهای عرضی استفاده کرد، زیرا ریزش مواد روغنی و سوختی، روی خط‌کشی، موجب حل شدن و تخریب آنها می‌شود [۸]. همین مسئله استفاده از آنها را در خط‌کشی تقاطعها و محل‌های توقف محدود می‌کند. تصمیم‌گیری



در مورد استفاده از مواد ترموپلاستیک باید براساس ویژگیهای مکانی و خصوصیات مواد مورد استفاده نسبت به میزان افزایش هزینه صورت پذیرد.

به دلیل طولانی بودن عمر سرویس دهی و همچنین مشکلات ناشی از چسبندگی قوی ترموپلاستیکهای دائمی در زمان برداشتن از سطح روسازی، دقت در اجرای آنها اهمیت خاصی دارد. ایجاد تغییر در شکل و الگوی خط‌کشی با این مواد باید حداقل باشد. برنامه‌های حفظ و نگهداری و همچنین بازسازی راه از جمله مسائلی هستند که می‌توانند بر برنامه زمان بندی عملیات خط‌کشی توسط مواد ترموپلاستیک تاثیر سوء داشته باشند.

#### ۱-۲-۴-۱- مواد ترموپلاستیک بر پایه رزینهای الکییدی و هیدروکربنی

رزینهای هیدروکربنی از مواد نفتی و رزینهای الکییدی از چوب مشتق شده‌اند و در حال حاضر از ترموپلاستیکهای هیدروکربنی فقط در شرایط خاص استفاده می‌شود. مقایسه دو نوع مواد ترموپلاستیک الکییدی و هیدروکربنی در جدول (۱-۷) آورده شده است. ترموپلاستیکهای الکییدی و هیدروکربنی معمولاً حاوی ۱۸ درصد وزنی رزین، ۲۵ درصد وزنی دانه‌های شیشه‌ای، ۲۵ درصد وزنی فیلر و ۳۲ درصد وزنی پیگمنت و اکستندر می‌باشند. مواد ترموپلاستیک و رنگ الکییدی دارای ترکیب و اجزای مشابهی هستند (رزین الکید، دانه‌های شیشه‌ای، پیگمنت، اکستندر و فیلر). اما به هر حال رنگ الکییدی با استفاده از یک حلال مناسب (حلال‌های آلی) به صورت یک فیلم نازک بر سطح روسازی اجرا می‌شود، در حالی که مواد ترموپلاستیک با استفاده از حرارت و با ضخامت نسبتاً زیاد بر سطح روسازی قرار می‌گیرد. مواد ترموپلاستیک که با روش اسپری، اسکرید و اکستروژن اجرا می‌شوند مزایای عمده‌ای نسبت به رنگهای ترافیکی پایه آبی و حلالی دارند. مواد ترموپلاستیک سرعت خشک شدن سریع‌تر، ماندگاری طولانی‌تر و بازتاب نور برگشتی بیشتری نسبت به رنگهای ترافیکی دیگر دارند اما در مقابل نیاز به هزینه بالاتر و تجهیزات ویژه برای اجرا دارند.

جدول ۱-۷: مقایسه انواع مواد خط‌کشی گرم (ترموپلاستیک) [۱۳]

نوع مواد		ویژگی
الکید	هیدروکربن	
چوب	مواد نفتی	منبع رنگ پایه
تقریباً ۲۱۶°	تقریباً ۲۱۶°	دمای اجرا (سانتی گراد)
ندارد	دارد	حلالیت در روغن
کمتر	بیشتر	حساسیت به گرما
نامناسب	مناسب	حساسیت به تغییرات در هنگام اجرا
بیشتر	کمتر	دوام (در شرایط مشابه)
تا ۵ سال	تا ۵ سال	عمر مورد انتظار تحت شرایط عادی

#### ۱-۴-۲-۲- اپوکسی ترموپلاستیک

اپوکسی ترموپلاستیک (ETP) یک ماده خط‌کشی روسازی است که از رزینهای اپوکسی ترموپلاستیک، پیگمنت، پرکننده و دانه‌های شیشه‌ای تشکیل شده است و بر خلاف اپوکسی‌های ترموست، برای تشکیل فیلم جامد، نیازی به سخت‌کننده ندارد. علی‌رغم نسبت بالای هزینه - عمر سرویس‌دهی در سیستم‌های ETP، اخیراً تمایلاتی برای استفاده از این مواد، برای خط‌کشی روسازی‌ها، صورت پذیرفته است. طبق برآوردهای انجام گرفته، مواد اپوکسی در مقایسه با رنگهای ترافیک الکید، تحت شرایط مشابه از نظر حجم ترافیک و شرایط آب و هوایی، دارای ماندگاری حدود شش برابر می‌باشند [۱۳]. در حالی که هزینه این نوع مواد حدود ۴/۵ الی ۵ برابر رنگ‌های سرد الکید است. چنانچه نسبت فوق قابل حصول باشد، ETP‌های سریع خشک شونده می‌توانند جایگزین‌های مناسبی برای رنگ‌های ترافیک متداول باشند. ETP به روش اسپری داغ در دمای ۲۱۷ الی ۲۳۲ درجه سانتی گراد اجرا می‌شود و به طور همزمان پاشش دانه‌های شیشه‌ای روی خط‌کشی انجام می‌گیرد. در یک شرایط مشخص، ۵ ثانیه به عنوان زمان تشکیل فیلم بدون خاصیت ردگذاری در شرایط اجرا اندازه‌گیری شده است. برای حصول چنین زمان بسیار کوتاهی

لازم است تا دانه‌های شیشه‌ای نیز از قبل گرم شوند که این مسئله باعث می‌شود تا دانه‌های شیشه‌ای عمق مناسب در داخل لایه پوشش را بدست آورند. ضخامت لایه خط‌کشی بین ۴۰۰ الی ۶۴۰ میکرون متغیر است. ETP را می‌توان برای هر دو نوع رویه آسفالتی و بتنی، بدون استفاده از آستر به کاربرد. برای تغییر سیستم‌های خط‌کشی موسوم به اپوکسیهای ترموپلاستیک نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه نسبتاً بالایی می‌باشد.

### ۱-۴-۳- سایر رنگهای مصرفی در خط‌کشی‌ها

علاوه بر رنگهای سرد معمولی، مواد ترموپلاستیک و نوارهای پیش ساخته مواد دیگری هم با کاربرد کمتر برای خط‌کشی جاده‌ها به کار می‌روند. این گونه مواد در راستای حل مشکلات مربوط به غیر قابل پذیرش بودن قیمت بالا و توجه به مسائل زیست محیطی برخی از مواد خط‌کشی مطرح شده‌اند. این مواد ممکن است بر اساس متغیرهای مسیر نمایی، در یک منطقه خاص، مورد استفاده قرار گیرند. برای مثال، رنگ سرد پایه آبی اغلب برای استفاده در شرایط با رطوبت بالا توصیه نمی‌شوند. مواردی مشابه برای هر یک از مواد توضیح داده خواهد می‌شود.

#### • رنگ پلاستیک سرد

این رنگ بر پایه پلیمر متیل متاکریلات فرموله می‌شود و به عنوان یک ماده غیر سمی، واکنش دهنده در محیط اجرا، دو جزئی و پخت شونده در دمای معمولی معرفی و عرضه شده است. استفاده از واژه سرد (رنگ پلاستیک سرد) نیز به این دلیل است که اجرای خط‌کشی، تثبیت و سخت شدن مواد در دمای معمولی صورت می‌گیرد. طبق توصیه سازندگان، این مواد با نسبت اختلاط ۴ به ۱ رزین به کاتالیزور بر سطح جاده اجرا می‌شوند. این نوع مواد، صددردصد جامد بوده و دقیقاً قبل از اجرا، عمل اختلاط مواد اولیه با یکدیگر در یک همزن انجام می‌پذیرد. این مواد را می‌توان با اسپری یا با فرآیند اکستروژن اجرا کرد. واکنش اختلاط، در زمان خط‌کشی، یک واکنش گرمازا است. با سرد شدن مواد، فرآیند چسبندگی به سطح روسازی انجام می‌گیرد.

### • رنگ اپوکسی سرد

رنگ سرد از نوع اپوکسی دو جزئی در اوایل دهه ۱۹۷۰ برای اولین بار در امریکا در مصارف خط‌کشی روسازی به کار گرفته شد. این مواد از نوع خط‌کشی‌های بادوامی بوده که علاوه بر دوام و مقاومت سایشی مناسب، قابلیت به کارگیری به روش اسپری را داشته و مناسب برای هر دو نوع سطح آسفالت قیری و بتن سیمانی پرتلند است. نکات مهم در فرموله کردن چنین موادی شامل تنظیم زمان پخت، چسبندگی و حفظ فام رنگی مناسب می‌باشد. در حال حاضر، انواع متنوعی از این مواد با فرمولاسیون‌های مختلف به بازار جهانی عرضه شده است ولی در حال حاضر، در کشور برای خط‌کشی روسازی راهها مصرف نمی‌شوند.

### • پلی‌استرهای جامد

بررسی و استفاده از مواد پلی‌استری برای خط‌کشی راهها در سال ۱۹۷۵ در امریکا آغاز گردید. این مواد برای خط‌کشی جاده‌های آسفالت با حجم ترافیکی متوسط تا زیاد توصیه می‌شوند. در حال حاضر، به دلیل زمان خشک شدن نسبتاً طولانی، تمایل چندانی به استفاده از این مواد وجود ندارد. سازمان حمل‌ونقل میشیگان امریکا با همکاری یکی از سازندگان برجسته مواد خط‌کشی، ماده پلی‌استری جدیدی را که زمان خشک شدن ترافیکی آن حدود ۶۰ ثانیه است را به کار گرفته است. پیش‌بینی می‌شود که پلی‌استرهای سریع خشک شونده در آینده مصرف زیادی پیدا کنند.

### ۱-۴-۱- نوارهای پیش‌ساخته<sup>۲</sup> و علائم برجسته روسازی<sup>۳</sup>

#### ۱-۴-۱-۱- نوارهای پیش‌ساخته

نوارهای پلاستیک سرد مخصوص خط‌کشی راهها به صورت نوارهای طویل در عرضهای متفاوت و به فام‌های رنگی مختلف از قبیل سفید و زرد و با ابعاد گوناگون عرضه

---

1- Dry no Track  
2- Preformed Tapes  
3- Raised Pavement Markers

می‌شوند. از نوارهای پیش ساخته برای خط‌کشی خطوط عابر پیاده، موانع توقف، خط‌نوشته‌ها و سایر کاربردهای ویژه استفاده می‌شود. نوارهای پیش ساخته نیز مانند رنگ ترموپلاستیک گرم، دوام و خصوصیات اجرایی بهتری بر روی آسفالت‌های قیری نسبت به رویه های بتنی دارند. قبل از اجرای نوارهای پیش ساخته باید برآوردی از هزینه‌ها و زمان سرویس‌دهی آنها انجام گیرد. به عبارت دیگر، هزینه بالای اولیه این مواد باید در کنار دوام طولانی در نظر گرفته شود. نوارهای پیش ساخته اغلب نور برگشتی کافی را بازتابش نمی‌کنند. در واقع، علاوه بر هزینه بسیار بالا، این عامل نیز باعث محدودیت در به کارگیری این مواد در خط‌کشی مناطق شهری شده است. معمولاً در مناطقی که خط‌کشی‌هایی در حجم کم و دوام زیاد مورد نظر باشد این نوع خط‌کشی توصیه می‌شود.

از نظر مقایسه دوام، تنها دو نوع خط‌کشی بادوام و موقت برای این نوع سیستمها وجود دارد. تفاوت عمده در این دو نوع نوار خط‌کشی پیش ساخته، ضخامت و روش اتصال یا چسباندن آنها به سطح روسازی است.

#### ۱-۴-۱-۱-۱-۱-۱-۱ - علائم نواری بادوام

کلیه نوارهای خط‌کشی پیش ساخته‌ای که دارای دوام بیش از یکسال باشند تحت عنوان نوارهای خط‌کشی بادوام شناخته می‌شوند. دو نوع عمده مواد پلاستیکی؛ پلی‌یورتان‌ها و پلیمرهای انعطاف‌پذیر در ساخت این نوارها به کار می‌رود.

- پلی‌یورتان‌ها: گروه اول نوارهای پیش ساخته از پلی‌یورتانی می‌باشد که از اکستروژن سرد مواد پلاستیک حاوی دانه‌های شیشه‌ای با یک لایه پوشش نهایی از دانه‌های شیشه‌ای و یا بدون آن تهیه می‌شوند. این مواد معمولاً دارای ضخامتی در حدود ۱۵۰۰ الی ۲۳۰۰ میکرون هستند. برای بهبود چسبندگی به سطح روسازی، این مواد از قبل با چسبهای حساس به فشار پوشش داده می‌شوند و یا اینکه با یک لایه مجزا از چسب به سطح روسازی چسبانده می‌شوند.

- پلیمرهای انعطاف‌پذیر: گروه دوم مواد پلاستیکی اجرای سرد، نوعی از مواد پلیمری هستند که بعضی از اوقات، انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به مواد سرد اکستروود شده دارند. در مواقعی که بازتابش نور برگشتی مورد نیاز باشد، یک پوشش نهائی حاوی دانه‌های شیشه‌ای توصیه می‌شود. ضخامت استاندارد این نوع فیلم‌های نواری از حدود ۷۶۰ الی ۱۵۰۰ میکرون متغیر می‌باشد. این نوع نوارهای پلیمری انعطاف‌پذیر معمولاً همراه با یک لایه چسب حساس به فشار، برای ایجاد خود-چسبی و یا همراه با سیمان تماسی<sup>۱</sup> اجرا می‌شوند.

چنانچه در زمان اجرا، اتصال مناسبی بین نوارهای پیش ساخته و سطح روسازی به وجود آمده باشد برداشتن علائم نواری بادوام مشکل می‌باشد. اگر از زمان نصب علائم زمان طولانی بگذرد، چند روش، مانند سوزاندن در اکسیژن، می‌تواند برای برداشتن علائم مؤثر باشد. حرارت ایجاد شده باعث جدا شدن اتصالات موجود بین لایه چسب و سطح روسازی می‌شود. معمولاً از یک عملیات تراشیدن نیز در کنار این روش استفاده می‌شود. این روش مشابه با روش به کار رفته در گذشته است که در آن مواد به سادگی حرارت داده و سپس به صورت دستی از سطح روسازی تراشیده می‌شدند.

#### ۱-۴-۱-۲- نوارهای پیش ساخته موقت

نوارهای پیش ساخته موقت، معمولاً برای خط‌کشی‌های موقت در محل‌های ساختمانی و در حال ساخت به کار می‌روند. این نوع نوارهای خط‌کشی، نازک‌تر از نوارهای بادوام هستند و معمولاً دارای یک لایه چسب برای ایجاد خاصیت خود چسبی‌اند. این نوارها معمولاً همراه با یک لایه نازک فویل آلومینیومی به بازار عرضه می‌شوند. این مواد را به راحتی می‌توان از سطوح آسفالته و بتنی جدا کرد. جداسازی ممکن است دستی و یا با یک وسیله نوار جمع‌کن و بدون استفاده از حرارت، حلال، ماسه پاشی

---

1- Contact-Cement

و یا تراشیدن انجام گیرد. این مواد خط‌کشی حاوی یک تک لایه حاوی پیونده، پیگمنت و دانه‌های شیشه‌ای می‌باشند که معمولاً بر روی لایه‌ای از فویل فولادی اعمال شده‌اند. دوام نوارهای خط‌کشی پیش ساخته با لایه فویل فلزی، از نوارهای موقت با روشنایی اولیه زیاد ولی کم دوام، تا نوارهای با دوام چندین ساله متغیر می‌باشد. علاوه بر لایه چسب اعمال شده در کارخانه روی نوارهای پیش ساخته، اغلب برای حصول چسبندگی مناسب با سطح روسازی استفاده از آسترهای بهبود دهنده چسبندگی نیز توصیه می‌شود.

#### ۱-۴-۲- علائم برجسته روسازی

علائم برجسته روسازی<sup>۱</sup> (RPMها) در کنار خط‌کشیها و سایر علائم جاده برای مشخص کردن خطوط و تکمیل آنها و جلب توجه رانندگان به کار می‌روند. بخش سوم کتاب «راهنمای تجهیزات کنترل ترافیک» در مورد RPMها به بحث پرداخته و در بخش A ۳-۳ آنها را با عنوان "مواد خط‌کشی" معرفی کرده است. اصول مشابهی از قبیل فام رنگی و کاربردها که بر علائم و خط‌کشیها صادق است در مورد آنها هم به کار می‌رود. در بخش B۳ از فصل‌های ۱۴، ۱۵ و ۱۶ کتاب مذکور شکل و فاصله نصب RPMها برای تکمیل و جایگزینی علائم دیگر به تفصیل بیان شده است [۴].

#### ۱-۴-۵- مقایسه خواص انواع رنگهای مصرفی در خط‌کشی راهها

در جدول (۸-۱) برخی از مزایا و معایب مواد مختلف خط‌کشی که می‌تواند در انتخاب نوع و سیستم خط‌کشی مفید باشد آورده شده است. هر یک از مواد، به جز مواد ترموپلاستیک حرارت داده شده در محل، را می‌توان به صورت خطوط منقطع کوتاه یا ممتد اجرا کرد، گرچه عملکرد در هر مورد متفاوت است. در جدول (۹-۱) مقایسه مختصری در مورد ویژگی هر یک از مواد تشریح شده در این قسمت و در جدول (۱۰-۱) مشخصات عمومی و شرایط بهینه اجرای خط‌کشی‌های سرد و گرم آورده شده است.

1- Raised Pavement Markings

جدول ۱-۸: مقایسه سیستم‌های مختلف مورد استفاده در خط‌کشی راهها

معایب	مزایا	مواد خط‌کشی	
• دوام کم و VOCs بالا	• هزینه اولیه پایین	۱. رنگ پایه حلالی الکیدی	رنگ سرد
• VOCs بالا، • ۱/۵ برابر قیمت الکیدها	• نسبت به رنگ پایه الکیدی، • افزایش چسبندگی، • انعطاف‌پذیری و • مقاومت شیمیایی بهتر	۲. رنگ پایه حلالی کلروکائوچو	
• زمان خشک شدن طولانی (به ویژه در دماهای پائین، حداکثر دوام یکسال)	• VOCs کم، اقتصادی (هزینه اولیه معادل الکید)	۳. رنگ پایه آبی کم دوام	
• نیاز به اصلاح برخی از تجهیزات، • ۱/۵ الی ۲ برابر قیمت رنگ سرد پایه آبی کم دوام	• VOCs کم، • حداقل دوام دو سال، • کمترین هزینه نصب و • قیمت بر سال مناسب نسبت به سایر سیستم‌های بادوام	۴. رنگ پایه آبی بادوام	
• برای سطوح برجسته، زمانی که مقاومت در برابر برف‌روبی نیاز باشد، ضرورت دارد سطح خط‌کشی و سطح روسازی همسان باشد. • ۴ الی ۷ برابر هزینه رنگ سرد • رعایت ایمنی در هنگام اجرا	• دوام سه الی چهار سال	۵. ترموپلاستیک‌ها (انواع مختلف)	رنگ گرم
• مقاومت شیمیایی ضعیف، • شکننده در اثر کاهش دما و حرکت ماشین برف‌روبی • آسیب‌پذیر در مقابل روغن و چربی	• روش اجرای ساده	۶. ترموپلاستیک‌های هیدروکربنی	
• شکننده در دمای پائین و حرکت ماشین برف‌روب،	• مقاومت شیمیایی بهتر	۷. ترموپلاستیک‌های الکیدی	



معایب	مزایا	مواد خط‌کشی	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• شکننده در دمای پائین و حرکت ماشین برف‌روب</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• دوام سه الی چهار سال و اجرای سطحی سریع</li> </ul>	۸. اپوکسی	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• دو برابر هزینه اپوکسی برای سطوح برجسته،</li> <li>• زمانی که به مقاومت در برابر ماشین برف‌روب نیاز باشد، نباید هم سطح روسازی کار گذاشته شوند</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• دوام سه الی چهار سال و ایمنی در هنگام اجرا</li> </ul>	۹. متیل متاکریلات MMA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• پنج برابر هزینه اپوکسی،</li> <li>• با اختلاط مواد اجرا مشکل می‌شود و</li> <li>• نیاز به استفاده از کاتالیزور ایزوسیاناتی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• دوام سه الی چهار سال و مقاوم در برابر زرد شدگی اشعه UV</li> </ul>	۱۰. پلی اوره	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ده برابر قیمت اپوکسی‌ها</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• دوام سه الی چهار سال و ایمنی در هنگام اجرا</li> </ul>	۱۱. نوارهای پیش ساخته	تزیین
<ul style="list-style-type: none"> <li>• پانزده برابر قیمت اپوکسی‌ها برای سطوح برجسته، زمانی که به مقاومت در برابر ماشین برف‌روب نیاز باشد، نباید هم سطح روسازی کار گذاشته شوند</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• بادوام و ایمنی و راحتی در هنگام اجرا</li> </ul>	۱۲. نوارهای پیش ساخته حاوی چسب‌های حساس به فشار	

جدول ۱-۹: خلاصه کاربرد مواد خط‌کشی روی سطوح مختلف روسازی [۵]

رجوع شود به	نیاز به مشخصات استاندارد	نیاز به بستن لاین	نوع سطح روسازی			ماده
			سیلکت	آسفالت	بتن	
فصل چهارم	دارد	خیر	Y	Y	L	خط‌کشی گرم (مواد ترموپلاستیک)
فصل سوم	دارد	بله	Y*	Y*	Y*	خط‌کشی سرد پایه آبی و حلالی
فصل ششم	دارد	بله	N	Y	Y	نوار پیش ساخته
فصل پنجم	دارد	بله	L	Y	Y	اپوکسی
فصل پنجم	دارد	بله	L	Y	Y	پلی اوره
فصل پنجم	دارد	بله	L	L	L	پلی اوره اصلاح شده
فصل پنجم	ندارد	بله	L	L	L	متیل متاکریلات
فصل چهارم	دارد	خیر	N	Y	Y	مواد ترموپلاستیک طرح‌دار

Y=مناسب برای استفاده \* : رجوع شود فصل سوم برای شرایط و حجم ترافیک

N=توصیه نشده است L=استفاده محدود

جدول ۱-۱۰: مشخصات عمومی و شرایط بهینه در اجرای خط‌کشی‌های سرد و گرم

ردیف	مواد خط‌کشی	کاربرد	AADT	عمر مفید (ماه)	ویژگیهای اجرایی		ضخامت (میکرون)	دوختن اجرا
					حداکثر سرعت وزش باد (m/s)	حداقل و حداکثر دمای سطح رویه (°C)		
۱	پایه حلالی	خطوط طولی	کمتر از ۵۰۰۰	۶ الی ۱۲	۵۰-۱۰	۱۰	۳۷۵-۶۲۵	اسپری
								رنگ سرد
۲	پایه آبی	خطوط طولی	کمتر از ۵۰۰۰	۶ الی ۱۲	۵۰-۱۰	۱۰	۳۷۵-۶۲۵	اسپری ایرلس
۳	الکیدی	خطوط طولی و عرضی	بیش از ۵۰۰۰	۱۸ الی ۳۶	۵۰-۱۰	۱۰	۱۵۰۰-۳۰۰۰	اسپری، اسکرید
								رنگ گرم
۴	هیدرو کربنی	خطوط طولی	بیش از ۵۰۰۰	۱۸ الی ۳۶	۵۰-۱۰	۱۰	۱۵۰۰-۳۰۰۰	اکستروژن

### ۱-۵-۵- تطابق نوع خط‌کشی با شرایط آب و هوایی، میزان ترافیک و نوع رویه راه و

#### روسازی

#### ۱-۵-۵-۱- معیارهای انتخاب رنگ و سیستم خط‌کشی

با وجود در دسترس بودن صدها نوع مواد تجاری خط‌کشی و دهها تولید کننده رنگ و مواد خط‌کشی، انتخاب سیستم مناسب خط‌کشی در وهله اول ممکن است بسیار سخت و مشکل به نظر رسد. ولی چنانچه معیارهای اصلی در انتخاب سیستم در نظر گرفته شود، شاید بتوان با اطمینان بیشتری سیستم مناسب را انتخاب کرد. خصوصیات اصلی مورد انتظار از خط‌کشی راهها و نیز برخی از معیارهای اولیه برای انتخاب سیستم و مواد خط‌کشی را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- قیمت مناسب، با توجه به عملکرد مورد انتظار
- استحکام کافی و طول عمر سرویس‌دهی قابل قبول

- قابل رؤیت بودن و بازتاب نور برگشتی مورد انتظار توسط مواد خط‌کشی
- عدم تغییر حالت ظاهری و تغییر رنگ (سیاه‌شدگی و تیره شدن سطح خط‌کشی)
- چسبندگی مناسب مواد خط‌کشی به سطح روسازی جاده
- شرایط جوّی و آب و هوایی منطقه
- تراکم و فشردگی ترافیک
- نوع روسازی، وضعیت رویه راه و سازگاری مواد خط‌کشی با سطح جاده
- نوع راه از قبیل: آزادراهها، بزرگراهها، راههای اصلی، راههای فرعی و راههای روستایی
- ماشین آلات و تجهیزات در دسترس و به کارگیری تجهیزات و روش اجرای صحیح خط‌کشی
- سرعت خشک شدن مورد انتظار از مواد خط‌کشی
- وجود محدودیتهای قانونی و زیست محیطی (مقدار مجاز مواد آلی فرار در ترکیب مواد خط‌کشی)

علاوه بر موارد ذکر شده، مواد خط‌کشی باید دارای خصوصیات مشخصی از قبیل، در زمان خط‌کشی و بعد از اجرای آن باشد. مواد اولیه به کار رفته در ترکیب خط‌کشی، باید در انبار از ثبات فیزیکی و شیمیایی کافی برخوردار باشد. تغییراتی از قبیل تغییر ویسکوزیته، تمایل به ژل شدن، ته‌نشینی و رسوب اجزای جامد ترکیب، رویه بستن و یا تغییر فام رنگی، از جمله عیوبی است که مواد خط‌کشی در زمان انبارداری معین، باید از آنها مبری باشد. در زمان خط‌کشی نیز، اجزا و ساختار مواد باید به گونه‌ای باشد که تعویض ماشین‌آلات اجرا تغییر چندانی روی کیفیت و ظاهر خط‌کشی نگذارند. از جمله خصوصیات که مواد خط‌کشی پس از اجرا باید داشته باشند، مقاومت شیمیایی کافی در برابر خاصیت قلیایی برخی از سطوح آسفالت (بتنی) است. حلالهای به کار رفته در ترکیب (در سیستم‌های پایه حلالی) باید قابلیت نفوذ و حل‌کنندگی جزئی سطح روسازی جاده را جهت بهبود چسبندگی مکانیکی مواد خط‌کشی به روسازی داشته باشند. شایان ذکر است که حلالیت بیش از حد، تراوش قیر موجود در آسفالت به سطح بیرونی خط‌کشی و سیاه

شدن آن را به دنبال خواهد داشت. خط‌کشی باید پس از اجرا در سطوح جاده، مقاومت کافی در برابر عوامل ساینده، حجم ترافیک آن، ترمزهای ناگهانی وسایل نقلیه و شرایط جوئی مانند تابش نور خورشید، دامنه تغییرات دمایی زیاد در شب و روز، باد و بارندگی را داشته باشد.

### ۱-۵-۲- عامل هزینه و دوام

عامل هزینه یکی از پارامترهای مهم و تأثیرگذار در انتخاب سیستم مناسب خط‌کشی می‌باشد. میزان باقیماندن و دوام خط‌کشی نمادی از استحکام یا قدرت پیوند بین سطح روسازی و مواد خط‌کشی است. همچنین میزان بازتاب نور برگشتی، که به عنوان نشانه‌ای از پایداری منظور می‌شود، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. طبیعتاً یک خط‌کشی بادوام در فاصله زمانی طولانی‌تری نیاز به تجدید و جایگزینی دارد و بنابراین مقرون به صرفه‌تر خواهد بود. دوام یک خط‌کشی به عواملی از قبیل نوع و بافت سطحی روسازی، شرایط آب و هوایی، آماده‌سازی سطح، حجم و نوع ترافیک، میزان فعالیت برف‌روب‌ها و حضور ذرات شن و ماسه و سایر ساینده در عملیات اجرایی بستگی دارد. بنابراین در انتخاب مواد مناسب خط‌کشی، عامل هزینه مواد را باید همراه با دوام سیستم و چگونگی انجام خط‌کشی در نظر گرفت. رنگهای پایه آبی یا حلالی علی‌رغم هزینه اولیه پائین، به علت کوتاه بودن عمر سرویس‌دهی خط‌کشی‌ها در مجموع هزینه‌هایی نزدیک به مواد خط‌کشی گرم را دارند.

### ۱-۵-۳- شرایط جوئی

شرایط گردش سالیانه آب و هوایی نیز می‌تواند بر عملکرد طولانی مدت یک خط‌کشی روسازی تأثیر بگذارد. در نواحی با بارش برف سنگین و فعالیت ماشینهای برف‌روب، سایش ناشی از شن پاش و مواد شیمیایی (نمک) سایش بسیار زیادی در علائم خط‌کشی‌ها مشاهده می‌شود. در نواحی گرمسیر، به علت تابش شدید اشعه ماورای بنفش نور خورشید، رنگ پدیدگی و ترک خوردگی مواد خط‌کشی دیده می‌شود. خط‌کشی‌های گرم، بر پایه مواد ترموپلاستیک هیدروکربنی، در مقایسه با مواد ترموپلاستیک الکییدی حساسیت

بیشتری به دما داشته و در نتیجه دوام کمتری در مناطق گرمسیر دارند. بنابراین، چنانچه استفاده از مواد خط‌کشی گرم در مناطق جنوبی کشور مورد نظر باشد، سیستمهای ترموپلاستیک بر پایه الکید توصیه می‌شود. رنگهای اکریلیک پایه آبی به جز در قسمت‌های مخصوص عبور عابر پیاده، نواحی پر ترافیک، تقاطعهای شهری، در سایر موارد (مانند جاده‌هایی با ترافیکی سبک‌تر، همچنین خطوط کناری راهها) کاربردهای فراوانی دارند. در مناطقی که از لحاظ شرایط آب و هوایی دارای زمستانهای سخت و پر برف می‌باشند و با استفاده از مقادیر زیاد نمک و شن، برف‌روبی می‌شوند به کاربرد رنگهای سرد پایه اکریلیکی چندان مناسب نمی‌باشد.

#### ۱-۵-۴- انتخاب مواد خط‌کشی بر حسب نوع روسازی و وضعیت رویه راه

گرچه سعی شده تا جدول‌های انتخاب مواد تا حد امکان کامل بوده و شامل همه مواد باشد، ولی مواد و فرمولاسیون‌هایی نیز وجود دارند که در این تقسیم‌بندی آورده نشده‌اند. در جدول (۱-۱۱)، مواد مناسب برای خط‌کشی رویه‌های از نوع آسفالت گرم، در جدول (۱-۱۲)، مواد مناسب برای خط‌کشی روسازی‌های بتنی و در جدول (۱-۱۳) مواد مناسب برای خط‌کشی آسفالت‌های حفاظتی معرفی شده‌اند. در جدولی (۱-۱۴) الی (۱-۱۸) راهنمایی‌هایی در خصوص انتخاب نوع مواد خط‌کشی بر حسب شرایط راه، وضعیت روسازی، نوع راه و میزان تردد آورده شده است.

#### ۱-۵-۵- سرعت خشک شدن

امروزه می‌توان رنگهای ترافیک را طوری فرمول بندی کرد که در زمان بسیار کوتاهی خشک شوند. زیرا، در بسیاری موارد که امکان مسدود کردن راه برای زمان طولانی مقدور نیست، زمان خشک شدن خط‌کشی عامل مهمی در انتخاب نوع رنگ می‌باشد. بیشتر اپراتورهای خط‌کشی فکر می‌کنند که زمان خشک شدن سریع برای رنگ بهتر است. ولی در حقیقت، زمان خشک شدن سریع نباید به عنوان تنها عامل انتخاب رنگ در نظر گرفته شود. زیرا در صورت خشک شدن بسیار سریع، زمان لازم برای نفوذ مواد به داخل منافذ

روسازی و خیس شدن سطح توسط مواد خط‌کشی وجود ندارد. بنابراین برای رسیدن به بهترین راندمان، در بعضی از شرایط ممکن است استفاده از رنگهایی که آهسته‌تر خشک می‌شوند مناسب‌تر باشد (مثل خط‌کشی پارکینگ‌ها و راه‌های فرعی).

جدول ۱-۱۱: راهنمای انتخاب مواد خط‌کشی بر رویه‌های آسفالت گرم [۸]

عمر مفید باقیمانده روسازی			مشخصات ترافیک (میزان میانگین تردد روزانه)
بیش از ۴ سال	۲-۴ سال	۰-۲ سال	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• رنگ سرد،</li> <li>• ترموپلاستیک گرم،</li> <li>• اپوکسی<sup>۲</sup>،<sup>۳</sup></li> <li>• یورتان اصلاح شده<sup>۲</sup>،</li> <li>• پلی‌اوره<sup>۲</sup>،</li> <li>• متیل متاکریلات<sup>۳</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ رنگ سرد (پایه آبی و یا حلالی)،</li> <li>○ ترموپلاستیک گرم</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ رنگ سرد (پایه آبی و یا حلالی)</li> </ul>	AADT < 2000
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ترموپلاستیک گرم،</li> <li>• نوار پیش‌ساخته،</li> <li>• اپوکسی،</li> <li>• پلی‌اوره،</li> <li>• یورتان اصلاح شده،</li> <li>• متیل متاکریلات</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>○ رنگ سرد،</li> <li>○ اپوکسی،</li> <li>○ یورتان اصلاح شده،</li> <li>○ پلی‌اوره،</li> <li>○ متیل متاکریلات</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>▪ رنگ سرد (پایه آبی و حلالی)</li> </ul>	2000 < AADT < 5000
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ترموپلاستیک گرم،</li> <li>• نوار پیش‌ساخته،</li> <li>• اپوکسی<sup>۲</sup>،<sup>۳</sup></li> <li>• پلی‌اوره<sup>۲</sup>،</li> <li>• یورتان اصلاح شده<sup>۲</sup>،</li> <li>• متیل متاکریلات<sup>۳</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>○ رنگ سرد،</li> <li>○ اپوکسی<sup>۲</sup>،<sup>۳</sup></li> <li>○ یورتان اصلاح شده<sup>۲</sup>،</li> <li>○ پلی‌اوره<sup>۲</sup>،</li> <li>○ متیل متاکریلات<sup>۳</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>▪ رنگ سرد (پایه آبی و یا حلالی)</li> </ul>	1000 < AADT < 10000
<ul style="list-style-type: none"> <li>• نوار پیش‌ساخته،</li> <li>• ترموپلاستیک گرم،</li> <li>• اپوکسی<sup>۲</sup>،<sup>۳</sup></li> <li>• پلی‌اوره<sup>۲</sup>،</li> <li>• یورتان اصلاح شده<sup>۲</sup>،</li> <li>• متیل متاکریلات<sup>۳</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>○ نوار پیش‌ساخته،</li> <li>○ اپوکسی<sup>۲</sup>،<sup>۳</sup></li> <li>○ پلی‌اوره<sup>۲</sup>،</li> <li>○ یورتان اصلاح شده<sup>۲</sup>،</li> <li>○ متیل متاکریلات<sup>۳</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>▪ اپوکسی<sup>۲</sup>،<sup>۳</sup></li> <li>▪ یورتان اصلاح شده<sup>۲</sup></li> </ul>	AADT > 10000
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ترموپلاستیک گرم،</li> <li>• اپوکسی<sup>۲</sup>،<sup>۳</sup></li> <li>• پلی‌اوره<sup>۲</sup>،</li> <li>• یورتان اصلاح شده<sup>۲</sup>،</li> <li>• متیل متاکریلات<sup>۳</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>○ اپوکسی<sup>۲</sup>،<sup>۳</sup></li> <li>○ پلی‌اوره<sup>۲</sup>،</li> <li>○ یورتان اصلاح شده<sup>۲</sup>،</li> <li>○ متیل متاکریلات<sup>۳</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>▪ اپوکسی<sup>۲</sup>،<sup>۳</sup></li> <li>▪ یورتان اصلاح شده<sup>۲</sup></li> </ul>	تردد وسایل نقلیه سنگین

۱. می‌توان مواد را برای خطوط کوتاه یا بلند به کار برد- به جز مواد دو جزئی که فقط برای خطوط طولانی قابل استفاده می‌باشند،  
 ۲. اپوکسی‌ها، به طور خاص، برای خط‌کشی روسازی با کیفیت و دوام بالا فرموله شده‌اند،  
 ۳. ماده تجربی.  
 توجه: ممکن است مواد برای خطوط کوتاه یا طولانی به کار روند. به جز مواد دو جزئی (اپوکسی، یورتان اصلاح شده، پلی‌اوره) که فقط برای خطوط طولانی بکار می‌رود.

جدول ۱-۱۲: راهنمای انتخاب مواد خط‌کشی (انواع رنگ‌ها) بر رویه‌های بتنی [۸]

عمر مفید باقیمانده روسازی			مشخصات ترافیک (میزان میانگین تردد روزانه)
پیش از ۴ سال	۲-۴ سال	۰-۲ سال	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• اپوکسی،</li> <li>• ترموپلاستیک گرم (فرمولاسیون بتن)،</li> <li>• یورتان اصلاح شده،</li> <li>• رنگ سرد (پایه آبی یا حلالی)،</li> <li>• متیل متاکریلات</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ اپوکسی،</li> <li>○ ترموپلاستیک گرم (فرمولاسیون بتن)،</li> <li>○ رنگ سرد (پایه آبی یا حلالی)،</li> <li>○ متیل متاکریلات.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ترموپلاستیک گرم (فرمولاسیون بتن)،</li> <li>■ اپوکسی،</li> <li>■ رنگ سرد (پایه آبی یا حلالی)</li> </ul>	AADT < ۲۰۰۰
<ul style="list-style-type: none"> <li>• اپوکسی،</li> <li>• ترموپلاستیک گرم (فرمولاسیون بتن)،</li> <li>• یورتان اصلاح شده،</li> <li>• رنگ سرد،</li> <li>• متیل متاکریلات.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ اپوکسی،</li> <li>○ ترموپلاستیک گرم (فرمولاسیون بتن)،</li> <li>○ رنگ پایه آبی،</li> <li>○ متیل متاکریلات</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ترموپلاستیک گرم (فرمولاسیون بتن)،</li> <li>■ اپوکسی،</li> <li>■ رنگ سرد (پایه آبی یا حلالی).</li> </ul>	۲۰۰۰ < AADT < ۵۰۰۰
<ul style="list-style-type: none"> <li>• اپوکسی،</li> <li>• ترموپلاستیک گرم (فرمولاسیون بتن)،</li> <li>• نوار پیش ساخته،</li> <li>• پلی‌اوره،</li> <li>• یورتان اصلاح شده،</li> <li>• متیل متاکریلات</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ اپوکسی،</li> <li>○ ترموپلاستیک گرم (فرمولاسیون بتن)،</li> <li>○ یورتان اصلاح شده،</li> <li>○ رنگ سرد (پایه آبی یا حلالی)،</li> <li>○ متیل متاکریلات.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>■ اپوکسی،</li> <li>■ یورتان اصلاح شده،</li> <li>■ رنگ سرد (پایه آبی یا حلالی).</li> </ul>	۵۰۰۰ < AADT < ۱۰۰۰۰
<ul style="list-style-type: none"> <li>• نوار پیش ساخته،</li> <li>• ترموپلاستیک گرم (فرمولاسیون بتن)،</li> <li>• پلی‌اوره،</li> <li>• یورتان اصلاح شده،</li> <li>• اپوکسی،</li> <li>• متیل متاکریلات.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ اپوکسی،</li> <li>○ ترموپلاستیک گرم (فرمولاسیون بتن)،</li> <li>○ نوار پیش ساخته،</li> <li>○ یورتان اصلاح شده،</li> <li>○ متیل متاکریلات.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ اپوکسی،</li> <li>■ ترموپلاستیک گرم (فرمولاسیون بتن)،</li> <li>■ یورتان اصلاح شده.</li> </ul>	AADT > ۱۰۰۰۰
<ul style="list-style-type: none"> <li>• اپوکسی،</li> <li>• ترموپلاستیک گرم (فرمولاسیون بتن)،</li> <li>• نوار پیش ساخته،</li> <li>• پلی‌اوره،</li> <li>• یورتان اصلاح شده،</li> <li>• متیل متاکریلات.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ اپوکسی،</li> <li>○ ترموپلاستیک گرم (فرمولاسیون بتن)،</li> <li>○ نوار پیش ساخته،</li> <li>○ یورتان اصلاح شده،</li> <li>○ متیل متاکریلات.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ اپوکسی،</li> <li>■ ترموپلاستیک گرم (فرمولاسیون بتن)،</li> <li>■ پلی‌اوره،</li> <li>■ یورتان اصلاح شده.</li> </ul>	تردد وسایل نقلیه سنگین

۱. می‌توان مواد را برای خطوط کوتاه یا بلند به کار برد به جز مواد دوجزئی که فقط برای خطوط طولانی قابل استفاده می‌باشند.

۲. AADT متوسط سالانه ترافیک روزانه،

۳. آستری قبل از اجرای خط‌کشی ترموپلاستیک بر روی بتن استفاده می‌شود،

۴. اپوکسی‌ها به طور خاص برای خط‌کشی‌های روسازی با کیفیت و دوام بالا فرموله شده‌اند،

۵. در مورد استفاده از آستری به توصیه‌های تولیدکنندگان مراجعه شود،

۶. ماده تجربی.

جدول ۱-۱۳: راهنمای انتخاب مواد خط‌کشی برای روسازی‌هایی با آسفالت سطحی (سیل‌کت) [۸]

عمر مفید باقیمانده روسازی			مشخصات ترافیک (میزان میانگین تردد روزانه)
بیش از ۴ سال	۲-۴ سال	۰-۲ سال	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• رنگ سرد (پایه آبی و یا حلالی)،</li> <li>• ترموپلاستیک گرم.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ رنگ سرد (پایه آبی و حلالی)،</li> <li>○ ترموپلاستیک گرم.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ رنگ سرد (پایه آبی و یا حلالی)،</li> <li>▪ ترموپلاستیک گرم.</li> </ul>	AADT < ۲۰۰۰
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ترموپلاستیک گرم،</li> <li>• اپوکسی،</li> <li>• پلی‌اوره،</li> <li>• یورتان اصلاح شده.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>○ اپوکسی،</li> <li>○ یورتان اصلاح شده،</li> <li>○ پلی‌اوره.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>▪ رنگ سرد پایه آبی،</li> <li>▪ اپوکسی.</li> </ul>	۲۰۰۰ < AADT < ۵۰۰۰
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ترموپلاستیک گرم،</li> <li>• اپوکسی،</li> <li>• پلی‌اوره،</li> <li>• یورتان اصلاح شده.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>○ اپوکسی،</li> <li>○ یورتان اصلاح شده،</li> <li>○ پلی‌اوره.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>▪ رنگ سرد پایه آبی و حلالی،</li> <li>▪ اپوکسی.</li> </ul>	۵۰۰۰ < AADT < ۱۰۰۰۰
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ترموپلاستیک گرم،</li> <li>• اپوکسی،</li> <li>• پلی‌اوره،</li> <li>• یورتان اصلاح شده.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>○ اپوکسی،</li> <li>○ پلی‌اوره،</li> <li>○ یورتان اصلاح شده.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>▪ اپوکسی،</li> <li>▪ یورتان اصلاح شده.</li> </ul>	AADT > ۱۰۰۰۰
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ترموپلاستیک گرم،</li> <li>• اپوکسی،</li> <li>• پلی‌اوره،</li> <li>• یورتان اصلاح شده.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ترموپلاستیک گرم،</li> <li>○ اپوکسی،</li> <li>○ پلی‌اوره،</li> <li>○ یورتان اصلاح شده.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ترموپلاستیک،</li> <li>▪ اپوکسی،</li> <li>▪ یورتان اصلاح شده.</li> </ul>	تردد وسایل نقلیه سنگین

۱. می‌توان مواد را برای خطوط کوتاه یا بلند به کار برد. به جز مواد دوجزئی، که فقط برای خطوط طولانی قابل استفاده می‌باشند،
۲. AADT متوسط سالیانه ترافیک روزانه،
۳. در صورت وجود قیرزدگی، استفاده از خط‌کشی روسازی موقت (برای مثال، رنگ یا یک لایه نازک مواد ترموپلاستیک، قبل از اجرای ترموپلاستیک گرم استاندارد، توصیه می‌شود تا سطح روسازی پایدار گردد،
۴. برای آماده‌سازی‌های سطح با دانه بندی درجه ۳ یا بزرگتر، و دستیابی به دوام خوب، ضخامت رنگ گرم باید بیش از ۲۵۰۰ میکرون باشد،
۵. اپوکسی‌ها، به طور خاص، برای خط‌کشی‌های روسازی با کیفیت و دوام بالا فرموله می‌شوند،
۶. ماده تجربی.



جدول ۱-۱۴: انتخاب نوع مواد خط‌کشی آزادراهها بر حسب وضعیت راه و میانگین تردد روزانه

میزان تردد روزانه										نوع و وضعیت رویه آزادراه	
کمتر از ۲۰۰۰	۲۰۰۰ الی ۵۰۰۰			۵۰۰۰ الی ۱۰۰۰۰			بیش از ۱۰۰۰۰				
مرکزی/محوری، حاشیه و سایر	سایر	حاشیه	مرکزی/محوری	سایر	حاشیه	مرکزی/ محوری	سایر	حاشیه	مرکزی/ محوری	وضعیت عمر باقیمانده)	نوع
رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	ترموپلاستیک گرم <sup>۱</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	ترموپلاستیک گرم طرح‌دار <sup>۲</sup>	ترموپلاستیک گرم <sup>۱</sup>	جدید (بیش از ۴ سال)	۱- قبل از
رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	ترموپلاستیک گرم <sup>۳</sup>	ترموپلاستیک گرم <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	ترموپلاستیک گرم <sup>۳</sup>	ترموپلاستیک گرم <sup>۱</sup>	خوب ۲-۴ سال	
رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	آسیب دیده/ ضعیف (۲-۰ سال)	
رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن) <sup>۴</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن) <sup>۴</sup>	نوار پیش ساخته یا ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن) <sup>۴</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	نوار پیش ساخته یا ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن) <sup>۴</sup>	نوار پیش ساخته	جدید (بیش از ۴ سال)	
رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن) <sup>۴</sup>	نوار پیش ساخته یا ترموپلاستیک گرم	رنگ سرد <sup>۲</sup>	ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن) <sup>۴</sup>	نوار پیش ساخته	خوب (۲-۴ سال)	۲- بعد از
رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۳</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	آسیب دیده/ ضعیف (۲-۰ سال)	

۱- روش اجرا: اسکرید

۲- روش اجرا: اکستروژن

۳- روش اجرا: اسپری

۴- آستر قبل از اجرای خط‌کشی توصیه می‌شود.

جدول ۱-۱۵: انتخاب نوع مواد خط‌کشی بزرگراهها بر حسب وضعیت راه و میانگین تردد روزانه

میزان تردد روزانه										نوع و وضعیت رویه بزرگراه	
کمتر از ۲۰۰۰	۲۰۰۰ الی ۵۰۰۰			۵۰۰۰ الی ۱۰۰۰۰			بیش از ۱۰۰۰۰			وضعیت (عمر باقیمانده)	نوع
مرکزی/ محوری، حاشیه و سایر	سایر	حاشیه	مرکزی/ محوری	سایر	حاشیه	مرکزی/ محوری	سایر	حاشیه	مرکزی/ محوری		
رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	جدید (بیش از ۴ سال)	۱- ۲- ۳- ۴- ۵- ۶- ۷- ۸- ۹- ۱۰- ۱۱- ۱۲- ۱۳- ۱۴- ۱۵- ۱۶- ۱۷- ۱۸- ۱۹- ۲۰- ۲۱- ۲۲- ۲۳- ۲۴- ۲۵- ۲۶- ۲۷- ۲۸- ۲۹- ۳۰- ۳۱- ۳۲- ۳۳- ۳۴- ۳۵- ۳۶- ۳۷- ۳۸- ۳۹- ۴۰- ۴۱- ۴۲- ۴۳- ۴۴- ۴۵- ۴۶- ۴۷- ۴۸- ۴۹- ۵۰- ۵۱- ۵۲- ۵۳- ۵۴- ۵۵- ۵۶- ۵۷- ۵۸- ۵۹- ۶۰- ۶۱- ۶۲- ۶۳- ۶۴- ۶۵- ۶۶- ۶۷- ۶۸- ۶۹- ۷۰- ۷۱- ۷۲- ۷۳- ۷۴- ۷۵- ۷۶- ۷۷- ۷۸- ۷۹- ۸۰- ۸۱- ۸۲- ۸۳- ۸۴- ۸۵- ۸۶- ۸۷- ۸۸- ۸۹- ۹۰- ۹۱- ۹۲- ۹۳- ۹۴- ۹۵- ۹۶- ۹۷- ۹۸- ۹۹- ۱۰۰-
رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	خوب (۲-۴ سال)	
رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	آسیب دیده/ ضعیف (۲-۴ سال)	
رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	جدید (بیش از ۴ سال)	۳- ۴- ۵- ۶- ۷- ۸- ۹- ۱۰- ۱۱- ۱۲- ۱۳- ۱۴- ۱۵- ۱۶- ۱۷- ۱۸- ۱۹- ۲۰- ۲۱- ۲۲- ۲۳- ۲۴- ۲۵- ۲۶- ۲۷- ۲۸- ۲۹- ۳۰- ۳۱- ۳۲- ۳۳- ۳۴- ۳۵- ۳۶- ۳۷- ۳۸- ۳۹- ۴۰- ۴۱- ۴۲- ۴۳- ۴۴- ۴۵- ۴۶- ۴۷- ۴۸- ۴۹- ۵۰- ۵۱- ۵۲- ۵۳- ۵۴- ۵۵- ۵۶- ۵۷- ۵۸- ۵۹- ۶۰- ۶۱- ۶۲- ۶۳- ۶۴- ۶۵- ۶۶- ۶۷- ۶۸- ۶۹- ۷۰- ۷۱- ۷۲- ۷۳- ۷۴- ۷۵- ۷۶- ۷۷- ۷۸- ۷۹- ۸۰- ۸۱- ۸۲- ۸۳- ۸۴- ۸۵- ۸۶- ۸۷- ۸۸- ۸۹- ۹۰- ۹۱- ۹۲- ۹۳- ۹۴- ۹۵- ۹۶- ۹۷- ۹۸- ۹۹- ۱۰۰-
رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	خوب (۲-۴ سال)	
رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	رنگ سرد <sup>۲</sup>	آسیب دیده/ ضعیف (۲-۴ سال)	

۱- روش اجرا: اسکرید

۲- روش اجرا: اسپری

۳- آستر قبل از اجرای خط‌کشی توصیه می‌شود.

جدول ۱-۱۶: راهنمای انتخاب نوع رنگ بر حسب وضعیت سطحی راههای آسفالتی، میزان تردد روزانه

و شرایط آب و هوایی

وضعیت رویه آسفالتی راه						میزان تردد روزانه	
آسیب دیده/ضعیف *		خوب		جدید			
کمتر از ۵۰۰۰	بیش از ۵۰۰۰	کمتر از ۵۰۰۰	بیشتر از ۵۰۰۰	کمتر از ۵۰۰۰	بیشتر از ۵۰۰۰	۱	گرم و خشک
رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی	۱. رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی ۲. ترموپلاستیک گرم <sup>۱،۲</sup> آبی	۱- رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی ۲- ترموپلاستیک گرم <sup>۲</sup>	۱. ترموپلاستیک گرم <sup>۱،۲</sup> ۲. پلاستیک سرد (۳)	۱- رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی ۲- ترموپلاستیک گرم <sup>۲</sup>	۱. ترموپلاستیک گرم <sup>۱،۲</sup> ۲. پلاستیک سرد <sup>۳</sup>		
رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی	۱. رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی ۲. ترموپلاستیک گرم <sup>۲</sup> آبی	رنگ سرد پایه حلالی (الکید- کلروکانوچو)	۱. ترموپلاستیک گرم <sup>۱،۲</sup> ۲. پلاستیک سرد (۳)	رنگ سرد پایه حلالی (الکید- کلروکانوچو)	۳. ترموپلاستیک گرم <sup>۱،۲</sup> ۴. پلاستیک سرد <sup>۳</sup>	۳	گرم و مرطوب
رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی	۱. رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی ۲. ترموپلاستیک گرم <sup>۲</sup> آبی	رنگ سرد پایه حلالی (الکید- کلروکانوچو)	۱. ترموپلاستیک گرم <sup>۱،۲</sup> ۲. پلاستیک سرد (۳)	رنگ سرد پایه حلالی (الکید- کلروکانوچو)	۱. ترموپلاستیک گرم <sup>۱،۲</sup> ۲. پلاستیک سرد <sup>۳</sup>	۴	معتدل و خشک
رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی	۱. رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی ۲. ترموپلاستیک گرم <sup>۱،۲</sup> آبی	رنگ سرد اکریلیکی پایه آبی	گرم <sup>۱،۲</sup>	رنگ سرد اکریلیکی پایه حلالی یا پایه آبی	گرم <sup>۱،۲</sup>	۵	معتدل و نیمه مرطوب
رنگ سرد پایه حلالی (الکید- کلروکانوچو)	۱. رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی ۲. ترموپلاستیک گرم <sup>۲</sup> آبی	رنگ سرد پایه حلالی (الکید- کلروکانوچو)	گرم <sup>۱،۲</sup>	رنگ سرد پایه حلالی (الکید- کلروکانوچو)	گرم <sup>۱،۲</sup>	۶	معتدل و مرطوب
رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی	۱. رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی ۲. ترموپلاستیک گرم <sup>۱،۲</sup> آبی	رنگ سرد اکریلیکی یا پایه آبی	گرم <sup>۱،۲</sup>	رنگ سرد پایه حلالی (الکید- کلروکانوچو)	گرم <sup>۱،۲</sup>	۷	سرد و خشک
رنگ سرد پایه حلالی (الکید- کلروکانوچو)	۱. رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی ۲. ترموپلاستیک گرم <sup>۲</sup> آبی	رنگ سرد پایه حلالی (الکید- کلروکانوچو)	گرم <sup>۱،۲</sup>	رنگ سرد پایه حلالی (الکید- کلروکانوچو)	گرم <sup>۱،۲</sup>	۸	سرد و نیمه مرطوب
رنگ سرد پایه حلالی (الکید- کلروکانوچو)	۱. رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی ۲. ترموپلاستیک گرم <sup>۲</sup> آبی	رنگ سرد پایه حلالی (الکید- کلروکانوچو)	گرم <sup>۱،۲</sup>	رنگ سرد پایه حلالی (الکید- کلروکانوچو)	گرم <sup>۱،۲</sup>	۹	سرد و مرطوب

۱- روش اجرا: اسکرید

۲- روش اجرا: اسپری

۳- دستی (رولر یا غلتک)

۴- آستر قبل از اجرای خط‌کشی توصیه می‌شود.

\* لازم به ذکر است که جدول فوق به ترتیب اولویت در انتخاب رنگ تهیه شده است.

جدول ۱-۱۷: انتخاب نوع مواد خط‌کشی راههای اصلی بر حسب وضعیت راه و میانگین تردد روزانه

میزان تردد روزانه							وضعیت رویه راه
کمتر از ۲۰۰۰		۲۰۰۰ الی ۵۰۰۰		بیش از ۱۰۰۰۰			
محور و حاشیه	حاشیه	محور	حاشیه	محور	حاشیه	محور	
رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد	ترموپلاستیک گرم	ترموپلاستیک گرم	ترموپلاستیک گرم	جدید
رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد	ترموپلاستیک گرم	رنگ سرد	ترموپلاستیک گرم	خوب
رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد <sup>۳</sup>	آسیب دیده/ضعیف

\*: روش اجرای هر دو سیستم خط‌کشی سرد و گرم اسپری می‌باشد.

\*\* برای کلیه راههای فرعی و روستایی با توجه به میزان تردد نسبتاً کم و وسعت بسیار زیاد در کل پهنه کشور، خط‌کشی سرد توصیه می‌شود.

جدول ۱-۱۸: انتخاب نوع مواد خط‌کشی بر حسب شرایط راه و میزان تردد

خطوط حاشیه		خطوط محوری و حرکت		نوع و وضعیت روسازی
روش اجرا	نوع خط‌کشی	روش اجرا	نوع خط‌کشی	
اسپری اسکرید اکستروژن	خط‌کشی گرم*: مشروط به اینکه میانگین ترافیک روزانه در هر خط عبوری ۵۰۰۰ یا بیشتر باشد، در غیر این صورت خط‌کشی با رنگ سرد	اسپری اسکرید	خط‌کشی گرم*: مشروط به اینکه میانگین ترافیک روزانه در هر خط عبوری ۵۰۰۰ یا بیشتر باشد، در غیر این صورت خط‌کشی با رنگ سرد	آسفالت جدید
اسپری اسکرید اکستروژن	خط‌کشی گرم*: مشروط به اینکه میانگین ترافیک روزانه در هر خط عبوری ۵۰۰۰ یا بیشتر باشد، در غیر این صورت خط‌کشی سرد (پایه آبی یا حالالی)	اسپری اسکرید	خط‌کشی گرم*: مشروط به اینکه میانگین ترافیک روزانه در هر خط عبوری ۵۰۰۰ یا بیشتر باشد،	آسفالت* شرایط خوب
اسپری	خط‌کشی با رنگ سرد (پایه آبی و یا حالالی) سریع خشک شونده	اسپری	خط‌کشی با رنگ سرد (پایه آبی و یا حالالی) سریع خشک شونده	آسفالت با شرایط نامناسب

• استفاده از پرایمر برای خط‌کشی گرم (ترموپلاستیک) مورد نیاز است. برای این منظور اجرای یک لایه خط‌کشی سرد پایه آبی

(یا حالالی) به روش اسپری توصیه می‌شود.

## ۱-۶- مراجع

۱. "آیین‌نامه علائم راههای ایران"، فصل پنجم، خط‌کشی راهها، وزارت راه و ترابری ایران، ۱۳۸۲
۲. نشریه شماره ۳-۲۶۷ علائم ایمنی راه: آیین‌نامه ایمنی راهها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور فنی و وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده حمل‌ونقل، فصل پنجم ۱۳۸۴.
3. J., Migletz and J., Graham, **"Long-Term Pavement Marking Practices"**, A Synthesis of Highway Practice, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), SYNTHESIS 306, Chapter 4, "Traffic Crashes and Pavement Marking", Page .32.2002.
4. **"Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways"**, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, 2003.
۵. "کنفرانس سازمان ملل متحد درباره ترافیک راهها"، کنوانسیون راجع به علائم راهها، وزارت راه و ترابری، تهیه و تنظیم: اداره کل ترافیک و نظارت بر امور حمل‌ونقل.
۶. ابلاغیه سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای، "ضرورت استفاده از رنگ سفید برای خط‌کشی راهها"، اسفند ۱۳۸۳.
7. EN 1436:1997: **"Road Marking Materials-Road Marking Performance for Road Users"**.
8. Carlos A. Lopez, P.E., **"Pavement Marking Handbook"**, Copyright © 2004 by Texas Department of Transportation.
9. EN 1824:2003: **"Road marking Materials – Road Trials"**.
۱۰. امیر کاوسی، نادر طباطبائی، حسین حاجی غفوری. "پهنه‌بندی مقدماتی آب و هوایی کشور از نظر روسازی راههای روستایی و انتخاب قیر مناسب"، مجموعه مقالات اولین سمینار قیر و آسفالت ایران. شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک، مهرماه ۱۳۷۴
11. Timothy J. Gates, H. Gene Hawkins, Jr., and Elisabeth R. Rose, **"Effective Pavement Marking Practices for Sealcoat and Hot-Mix Asphalt Pavements"**, Texas Department of Transportation in Cooperation with the U.S. Department of Transportation Federal

---

Highway Administration, TEXAS Transportation Institute, The Texas A&M University System, August 2003.

12. John Tiernan and et al **“Road Marking Guidelines in Irland”**, 1998.
13. J. Migletz, J. k. Fish and J. L. Graham, **“Roadway delineation Practices Handbook”**. Office of Safety and Office of Technology Applications, Federal Highway Administration, FHWA-SA-93-001, August 1994.
۱۴. استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷۵۸، **“ویژگیها و روشهای آزمون رنگ ترافیک بر پایه رزین اکریلیک-ترموپلاستیک سرد”**، چاپ اول، فروردین ۱۳۷۵.

## فصل دوم

### دانه‌های شیشه‌ای

#### مقدمه

مطابق با بخش 02. 3A. استاندارد اجرائی MUTCD<sup>۱</sup>: "خط‌کشی‌های روسازی برای قابل دید بودن در شب باید قابلیت بازتاب پرتوهای نور ساطع شده از چراغ‌های خودرو را داشته باشند مگر آنکه، منابع نوری موجود در محیط، دید مناسب خط‌کشی‌ها را تضمین کند" [۱]. در بند ۴ ماده ۲۹ کنوانسیون بین‌المللی عبور و مرور جاده‌ها و آیین‌نامه ایمنی راه‌ها نیز توصیه شده که در صورتی که راه فاقد وسایل روشنایی یا دارای روشنایی مناسب نباشد و تراکم ترافیک ایجاب کند، خط‌کشی راه باید از نوع منعکس‌کننده نور باشد. به عبارت دیگر در راه‌های بین شهری تمامی خط‌کشی‌ها باید دارای قابلیت بازتاب نور برگشتی باشند. بازتاب نور برگشتی که انعکاس بخشی از نور چراغ‌های جلوی اتومبیل پس از برخورد به سطح خط‌کشی به سمت راننده اتومبیل است، توسط دانه‌های شیشه‌ای<sup>۱</sup> موجود در سطح ماده خط‌کشی ایجاد می‌شود. در این فصل دانه‌های شیشه‌ای، خصوصیات آنها و سایر موارد مرتبط با آن به تفصیل بررسی می‌شود [۲-۳].

#### ۲-۱- تعریف

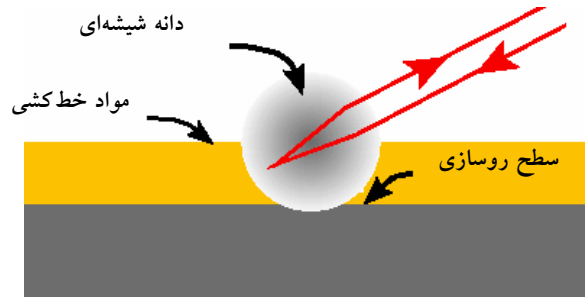
#### ۲-۱-۱- دانه‌های شیشه‌ای

---

1- Glass Bead

دانه‌های شیشه‌ای ذراتی گرد و کروی شکل از جنس شیشه (سیلیکا) هستند که در علائم و خط‌کشی‌های راه‌ها بکار می‌روند تا دید کافی و مناسب را در مسیرهای تاریک و شب برای رانندگان فراهم آورند [۴]. نور چراغ جلوی خودرو، هنگام برخورد به سطح دانه‌های شیشه‌ای موجود در خط‌کشی‌ها، به دلیل اختلاف ضریب شکست در فصل مشترک دانه‌های شیشه‌ای و هوا، هنگام ورود به داخل دانه، شکست یافته و پس از برخورد به فصل مشترک دانه و ماتریس مواد خط‌کشی، که دانه‌های شیشه‌ای را احاطه کرده‌اند (پیونده یا پیگمنت)، منعکس شده و به طرف راننده بازتابش می‌شود. این پدیده که بازتاب نور برگشتی نامیده می‌شود، باعث افزایش دید مواد خط‌کشی، به ویژه به هنگام شب و تاریکی، می‌گردد. در شکل (۱-۲) چگونگی بازتاب نور برگشتی توسط یک دانه شیشه‌ای نشان داده شده است.

پرتوهای نور پس از ورود به دانه‌های شیشه‌ای به سمت راننده برگردانده می‌شود.



شکل ۱-۲: چگونگی بازتاب نور برگشتی توسط یک دانه شیشه‌ای [۵]

۲-۱-۲- بازتاب نور برگشتی



برای توصیف عمل بازتاب نور برگشتی، توضیح چند واژه ضروری است: شدت روشنایی<sup>۱</sup>: مقدار نوری است که از یک منبع در یک جهت خاص ساطع می‌شود و بر حسب واحد نور شمع یا کندلا<sup>۲</sup> (cd) بیان می‌شود. به عبارت دیگر، کندلا مقدار یا میزان شدت روشنایی است.

شار روشنایی<sup>۳</sup>: سرعت جریان انرژی نورانی یا به عبارت ساده‌تر، انرژی ساطع شده از منبع نوری در واحد زمان است و بر حسب واحد لومن<sup>۴</sup> (lm) اندازه‌گیری می‌شود. روشنایی یا لومینانس: میزان تابش در واحد زمان بر واحد سطح تعریف شده و نشان‌دهنده مقدار شار روشنایی است که به طور معمول از منبع نوری به طرف سطح قطعه ساطع می‌شود. این کمیت بر حسب واحد لوکس (lx) یا لومن بر مترمربع ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ) اندازه‌گیری می‌شود [۴].

بازتاب نور برگشتی توسط دانه‌های شیشه‌ای را می‌توان با دو کمیت "ضریب روشنایی نور برگشتی"،  $R_L$  و "ضریب روشنایی تحت تابش پراکنده"،  $Q_d$  بر حسب واحد میلی‌کندلا بر متر مربع بر لوکس ( $\text{mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ ) اندازه‌گیری کرد.  $R_L$  قابلیت دیده شدن خط‌کشی در شب، زیر نور چراغ جلوی خودرو و  $Q_d$  قابلیت دیده شدن خط‌کشی در تابش پراکنده نور روز را بیان می‌کنند. این کمیت‌ها را می‌توان طبق روش‌های استاندارد EN 1436 و ASTM E 1710 تعریف و تعیین کرد [۶-۷].

ضریب روشنایی تحت تابش پراکنده نور روز یعنی  $Q_d$ ، در استاندارد EN 1436 به صورت رابطه ۱-۲ تعریف شده است [۷]:

$$Q_d = L/E \quad (1-2)$$

$L$  روشنایی منطقه یا محیط تحت تابش پراکنده (روشنایی منطقه در یک جهت معین یا به عبارت دیگر انرژی منبع نوری در واحد زمان و واحد زاویه همگن) است که بر

- 
- 1- Luminous intensity
  - 2- Candelas
  - 3- Luminous Flux
  - 4- Lumen
  - 5- Coefficient of Retroreflected Luminance
  - 6- Luminance Coefficient Under Diffuse Illumination

حسب واحد میلی‌کندلا بر متر مربع ( $\text{mcd}/\text{m}^2$ ) اندازه‌گیری می‌شود و E تابش یا روشنایی بر سطح خط‌کشی قرار گرفته در منطقه یا به عبارت دیگر، انرژی در واحد زمان بر واحد سطح است که بر حسب لوکس (lx) اندازه‌گیری می‌شود.

روشنایی L را می‌توان با اندازه‌گیری روشنایی محیط توسط منبع نورانی استاندارد D65 (طبق تعریف ISO/CIE 10526)، برای زاویه دید  $2/29^\circ$  (زاویه بین امتداد محور اندازه‌گیری با سطح منطقه)، تعیین کرد. میزان پراکندگی زاویه‌ای در امتداد محور اندازه‌گیری نباید از  $0/33^\circ$  بیشتر باشد.

برای انجام آزمون، حداقل مساحت منطقه اندازه‌گیری خط‌کشی در جاده ۵۰ سانتی‌متر مربع در نظر گرفته می‌شود. برای برخی از خط‌کشی‌های منقطع، که بین طرحها فاصله قابل توجهی وجود دارد، کل منطقه اندازه‌گیری باید آن قدر طویل باشد که حداقل یک فاصله خالی را شامل منطقه اندازه‌گیری شود. مناسب‌ترین نتیجه زمانی حاصل می‌شود که کل طول در نظر گرفته شده شامل چندین فاصله خالی باشد. همچنین کل منطقه اندازه‌گیری باید با یک تابش یکنواخت روشن شود.

توجه ۱: در شبیه‌سازی فاصله دید ۳۰ متری برای راننده خودروی سواری (شکل ۲-۲)، ارتفاع دید ۱/۲ متر بالای سطح جاده، به عنوان شرایط استاندارد، اندازه‌گیری در نظر گرفته می‌شود.

توجه ۲: در سطوح واقعی که دارای بافت سطحی هستند، طول منطقه اندازه‌گیری بیشتر در نظر گرفته می‌شود.

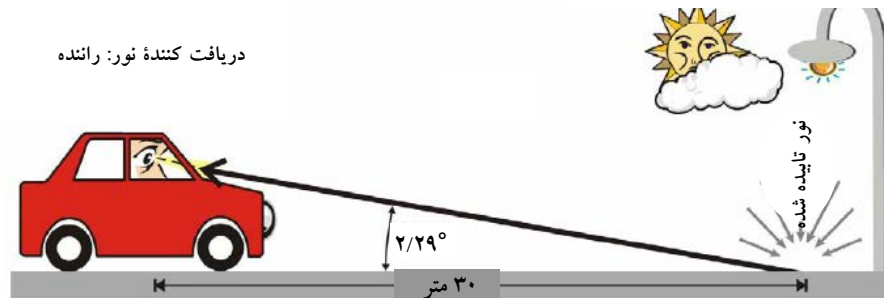
ضریب روشنایی بازتاب نور برگشتی تحت نور چراغ‌های جلویی اتومبیل، به ویژه در هنگام شب ( $R_L$ ) طبق استاندارد EN 1436 برای یک خط‌کشی جاده‌ای طبق رابطه ۲-۲ تعیین می‌شود [۷]:

$$R_L = L/E_{\perp} \quad (2-2)$$

L روشنایی منطقه تحت تابش، توسط یک منبع نوری منفرد در زاویه نسبتاً کوچک، نسبت به مکانی است که روشنایی در آن اندازه‌گیری می‌شود.

Qd:

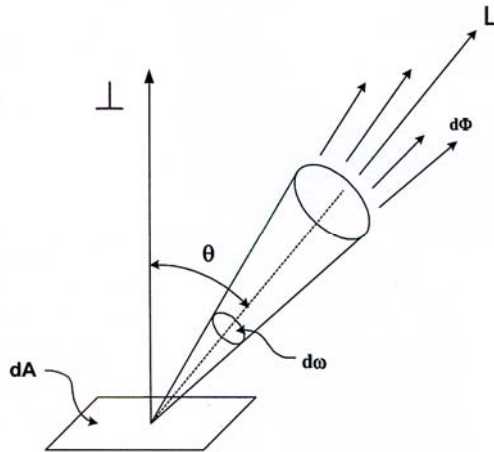
منبع نوری یا فرستنده نور:  
نور چراغهای خیابان یا نور روز



دریافت کننده نور: راننده

شکل ۲-۲: هندسه اندازه‌گیری بازتاب نور برگشتی در روز با فاصله دید ۳۰ متر

همان طور که در شکل (۳-۲) مشاهده می‌شود  $L$  روشنایی نور برگشتی از خط‌کشی در جهت دید مشاهده‌گر یا راننده بر واحد سطح خط‌کشی و در واحد زاویه همگن است و بر حسب میلی‌کنندلا بر متر مربع ( $\text{mcd}/\text{m}^2$ ) اندازه‌گیری می‌شود.  $E_{\perp}$  تابش ایجاد شده، توسط منبع نوری در محیط، بر صفحه‌ای عمود بر جهت نور تابیده شده است و بر حسب واحد لوکس ( $\text{lx}$ ) اندازه‌گیری می‌شود.



شکل ۳-۲: روشنایی  $L$  بر سطحی به مساحت  $dA$  در زاویه فضایی همگن  $d\omega$  [۴]

در هنگام توقف اتومبیل، زوایای مشاهده و روشنایی ثابت هستند. چراغهای جلوی اتومبیل نوری با شدت معین را در امتداد محور روشنایی می‌تابانند. برای اندازه‌گیری  $R_L$

بهتر است مساحت سطح در نظر گرفته شده بسیار کوچک و در حد نقطه باشد تا روشنایی در سطح مورد نظربه طور یکنواخت در نظر گرفته شود.

برای اندازه‌گیری این کمیت با یک دستگاه بازتاب‌سنج چند منطقه از سطح خط‌کشی رابه عنوان نمونه انتخاب کرده و روشنایی در آنها اندازه‌گیری می‌شود. در این حالت مشکل عدم یکنواخت بودن روشنایی برای یک دستگاه چندان مهم نیست زیرا، مقیاس دستگاه معمولاً بسیار کوچکتر از چراغهای جلوی اتومبیل می‌باشد و بدین ترتیب دستگاه مربوطه، نور را بر سطح کوچکی می‌تاباند. ولی همین مسئله باعث می‌شود که ضرایب بازتاب نور برگشتی اندازه‌گیری شده از یک دستگاه به دستگاه دیگر، بسته به مساحت سطح نمونه و روش اندازه‌گیری، شدت و روشنایی متفاوت باشد.

با در نظر گرفتن جهت اندازه‌گیری و جهت تابش، می‌توان سطحی عمود بر سطح منطقه یا جاده را برای اندازه‌گیری در نظر گرفت. در شرایط استاندارد زاویه دید  $\alpha$  (یعنی زاویه بین امتداد محور اندازه‌گیری و سطح جاده) برابر  $2/29^\circ$  و زاویه تابش  $\epsilon$  (یعنی زاویه بین امتداد محور تابش و سطح جاده) برابر  $1/24^\circ$  در نظر گرفته می‌شود. طبق روش استاندارد منطقه اندازه‌گیری نیز باید با منبع نوری استاندارد A (طبق تعریف ISO/CIE 10526)، روشن شود.

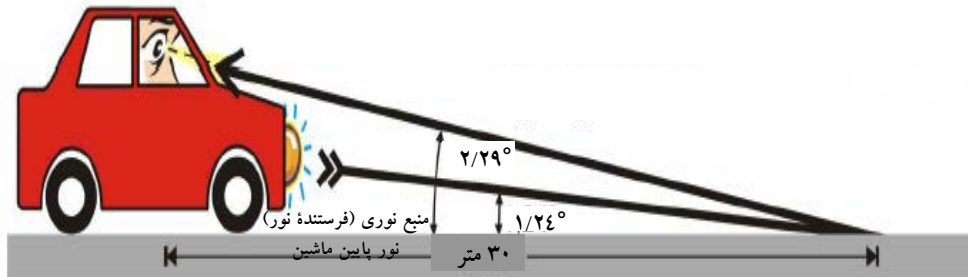
کل پراکندگی زاویه‌ای حول جهت تابش و محور اندازه‌گیری و در صفحه‌ای موازی با سطح خط‌کشی نباید بیش از  $0/33^\circ$  بوده و در صفحه شامل جهت‌های اندازه‌گیری و تابش نیز نباید بیش از  $0/17^\circ$  باشد.

توجه ۱: همانطوری که در شکل (۲-۸) مشاهده می‌شود، برای اندازه‌گیری این کمیت به روش شبیه‌سازی، باید فاصله دید ۳۰ متر باشد، ارتفاع دید راننده خودروی سواری  $1/2$  متر و ارتفاع قرارگیری لامپ جلوی خودرو  $0/65$  متر بالاتر از سطح جاده در نظر گرفته شود.

توجه ۲: در سطوح واقعی با بافت سطحی طول منطقه اندازه‌گیری باید بیشتر در نظر گرفته شود. همچنین متناسب با طول اضافه شده، منبع تابش نیز باید تمام سطح خط‌کشی مورد نظر را پوشش دهد.

R<sub>L</sub>

راننده (دریافت کننده نور)



شکل ۲-۴: هندسه اندازه‌گیری بازتاب نور برگشتی تحت تابش نور چراغ خودرو

کیفیت بازتاب نور برگشتی انواع دانه‌های شیشه‌ای علاوه بر کیفیت خود دانه، عمدتاً به عوامل زیر، که باید توسط ناظر در هنگام اجرای خط‌کشی کنترل شود، بستگی دارد:

- مقدار دانه‌های شیشه‌ای اعمال شده در خط‌کشی،
- نحوه توزیع دانه‌های شیشه‌ای در داخل و یا بر سطح لایه خط‌کشی،
- نسبت بین اندازه دانه‌های شیشه‌ای و ضخامت لایه خط‌کشی،
- میزان غوطه‌وری یا فرورفتگی دانه‌های شیشه‌ای،
- ویسکوزیته مواد خط‌کشی،
- شرایط محیطی مانند باران، شرایط هندسی و اقلیمی جاده و غیره.

## ۲-۲- انواع دانه‌های شیشه‌ای

دانه‌های شیشه‌ای در انواع مختلفی عرضه می‌شوند که از لحاظ اندازه، ضریب شکست، ویژگیها، پوشش‌های سطحی، روش اعمال و در نتیجه کاربرد نهایی با یکدیگر

متفاوت هستند. به همین دلیل، تقسیم بندیهای مختلفی را می‌توان برای آنها در نظر گرفت. دانه‌های شیشه‌ای را می‌توان هم بر اساس نحوه کاربرد، اندازه و توزیع اندازه ذره و هم بر اساس ویژگی سطحی آنها (با پوشش و بدون پوشش) تقسیم بندی کرد.

## ۲-۲-۱- تقسیم‌بندی دانه‌های شیشه‌ای در استانداردهای مختلف

مطابق با استاندارد مختلف، دانه‌های شیشه‌ای مورد استفاده در انواع خط‌کشی‌های

گرم و سرد به صورت‌های زیر تقسیم‌بندی و تعریف شده‌اند:

### ۱. استاندارد BS 6088 [۵]

- نوع A: مخلوط شده با مواد ترموپلاستیک در خط‌کشی‌های گرم،
- نوع B: روپاشی بر سطح خط‌کشی گرم و سایر خط‌کشی‌ی جاده،
- نوع C: مورد استفاده در تقویت پلاستیکها و با کاربردهای عمومی صنعتی،

### ۲. استاندارد AS/NZS 2009 [۸]

- نوع A: پیش مخلوط با مواد خط‌کشی،
- نوع B: روپاشی بر سطح خط‌کشی،
- نوع C: درون مخلوط مورد استفاده به صورت مخلوط و روپاشی شونده،
- نوع D: دانه‌های شیشه‌ای بزرگ و قابل رویت، ویژه شرایط آب و هوایی مرطوب مورد مصرف به هر دو روش روپاشی و پیش مخلوط شونده.

لازم به ذکر است که بر اساس این روش استاندارد، هر یک از چهار نوع دانه‌های

شیشه‌ای فوق را می‌توان برای تمام انواع خط‌کشی‌های سرد و گرم به کار برد.

### ۳. AASHTO M247 [۹] (مبتنی بر استانداردهای ASTM D 1155، ASTM D 1214 و

و ASTM D 1213)

- 
- 1- Pre-mix
  - 2- Drop-on
  - 3- Intermix
  - 4- Visibead or Large Wet Weather
  - 5- American Association of State Highway and Transportation

- نوع ۱: نوع استاندارد، مورد استفاده در رنگ سرد و اپوکسی ترموپلاستیک،
- نوع ۲: نوع همگون یا یکنواخت، جهت استفاده در رنگ گرم.
- ۴. استانداردهای EN 1423 [۱۰] و EN 1424 [۱۱]
- نوع A: پیش مخلوط با مواد خط‌کشی،
- نوع B: روپاشی بر سطح خط‌کشی.

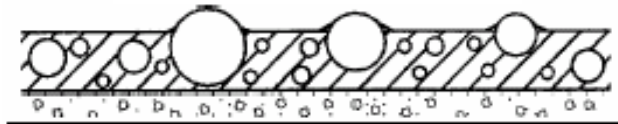
### ۲-۲-۲- تقسیم‌بندی دانه‌های شیشه‌ای بر حسب پوشش سطحی آنها [۴ و ۱۲]

برخی از اوقات در هنگام تهیه، سطح دانه‌های شیشه‌ای با مواد خاصی، به ضخامت چند میکرون، پوشش داده می‌شود. هدف از انجام این کار، ایجاد ویژگی‌های سطحی از قبیل: ضد مرطوب شدن، شناور ساختن، چسبندگی بیشتر به رنگ و بهبود دوام یا ماندگاری دانه‌های شیشه‌ای می‌باشد. به عنوان مثال، معمولاً دانه‌های شیشه‌ای بزرگ، به دلیل احتمال جدا یا کنده شدن از سطح خط‌کشی، بهتر است از نوع پوشش‌دار باشند تا اتصال آنها به رنگ و در نتیجه دوام آنها افزایش یابد. میزان مصرف و روش اجرای این گونه دانه‌ها به طور عمومی تفاوتی با اجرای دانه‌های شیشه‌ای استاندارد یا معمولی ندارد. دانه‌های شیشه‌ای پوشش‌داری که توسط سازندگان توصیه می‌شوند، بر حسب نوع پوشش سطحی، می‌توانند: شناورساز، ضد رطوبت و چسباننده دانه شیشه‌ای به ماده خط‌کشی باشند.

"دانه‌های شیشه‌ای شناور"<sup>۱</sup>: دانه‌های شیشه‌ای استاندارد هستند که سطح آنها با یک ماده شیمیایی خاص، مانند ترکیبات سیلیکونی، پوشش داده شده است و همین امر باعث گردیده که تمام آنها اعم از کوچک و بزرگ، به جای فرو رفتن کامل در درون لایه خط‌کشی قبل از خشک شدن رنگ، به صورت شناور در سطح مواد خط‌کشی قرار گیرند (شکل ۲-۵). بدین ترتیب، با قرار گرفتن تمام دانه‌های شیشه‌ای در معرض تابش نور، خط‌کشی درخشان‌تر به نظر خواهد رسید.

دو مزیت اصلی دانه‌های شیشه‌ای شناور، "ویژگی اجرایی" و "عملکرد" آنها است. در صورت اجرای خط‌کشی‌های سرد حاوی مقدار زیادی از دانه‌های شیشه‌ای معمولی، قسمت عمده‌ای از آنها در فیلم رنگ فرو رفته و در نتیجه بلافاصله پس از خط‌کشی، درخشندگی آن کم می‌شود ولی به مرور، با فرسایش سطحی خط‌کشی و در معرض قرار گرفتن دانه‌های شیشه‌ای زیرین، درخشندگی بهبود می‌یابد.

دانه‌های شیشه‌ای معمولی



دانه‌های شیشه‌ای شناور ساز



شکل ۲-۵: تفاوت در نحوه قرارگیری دانه‌های شیشه‌ای معمولی و شناور در لایه خط‌کشی [۴]

دانه‌های شیشه‌ای شناور کمی گرانتر از دانه‌های شیشه‌ای معمولی هستند. البته این قیمت اضافی قابل تعدیل است زیرا، برای ایجاد مقدار مشخصی بازتاب نور برگشتی، به مقدار کمتری از این نوع دانه‌های شیشه‌ای نیاز است. در هنگام استفاده، پیمانکار می‌تواند با به کارگیری درصد وزنی بیشتری از دانه‌های شیشه‌ای کوچکتر، مقدار کمتری از آنها را در هر کیلوگرم رنگ سرد استفاده کند. این امر، تعداد کل دانه‌های شیشه‌ای بازتابنده نور برگشتی را به طور موثری افزایش داده یا حداقل اینکه ثابت نگه می‌دارد. چنین روشی برای یک خط‌کشی حاوی دانه‌های شیشه‌ای استاندارد معمولی موثر نمی‌باشد زیرا، بسیاری از دانه‌های شیشه‌ای کوچکتر در ماده خط‌کشی (به ویژه خط‌کشی‌های ضخیم) فرو رفته و بدین ترتیب خاصیت بازتاب نور برگشتی را نخواهند داشت.



در مواردی که خط‌کشی با رنگهای گرم سریع خشک شونده انجام می‌شود، چنانچه پاشش دانه‌های شیشه‌ای نیاز به فشار زیاد داشته باشد، نباید از دانه‌های شیشه‌ای شناور استفاده کرد. زیرا در اثر خشک شدن سریع مواد خط‌کشی، قشری از رنگ روی سطح دانه‌های شناور را پوشانده و باعث کاهش راندمان و عملکرد آنها می‌شود.

به دلیل اینکه هیچ یک از دانه‌های شیشه‌ای شناور به عمق لایه خط‌کشی فرو نمی‌روند، در بیشتر موارد دوام یک خط‌کشی حاوی دانه‌های استاندارد بیشتر از دوام یک خط‌کشی حاوی دانه‌های شیشه‌ای شناور است. با سایش فیلم رنگ، دانه‌های درشت‌تر از رنگ سریع‌تر جدا می‌شوند، زیرا این دانه‌ها به اندازه دانه‌های شیشه‌ای استاندارد یا پیش مخلوط در عمق ماده خط‌کشی فرو نرفته‌اند. با سائیده شدن رنگ، هیچ گونه دانه شیشه‌ای در معرض شرایط جوی قرار نخواهد گرفت. در نتیجه، از دانه‌های شیشه‌ای شناور باید وقتی استفاده کرد بازتاب نور برگشتی اولیه بالا اهمیت بیشتری نسبت به طول عمر سرویس‌دهی داشته باشد.

"دانه‌های شیشه‌ای با پوشش ضد رطوبت"<sup>۱</sup>: در مناطق بسیار مرطوب، دانه‌های شیشه‌ای روپاشی، در هنگام انبارداری، در اثر جذب رطوبت، به یکدیگر چسبیده و خاصیت جریان‌پذیری<sup>۲</sup> خود را از دست می‌دهند. لذا علاوه بر ایجاد گرفتگی در خروجی پیستوله پاشنده، به جای اینکه به صورت دانه‌های شیشه‌ای مجزا روی سطح رنگ قرار گیرند، به صورت توده یا کلوخه در می‌آیند. به همین دلیل، در مناطق بسیار مرطوب باید از دانه‌های شیشه‌ای دارای پوشش سطحی ضد رطوبت (بر پایه ترکیبات سیلیکونی) استفاده شود. برای جلوگیری از کلوخه شدن آنها، می‌توان کمی پودر جذب‌کننده رطوبت مانند خاک رس چینی به آنها اضافه کرد. عواملی از قبیل اندازه دانه‌های شیشه‌ای، ضخامت خط‌کشی، نوع دانه‌های شیشه‌ای (شناور شونده یا غیر شناور) و طول عمر مورد انتظار از خط‌کشی بازتابنده نور برگشتی، همگی تأثیر انکارناپذیری بر سرعت بهینه اجرای این گونه دانه‌های شیشه‌ای دارند.

---

1- Moisture Proof

2- Free-Flowing

"دانه‌های شیشه‌ای با پوشش چسبنده": از این گونه دانه‌های شیشه‌ای معمولاً در موارد خاص (مانند مواردی که دانه‌های شیشه‌ای درشت به صورت روپاشی اجرا می‌شوند) استفاده می‌شود تا چسبندگی آنها به رنگ، دوام و ماندگاری آنها در مواد خط‌کشی افزایش یابد. دانه‌های شیشه‌ای درشت (با مش ۴۰ یا بیشتر)، بیشتر برای مناطق دارای بارندگی و کلاً آب و هوای مرطوب و بارانی مانند مناطق شمال و شمال غربی کشور، توصیه می‌شوند. در شب‌های بارانی، علاوه بر کاهش نور، (کمبود نور کافی جهت دیدن خط‌کشی‌ها)، میزان بازتاب نور برگشتی نیز کاهش می‌یابد. تشکیل فیلم نازکی از آب بر روی خط‌کشی، موجب تغییر و شکست پرتوهای نور برگشتی شده و بنابراین این خط‌کشی‌ها کمتر قابل رویت می‌شوند. به همین دلیل است که شرایط آب و هوایی نیز جزء فاکتورهای تعیین‌کننده در انتخاب نوع مواد و نحوه خط‌کشی محسوب می‌شود.

برخی از دانه‌های شیشه‌ای با پوشش خاصی نیز وجود دارند که برای کاربردهای ویژه‌ای توصیه می‌شوند. مثلاً دانه‌های شیشه‌ای نوع روپاشی شونده‌ای با پوشش مواد دو جزئی که قادر به انجام واکنش با مواد خط‌کشی هستند و حضور آنها، علاوه بر ایجاد خاصیت بازتاب نور برگشتی، باعث افزایش سختی خط‌کشی نیز می‌شود. جدول (۱-۲) به عنوان یک راهنما برای انتخاب دانه‌های شیشه‌ای در شرایط آب و هوایی مختلف توصیه می‌شود.

### ۲-۳- روشهای کاربرد دانه‌های شیشه‌ای در مواد خط‌کشی [۱۰-۱۱]

عموماً از سه روش برای به کاربری دانه‌های شیشه‌ای در خط‌کشی‌های روسازی استفاده می‌شود:

۱. پیش مخلوط شونده در رنگ، قبل از اجرا: مخلوط یا شناور کردن دانه‌های شیشه‌ای در رنگ بدین طریق است که در محل تولید رنگ، دانه‌های شیشه‌ای به وسیله دستگاه‌های مخلوط‌کن با رنگ اضافه می‌شوند. مخلوط حاصله باید به وسیله تجهیزات مخصوص در سطح جاده اجرا گردد.

جدول ۱-۲: راهنمای انتخاب انواع دانه‌های شیشه‌ای برای مناطق مختلف آب و هوایی

شرایط دمایی			نوع دانه‌های شیشه‌ای	میزان رطوبت
سرد (C)	معتدل (B)	گرم (A)		
✓✓	✓✓	✓✓	شناور	خشک (I)
×	×	×	با پوشش ضد رطوبت	
✓✓	✓	✓	درشت با پوشش چسبنده	
✓	✓	✓	شناور	نیمه مرطوب (II)
✓✓	✓✓	✓✓	با پوشش ضد رطوبت	
✓✓	✓✓	✓✓	درشت با پوشش چسبنده	
×	×	×	شناور	مرطوب (III)
✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	با پوشش ضد رطوبت	
✓✓	✓✓	✓✓	درشت با پوشش چسبنده	

گرم: تعداد روزهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد در طول سال: حداکثر ۲۰ روز.

معتدل: تعداد روزهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد در طول سال: بین ۲۰ تا ۸۰ روز.

سرد: تعداد روزهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد در طول سال: بیش از ۸۰ روز.

خشک: حداکثر بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در سال.

نیمه مرطوب: میزان بارندگی بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر در سال.

مرطوب: میزان بارندگی بیش از ۵۰۰ میلی‌متر در سال.

✓✓✓: بسیار توصیه می‌شود.

✓✓: توصیه می‌شود.

✓: چندان توصیه نمی‌شود.

×: اصلاً توصیه نمی‌شود.

۲. روپاشی شونده بر سطح خط‌کشی حین اجرا: در این روش، بلافاصله پس از اجرای خط‌کشی در سطح جاده، دانه‌های شیشه‌ای به وسیله نازل کوچکی که در کنار پیستوله پاشش رنگ تعبیه شده بر سطح خط‌کشی پاشیده می‌شوند. در هنگام پاشش، دانه‌های شیشه‌ای به کمک فشار هوا به شکل نازلی در سطح

خط‌کشی پنخس می‌شوند. لازم به ذکر است که این روش نسبت به روش پیش مخلوط متداول‌تر است.

۳. درون مخلوط شده با مواد خط‌کشی: در این روش، دانه‌های شیشه‌ای همزمان به صورت مخلوط و روپاشی استفاده می‌شوند. به عبارت دیگر، این عمل با بهره‌گیری از مخلوط دانه‌های شیشه‌ای در رنگ و پاشش مقداری دیگر از آنها در سطح رنگ انجام می‌گیرد. این عمل باعث ایجاد انعکاس بیشتر در رنگ خواهد شد.

متداول‌ترین روش، پاشش (تحت فشار) یا ریزش (بر اساس وزن) مقدار معینی از دانه‌های شیشه‌ای بر روی فیلم تر خط‌کشی است (روش روپاشی). نازل پاشنده دانه‌های شیشه‌ای در دستگاه مجری خط‌کشی، درست در پشت نازل پاشنده رنگ یا خروجی اکسترودر نصب می‌شود تا پاشش یا ریزش دانه‌های شیشه‌ای همزمان با اجرای خط‌کشی صورت گیرد.

## ۲-۴- آزمون‌ها و ویژگی‌های فیزیکی دانه‌های شیشه‌ای

برای اینکه دانه‌های شیشه‌ای بتوانند وظیفه اصلی خود را که همان بازتاب نور برگشتی است به خوبی انجام دهند باید از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاصی برخوردار باشند. جهت بررسی کیفیت و تعیین این ویژگی‌ها، استانداردهای مختلفی وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به استانداردهای اروپایی EN 1423، EN 1424، استاندارد انگلیسی BS 6088، استاندارد نیوزلند AS/NZS 2009، استاندارد ژاپنی JIS R 3301 [۱۳] و استانداردهای امریکایی ASTM D 1214، ASTM D 1155، ASTM D 169 و سایر استانداردهای امریکایی (ایالتی از قبیل DMS-8290 و Tex-831-B) اشاره کرد. در استاندارد ASTM برای تعیین هر یک از ویژگی‌های دانه‌های شیشه‌ای روشهایی ارائه شده است. در کلیه این استانداردها، دانه‌های شیشه‌ای باید ویژگی‌ها و مشخصات معینی داشته تا بتوانند عمل بازتابش نور برگشتی را به نحو احسن انجام دهند.

در این دستورالعمل، برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی انواع دانه‌های شیشه‌ای از دو استاندارد EN 1423 (دانه‌های شیشه‌ای روپاشی) و EN 1424 (دانه‌های شیشه‌ای پیش‌مخلوط) استفاده شده است. در مواردی که در استانداردهای فوق، روش کاری ارائه نشده (مانند بررسی مقدار و نحوه پراکندگی دانه‌ها و موارد مشابه)، سایر مراجع معتبر مورد استفاده قرار گرفته است.

## ۲-۴-۱- کیفیت و شکل ظاهری دانه‌های شیشه‌ای [۱۰-۱۱]

دانه‌های شیشه‌ای باید بی‌رنگ، شفاف، کروی و سالم بوده و دارای سطحی صاف و عاری از هرگونه خراشیدگی، کدری و حبابهای هوا باشند. از جمله مواردی که در دانه‌های شیشه‌ای باید به عنوان عیب و نقص در نظر گرفته شود وجود دانه‌های بیضی شکل یا تغییر شکل داده، دانه‌های ذوب شده، به هم چسبیده (انحراف از شکل کروی)، دانه‌های کدر یا شیری رنگ، مواد خارجی، دانه‌های کروی حباب‌دار و وجود ذرات ریز خارجی است. تصویر هر کدام از این عیوب در شکل‌های (۲-۶) الی (۲-۱۴) نشان داده شده است.

تعیین و شناسایی دانه‌های حباب‌دار: دانه‌های شیشه‌ای، به صورت تک لایه، بر روی یک ظرف شیشه‌ای ریخته و با مایعی با ضریب شکست تقریباً ۱/۵ پوشانده می‌شود. بدین ترتیب، مناطقی که دارای حباب هستند در زیر میکروسکوپ کاملاً مشخص می‌شوند. دانه‌های شیشه‌ای در صورتی معیوب به حساب می‌آیند که مجموع قطر حباب‌های آنها بیشتر از قطر کره دانه شیشه‌ای باشد.

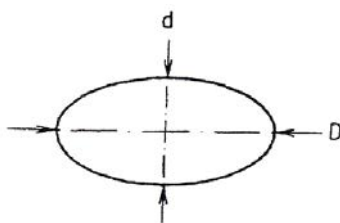
## ۲-۴-۲- دانه‌های شیشه‌ای معیوب

### ۲-۴-۲-۱- انواع دانه‌های شیشه‌ای معیوب

#### • دانه‌های شیشه‌ای بیضی شکل

هرگاه دانه‌های شیشه‌ای به شکل بیضی باشند و نسبت قطر بزرگ به قطر کوچک

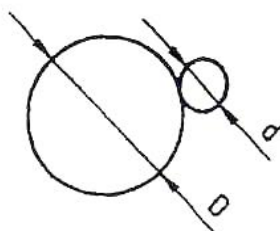
آن از  $\frac{1}{3}$  بیشتر گردد ( $D/d > \frac{1}{3}$ )، معیوب تلقی می‌شوند.



شکل ۲-۶: دانه شیشه‌ای بیضی شکل [۱۰]

- اقماری

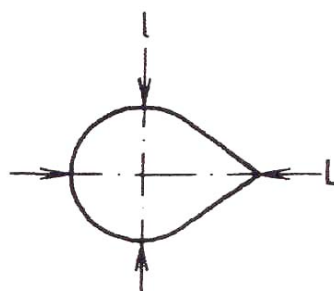
هرگاه یک دانه شیشه‌ای کوچک به یک دانه شیشه‌ای بزرگ بچسبد، به مجموعه آنها دانه شیشه‌ای اقماری گفته می‌شود. در صورتی که نسبت قطر دانه کوچکتر به قطر دانه بزرگتر بیش از  $0/25$  باشد ( $d/D > 0/25$ )، دانه شیشه‌ای معیوب تلقی می‌شود.



شکل ۲-۷: دانه شیشه‌ای اقماری [۱۰]

- دانه شیشه‌ای اشکی شکل

هنگامی که نسبت بزرگترین اندازه  $L$  به کوچکترین اندازه  $I$  از  $\frac{1}{3}$  بزرگتر باشد ( $L/I > 1/33$ )، دانه شیشه‌ای، معیوب تلقی می‌شود.

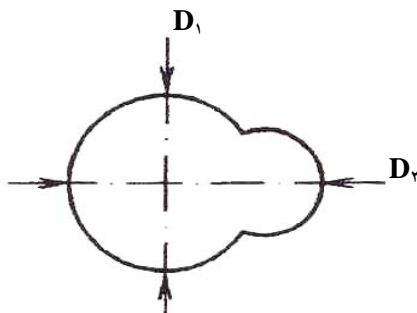


شکل ۲-۸: دانه شیشه‌ای اشکی شکل [۱۰]

• دانه شیشه‌ای هم‌جوش شده

هنگامی که نسبت بزرگترین اندازه  $D_2$  به کوچکترین اندازه  $D_1$  از  $\frac{1}{3}$  بزرگتر باشد

( $D_2/D_1 > 1/3$ ) دانه شیشه‌ای هم‌جوش شده و معیوب تلقی می‌شود.

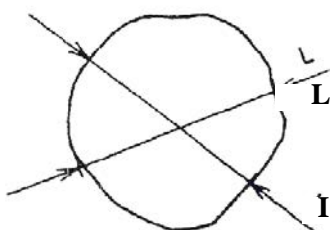


شکل ۲-۹: دانه شیشه‌ای هم‌جوش شده [۱۰]

• دانه شیشه‌ای گرد گونه<sup>۱</sup>

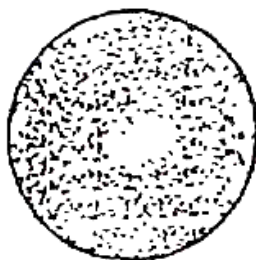
هنگامی که نسبت بزرگترین اندازه  $L$  به کوچکترین اندازه  $I$  از  $\frac{1}{3}$  بزرگتر باشد

( $L/I > 1/3$ ) دانه شیشه‌ای معیوب فرض می‌شود.



شکل ۲-۱۰: دانه شیشه‌ای گرد گونه [۱۰]

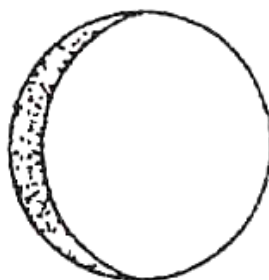
• دانه شیشه‌ای مات یا کدر



شکل ۲-۱۱: دانه شیشه‌ای مات یا کدر [۱۰]

• دانه شیشه‌ای شیری

یک نوع دانه شیشه‌ای است که قسمتی از حجم آن دارای ذرات هوا یا گازی شکل است. دانه شیشه‌ای شیری همیشه معیوب در نظر گرفته می‌شود.

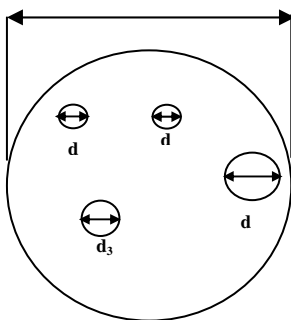


شکل ۲-۱۲: دانه شیشه‌ای شیری [۱۰]

• دانه‌های شیشه‌ای حباب‌دار

در صورتی که نسبت مجموع قطر حباب‌های موجود در داخل یک دانه شیشه‌ای به قطر خود دانه شیشه‌ای، بیش از ۲۵ درصد باشد ( $\Sigma d/D > 0.25$ ) آن دانه معیوب در نظر گرفته می‌شود.



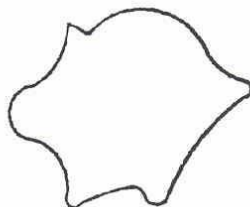


شکل ۲-۱۳: حبس شدن حباب‌های گاز در داخل دانه شیشه‌ای [۱۰]

• دانه‌های شیشه‌ای زاویه‌دار

دانه‌های شیشه‌ای دارای یک یا چند گوشه تیز به عنوان دانه‌های معیوب در نظر

گرفته می‌شوند.



شکل ۲-۱۴: دانه شیشه‌ای زاویه‌دار [۱۰]

• ذرات خارجی

منظور از ذرات خارجی ذراتی با جنس غیر از شیشه است. این ذرات نیز جزء دانه‌های

معیوب در نظر گرفته می‌شوند.

۲-۲-۴-۲- تعیین درصد دانه‌های شیشه‌ای معیوب

به طور کلی درصد دانه‌های شیشه‌ای معیوب با استفاده از رابطه ۲-۳ محاسبه می‌شود:

$$\text{درصد دانه‌های معیوب} = \frac{\text{تعداد دانه‌های معیوب}}{\text{تعداد کل دانه‌ها}} \quad (۲-۳)$$

درصد دانه‌های معیوب - ۱۰۰ = درصد دانه‌های کروی سالم

درصد دانه‌های شیشه‌ای کروی را با شمارش میکروسکوپی تعیین می‌کنند. در این روش، برای تعیین درصد دانه‌های کروی، تعداد دانه‌های شیشه‌ای معیوب موجود در نمونه مورد آزمون را، با استفاده از تصویر بزرگ شده روی اسلاید بزرگ شیشه‌ای، شمارش می‌شود.

نتیجه قابل قبول: طبق استاندارد EN 1423، برای دانه‌های شیشه‌ای با قطر کمتر از یک میلی‌متر، باید حداکثر درصد وزنی دانه‌های معیوب ۲۰ درصد و حداکثر درصد وزنی ذرات خارجی ۳ درصد باشد. حال آنکه، برای دانه‌های شیشه‌ای با قطر برابر یا بزرگتر از یک میلی‌متر باید حداکثر، درصد وزنی دانه‌های معیوب ۳۰ درصد و ذرات خارجی ۳ درصد باشد [۱۰].

#### ۲-۴-۳- وزن مخصوص

وزن مخصوص دانه‌های شیشه‌ای را بر اساس EN 1423 و EN 1424 از رابطه ۲-۴ محاسبه می‌شود:

$$\text{وزن مخصوص} = \frac{\text{وزن نمونه}}{\text{حجم نمونه}} \quad (۲-۴)$$

نتیجه قابل قبول: وزن مخصوص دانه‌های شیشه‌ای مصرفی در رنگهای ترافیکی باید در محدوده ۲/۴۰ الی ۲/۵۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب، قرار داشته باشد.

#### ۲-۴-۴- ضریب شکست

ضریب شکست باید طبق استانداردهای EN 1423 و EN 1424 تعیین شود. در این استانداردها، دانه‌های شیشه‌ای بر اساس ضریب شکست در سه گروه با ضریب شکستهای ۱/۵، ۱/۷ و ۱/۹ تقسیم‌بندی می‌شوند [۱۰-۱۱].

نتیجه قابل قبول: دانه‌های شیشه‌ای مورد مصرف در رنگ سرد باید دارای حداقل ضریب شکست ۱/۵۰ و در دانه‌های شیشه‌ای مصرف شده در ترموپلاستیکها باید دارای حداقل ضریب شکست ۱/۶۵ باشند. لازم به ذکر است دانه‌های شیشه‌ای با ترکیب باریم تیتانات، دارای دانسیته زیاد و ضریب شکست بالا (۱/۹۲-۱/۹) هستند و عمدتاً به دو روش پیش‌اختلاط و روپاشی در برون شهری ندارند.

## ۲-۴-۵- دانه‌بندی

اندازه دانه‌های شیشه‌ای از ۶۰ میکرون (۰/۰۰۶ میلی‌متر) تا ۸۵۰ میکرون (۰/۰۸۵ میلی‌متر) در تغییر است. اندازه دانه‌های شیشه‌ای، در قالب «عدد مش امریکایی» بیان می‌شود این عدد اندازه توری غربالی است که دانه‌های شیشه‌ای از آن عبور می‌کنند. به عنوان مثال، عدد مش امریکایی ۲۰، اجازه عبور دانه‌هایی با قطر ۸۴۰ میکرون (۰/۰۸۴ میلی‌متر) یا کمتر، و عدد مش ۲۰۰ فقط اجازه عبور دانه‌هایی با قطر ۷۴ میکرون (۰/۰۷۴ میلی‌متر) یا کمتر را از غربال می‌دهد.

درجه‌بندی خاص یا درصد وزنی برای هر اندازه از دانه شیشه‌ای موضوعی قابل بحث است. طبق پیش‌نویس آیین‌نامه علائم سطحی (ویرایش اول) با وجود اینکه اندازه دانه‌های شیشه‌ای تفاوت زیادی با یکدیگر دارند ولی، از نظر کلی می‌توان آنها را در سه دسته قرار داد [۱۴]:

الف- دانه‌های شیشه‌ای رد شده از الک ۲۰-۲۰۰ برای پاشیدن روی خط‌کشی مناسب هستند (دانه‌های شیشه‌ای نوع روپاشی).

ب- دانه‌های شیشه‌ای رد شده از الک ۲۰-۱۰۰ برای شناور کردن دانه‌های شیشه‌ای در سطح خط‌کشی مناسب هستند (دانه‌های شیشه‌ای با پوشش شناورساز).

ج- دانه‌های شیشه‌ای رد شده از الک ۵۰ و ریزتر، برای مخلوط کردن در رنگ مناسب هستند (دانه‌های شیشه‌ای نوع مخلوط شونده).

تصمیم‌گیری در مورد انتخاب مشها به عوامل متعددی از قبیل: درجه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای، روش اجرای خط‌کشی، شرایط آب و هوایی و زمان خشک شدن رنگ، که موثر

بر نشست دانه‌های شیشه‌ای است، بستگی دارد. برای به دست آوردن غوطه‌وری یکنواخت در یک ماده خط‌کشی سریع خشک شونده، باید از دانه‌های شیشه‌ای کوچکتر استفاده شود. از طرف دیگر دانه‌های شیشه‌ای که بسیار کوچک هستند (مش ۸۰ تا ۱۰۰)، بسیار سبک بوده و ممکن است در صورت وزش ملایم باد پراکنده شوند.

دانه‌های شیشه‌ای بزرگتر (مش ۴۰ یا بیشتر) نور برگشتی بیشتری را بازتابش می‌کنند و همچنین دید مناسب، در هنگام شب و در شرایط بارانی مواد خط‌کشی را افزایش می‌دهند. اما به دلیل اتصال ضعیف، خیلی زود از سطح خط‌کشی جدا شوند. امروزه عرضه بیندراهای جدید این مشکل را تا حدی برطرف کرده است و با استفاده از یک سیستم مناسب می‌توان قابلیت نگهداری دانه‌های شیشه‌ای در مواد خط‌کشی افزایش داد.

طبق استاندارد EN 1423، درجه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای روپاشی، بر حسب حداقل درصد وزنی (N1) و حداکثر درصد وزنی (N2) دانه‌های شیشه‌ای روپاشی تجمعی باقیمانده، بر روی توری سیمی الک‌های مورد نظر تعیین می‌شود (جدول‌های ۲-۲ و ۳-۲). بدین ترتیب با استفاده از روش زیر در انتخاب الک‌ها، می‌توان دانه‌بندی را تعیین کرد [۱۴]:

- الک محافظ فوقانی<sup>۱</sup> ۲-۰ درصد کل وزن دانه‌های شیشه‌ای را بر روی خود نگهدارد،

- الک اسمی فوقانی<sup>۲</sup> ۱۰-۰ درصد دانه‌ها شیشه‌ای را بر روی خود نگهدارد،

- در صورت نیاز باید الک‌های میانی یا واسط نیز اضافه شود تا نسبت بین اندازه‌های منافذ دو الک نامبرده در بالا، حداکثر ۱/۷ به ۱ شود،

- برای هر یک از الک‌های میانی، تفاوت بین حداقل درصد وزنی  $N_1$  و حداکثر درصد وزنی  $N_2$  تجمع باقیمانده بر روی الک‌ها نباید بیش از ۴۰ درصد ( $N_2 - N_1 \leq 40$ ) باشد،

- الک اسمی تحتانی<sup>۳</sup> ۱۰۰-۹۵ درصد دانه‌ها را بر روی خود نگهدارد.

---

1- Upper Safety Sieve  
2- Upper Nominal Sieve  
3- Lower Nominal Sieve

جدول ۲-۲: الکهای انتخابی برای دانه‌های شیشه‌ای روپاشی [۱۰]

وزن تجمع باقیمانده (درصد)	الک‌ها: ISO R 40/3 ( $\mu\text{m}$ )
۰-۲	محافظ فوقانی
۰-۱۰	اسمی فوقانی
$N_1-N_2$	میانی یا واسط
۹۵-۱۰۰	اسمی تحتانی

جدول ۲-۳: الکهای انتخابی برای دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط [۱۰]

وزن تجمع باقیمانده (درصد)	الک‌ها: ISO 565 R ( $\mu\text{m}$ )
۰	محافظ فوقانی
۰-۱۰	اسمی فوقانی
$N_1-N_2$	میانی یا واسط
۹۵-۱۰۰	اسمی تحتانی

برای توضیح قانون مذکور در مورد دانه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای روپاشی مثالهایی در جدولهای (۲-۴) و (۲-۵) و برای دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط، مثالهایی در جدولهای (۲-۶) و (۲-۷) آورده شده است:

جدول ۲-۴: درجه‌بندی میزان ریزی دانه‌های شیشه‌ای روپاشی [۱۰]

وزن تجمع باقیمانده (درصد)	اندازه الکها بر حسب میکرون ISO R 40/3
۰-۲	۵۰۰
۰-۱۰	۴۲۵
۲۰-۶۰	۲۵۰
۶۰-۹۵	۱۵۰
۹۵-۱۰۰	۹۰

جدول ۲-۵: درجه متوسط برای دانه‌های شیشه‌ای روپاشی [۱۰]

وزن تجمع باقیمانده (درصد)	اندازه الکها بر حسب میکرون ISO R 40/3
۰-۲	۷۱۰
۰-۱۰	۶۰۰
۳۰-۷۰	۳۵۵
۷۰-۱۰۰	۲۱۲
۹۵-۱۰۰	۱۲۵

جدول ۲-۶: درجه ریز برای دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط [۱۱]

وزن تجمع باقیمانده (درصد)	اندازه الکها بر حسب میکرون ISO R 40/3
۰	۴۲۵
۰-۱۰	۳۰۰
۰-۳۰	۲۵۰
۴۰-۸۰	۱۵۰
۸۰-۱۰۰	۹۰
۹۵-۱۰۰	۵۳

جدول ۲-۷: درجه متوسط برای دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط [۱۱]

وزن تجمع باقیمانده (%)	اندازه الکها بر حسب میکرون ISO R 40/3
۰	۱۱۸۰
۰-۱۰	۱۰۰۰
۵-۲۰	۸۵۰
۴۵-۸۵	۶۰۰
۹۵-۱۰۰	۳۵۵

بر اساس استاندارد AASHTO M 247 درجه‌بندی انواع ۱ و ۲ دانه‌های شیشه‌ای

باید با جدول (۲-۸) مطابقت داشته باشد.

جدول ۲-۸: درجه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای نوع ۱ و ۲ بر اساس استانداردهای

AASHTO M 247 و ASTM D 1214 [۹ و ۱۵]

درصد وزنی عبور کرده		شماره الک بر حسب استاندارد امریکایی	شماره الک بر حسب میلی‌متر (میکرون)
دانه‌های نوع ۲ AASHTO	دانه‌های نوع ۱ AASHTO		
---	۱۰۰	۲۰	۰/۸۵۰ (۸۵۰)
۱۰۰	۹۵ - ۷۵	۳۰	۰/۶۰۰ (۶۰۰)
۱۰۰ - ۹۰	---	۴۰	۰/۴۲۵ (۴۲۵)
۷۰ - ۵۵	۳۵ - ۱۵	۵۰	۰/۳۰۰ (۳۰۰)
۰ - ۰	---	۸۰	۰/۱۸۰ (۱۸۰)
---	۵ - ۰	۱۰۰	۰/۱۵۰ (۱۵۰)

FHWA سه نوع از دانه‌های شیشه‌ای جدید، که در تمام شرایط جوی برای خط‌کشی‌های روسازی کارایی داشته باشند، را عرضه کرده است. مشخصات این گونه‌های جدید، که از اندازه مش آنها از شماره ۸ تا شماره ۲۵ متغیرند، در جدول (۲-۹) آورده شده‌اند. سرعت اعمال دانه‌های شیشه‌ای بزرگتر در مواد مذکور در FHWA's FP-92 آورده شده است [۱۶].

جدول ۲-۹: درجه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای بزرگ نوع ۳، ۴ و ۵ توسط FHWA [۱۱]

درصد وزنی عبوری از الک مورد نظر (ASTM D 1214)			اندازه الک
نوع طراحی شده			
نوع ۵ یا V	نوع ۴ یا VI	نوع ۳ یا III	
۱۰۰			شماره ۸ (۲/۳۶ میلی‌متر)
۱۰۰-۹۵	۱۰۰		شماره ۱۰ (۲/۰۰ میلی‌متر)
۹۵-۸۰	۱۰۰-۹۵	۱۰۰	شماره ۱۲ (۱/۷۰ میلی‌متر)
۴۰-۱۰	۹۵-۸۰	۱۰۰-۹۵	شماره ۱۴ (۱/۴۰ میلی‌متر)
۵-۰	۴۰-۱۰	۹۵-۸۰	شماره ۱۶ (۱/۱۸ میلی‌متر)
۲-۰	۵-۰	۴۰-۱۰	شماره ۱۸ (۱/۰۰ میلی‌متر)
	۲-۰	۵-۰	شماره ۲۰ (۰/۸۵ میلی‌متر)
		۲-۰	شماره ۲۵ (۰/۷۱ میلی‌متر)

شایان ذکر است که در استاندارد EN 1423 اشاره‌ای به اندازه‌های مخصوص دانه‌های شیشه‌ای درشت نشده است.

### ۲-۴-۶- سایر آزمونها

علاوه بر موارد فوق، سایر آزمونهای تعیین خواص از قبیل: مقاومت در برابر رطوبت (برای دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده)، پوشش شناورساز (برای دانه‌های شیشه‌ای پوشش دار)، تعیین پوشش چسبنده<sup>۱</sup> و آزمونهای تعیین سازگاری و تأیید کیفیت دانه‌های شیشه‌ای، باید توسط یک مرکز معتبر و مورد تأیید وزارت راه و ترابری ایران، بر اساس روش‌های توصیف شده در استانداردهای EN 1423 و EN 1424 انجام شود [۱۰-۱۱].

### ۲-۵- آزمونها و ویژگیهای ساختار شیمیایی

جنس ماده سازنده دانه‌های شیشه‌ای معمولی عمدتاً سیلیکای آمورف یا غیر کریستالی است. ترکیب شیمیایی دانه‌های شیشه‌ای باید طبق جدول ۲-۱۰ باشد:

جدول ۲-۱۰: ترکیب شیمیایی دانه‌های شیشه‌ای [۵]

درصد	مواد
کمتر از ۷۰ درصد نباشد.	SiO <sub>2</sub> (اکسید سیلیسیوم)
مجموعاً کمتر از ۸ درصد نباشد.	CaO (اکسید کلسیم) MgO (اکسید منیزیم)
مجموعاً بیشتر از ۱۸ درصد نباشد.	Na <sub>2</sub> O (اکسید سدیم) K <sub>2</sub> O (اکسید پتاسیم) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (اکسید آلومینیوم) Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (اکسید آهن (III))

- سیلیکا: در صورت آزمایش شدن مطابق با استاندارد ASTM D 169 دانه‌های شیشه‌ای باید حداقل حاوی ۶۵ درصد وزنی سیلیکا باشند.



- مقاومت در برابر مواد شیمیایی مختلف: دانه‌های شیشه‌ای باید در برابر آب، کلرید کلسیم، سولفید سدیم و اسید، مقاوم باشند و پس از انجام آزمون بر اساس استاندارد EN 1423 سطح آنها کدر نشود و یا آسیب نبیند [۱۱].  
نتیجه آزمون: در مقایسه با نمونه‌ی عمل‌آوری نشده نباید هیچ‌گونه کدورت یا ماتی در سطح دانه‌های شیشه‌ای مشاهده شود.

## ۲-۶- روش و ویژگیهای اجرایی

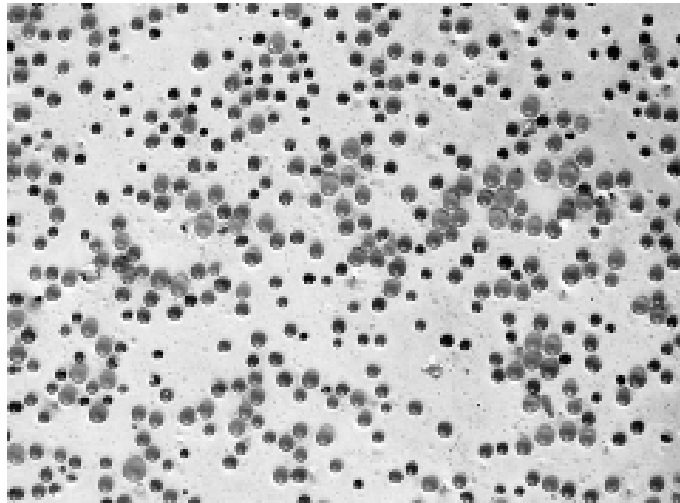
همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، در هنگام اجرای دانه‌های شیشه‌ای روشهای اسپری (پاشش با فشار) و روپاشی (جاذبه‌ای) روی مواد خط‌کشی تر استفاده می‌شوند. بازتاب نور برگشتی را می‌توان به وسیله اجرای دانه‌های شیشه‌ای بر روی سطح با روش روپاشی تا حدی کنترل کرد. دو عامل مهم که در اجرای دانه‌های شیشه‌ای باید کنترل شده و نیاز به بازرسی موضعی دارند، عبارتند از: مقدار و نحوه پراکندگی دانه‌های شیشه‌ای و دیگری عمق فرورفتگی دانه‌های شیشه‌ای در طول خط‌کشی. این خواص باید با کنترل موارد زیر اصلاح گردد:

- سرعت روپاشی دانه‌های شیشه‌ای،
- سرعت حرکت ماشین خط‌کشی،
- درجه حرارت اجرای خط‌کشی،
- تنظیم ویسکوزیته رنگ.

## ۲-۶-۱- مقدار و نحوه پراکندگی دانه‌های شیشه‌ای [۱۲]

بازرسی میزان پوشش سطح با دانه‌های شیشه‌ای و نحوه پراکندگی آنها در سراسر خط‌کشی، برای تضمین یکنواختی بازتاب نور برگشتی ضروری است. معمولاً هر قدر میزان دانه‌های شیشه‌ای روی سطح بیشتر باشد، بازتاب نور برگشتی بیشتری ایجاد می‌شود. البته این افزایش یک حد بهینه دارد، به گونه‌ای که ممکن است مصرف مقدار بیش از این حد بهینه موجب کاهش بازتاب نور برگشتی شود.

تراکم دانه‌های شیشه‌ای را می‌توان با دوروش "مشاهده سطح خط‌کشی از نزدیک" و یا با "به کارگیری روش آفتاب پشت شانه<sup>۱</sup> (بند ۲-۶-۳)" کنترل کرد. نحوه پاشش باید به گونه‌ای باشد که دانه‌های شیشه‌ای به طور یکنواخت روی سطح خط‌کشی پخش شود. در صورتی که توزیع دانه‌ها یکنواخت نباشد، احتمال درست عمل نکردن پیستوله دانه‌پاش یا پمپ دستگاه وجود دارد. شکل (۲-۱۵) نمونه‌ای از توزیع یکنواخت و مناسب دانه‌های شیشه‌ای بر روی خط‌کشی گرم نشان داده شده است.



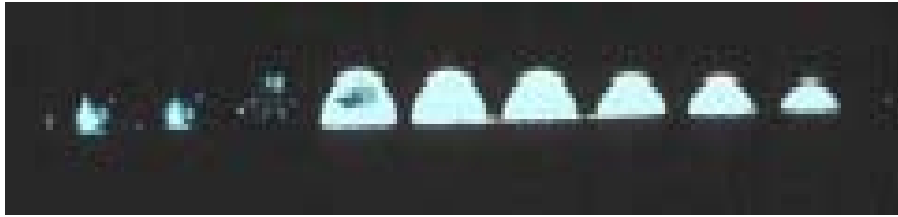
شکل ۲-۱۵: پراکندگی مناسب دانه‌های شیشه‌ای در خط‌کشی با رنگ گرم [۱۲]

در صورت وجود یک لایه نازک از مواد خط‌کشی (مانند رنگ سرد پایه آبی، اپوکسی و...)، بازرس باید از عدم غلتش<sup>۲</sup> دانه‌ها در هنگام ریزش خط‌کشی اطمینان حاصل کند. غلتش دانه‌های شیشه‌ای زمانی اتفاق می‌افتد که ماشین اجرای خط‌کشی با سرعتی بیش از ۱۰ متر بر ساعت حرکت کند. وقتی دانه‌های شیشه‌ای در مواد خط‌کشی می‌غلتنند سطح آنها توسط فیلم نازکی از بیندر پوشیده می‌شود و قابلیت بازتاب نور برگشتی از بین می‌رود.

1- Sun-Over-Shouther  
2- Rolling

### ۲-۶-۲- عمق فرورفتگی دانه‌ها

عمق فرورفتگی دانه‌های شیشه‌ای را می‌توان با مشاهده و بررسی آنها از نزدیک برآورد کرد. برای ایجاد حداکثر بازتاب نور برگشتی باید حدود ۶۰ درصد قطر دانه‌ها در ماده خط‌کشی روسازی فرو رود و بسیار مهم است که جایگیری در عمق مناسب حاصل شود. در شکل (۱۶-۲) تاثیر عمق جایگیری دانه‌های شیشه‌ای بر بازتاب نور برگشتی نشان داده شده است.



شکل ۱۶-۲: اثر عمق فرو رفتگی دانه‌های شیشه‌ای بر میزان بازتاب نور برگشتی [۱۲]

هنگامی که دانه‌های شیشه‌ای در لایه خط‌کشی عمیق فرو نروند (سمت چپ تصویر ۱۶-۲)، به جای اینکه نور به طرف چشم راننده منعکس شود، در جهات مختلف انعکاس می‌یابد، و در نتیجه، از بازتاب نور برگشتی کاسته می‌شود. از طرف دیگر، در دانه‌های شیشه‌ای که در عمق تر در لایه خط‌کشی فرو رفته‌اند نور به مقدار زیاد و کافی منعکس نمی‌گردد (سمت راست تصویر ۱۶-۲) اگر چه، قرار گرفتن دانه‌های شیشه‌ای در عمق خیلی زیاد بهتر از قرار گرفتن آنها در عمق کم و در سطح خط‌کشی است. در طی عملیات خط‌کشی، اگر دانه‌های شیشه‌ای خیلی برجسته یا خیلی فرو رفته به نظر برسند، باید ناظر، اپراتور خط‌کشی را آگاه سازد تا تنظیمات لازم انجام شود. در مورد خط‌کشی گرم، علاوه بر فشار دستگاه اجرا، دمای مواد نیز تاثیر مهمی در میزان فرورفتگی دانه‌ها در خط‌کشی دارد.

### ۲-۶-۳- درخشندگی خط‌کشی در شب

درخشندگی خط‌کشی‌ها در شب از عوامل مختلفی از قبیل: جهت و شدت نور چراغ جلوی اتومبیل، شرایط آب و هوایی (باران، برف، مه) و قدرت دید راننده تاثیر می‌پذیرد

که بعضی از آنها مستقل از ماهیت خط‌کشی می‌باشند. ویژگیهای مواد خط‌کشی و دانه‌های شیشه‌ای، بیشترین و مهمترین تاثیر را در درخشندگی خط‌کشی در طول شب دارند. درخشندگی خط‌کشی‌های روسازی در هنگام شب را می‌توان در طول عملیات خط‌کشی با به کار بردن یکی از دو روش زیر بررسی کرد:

۱. آزمون آفتاب پشت شانه، در روش آزمون Tex-828-B، با عنوان " تعیین ویژگیهای مهم خط‌کشی‌های روسازی " شرح داده شده است. نکات مهم این روش آزمون در جدول (۱۱-۲) درج گردیده است. این روش را فقط زمانی می‌توان اجرا کرد که زاویه (خورشید نسبت به افق ۲۰ الی ۸۰ درجه باشد. در صورتی که دانه‌های شیشه‌ای به اندازه کافی در خط‌کشی فرو نرفته باشند و توزیع درستی نیز نداشته باشند خط‌کشی مورد آزمون، درخششی یکنواختی نخواهد داشت. در شکل (۲-۱۷) چگونگی انجام آزمون آفتاب پشت شانه نشان داده شده است [۱۲].
۲. تعیین میزان بازتاب نور برگشتی در خط‌کشی به وسیله یک بازتاب‌سنج نور برگشتی دستی و مقایسه با حداقل مقدار تعریف شده است.

#### جدول ۱۱-۲: روش آفتاب پشت شانه از آزمون Tex-828-B [۱۲]

۱. با قرار گرفتن خورشید در موقعیت مکانی ۲۰ تا ۸۰ درجه نسبت به افق، در محلی بایستید که خورشید پشت شما باشد.
۲. به خطوط ترافیک مقابل خودتان موازی با سایه خودتان نگاه کنید.
۳. فاصله خود را از خطوط به گونه‌ای تنظیم کنید که سایه سر شما بر خط مشاهده شده منطبق گردد.
۴. در این محل، موقعیت بازتابش نور برگشتی خط‌کشی را ارزیابی کنید.



شکل ۲-۱۷: آزمون آفتاب پشت شانه طبق روش مذکور در دستورالعمل Tex-828-B [۱۲]

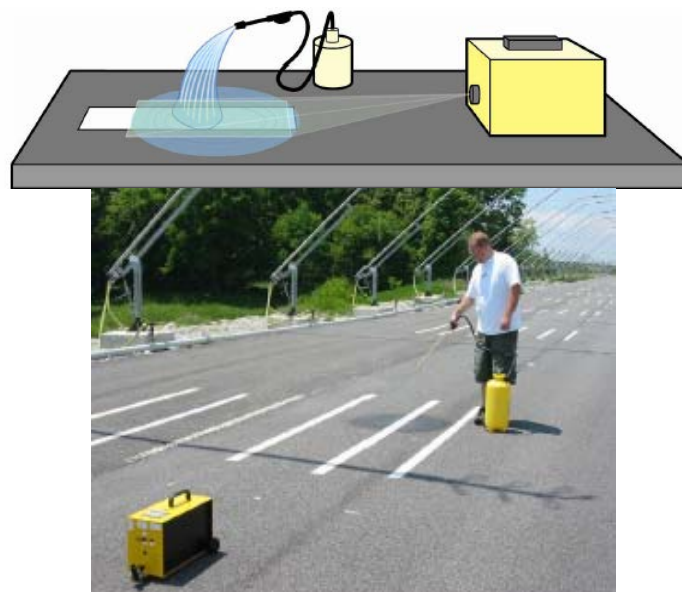
اگر مقدار درخشندگی خط‌کشی با مقادیر تعیین شده مطابقت نمی‌کند، ناظر باید بلافاصله اپراتور را مطلع سازد. در بعضی موارد اندازه‌گیری‌های دستگاهی اندازه واقعی، بازتاب نور برگشتی خط‌کشی را به طور دقیق مشخص نمی‌کنند. این اختلاف بیشتر زمانی رخ می‌دهد که سطح روسازی صاف نباشد. بنابراین در انتخاب محل مناسب برای انجام این آزمون باید دقت کافی نمود و بهتر است و در صورت امکان آزمون تعیین بازتابش نور برگشتی در یک محل صاف و مسطح انجام گیرد.

#### ۲-۶-۴- اندازه‌گیری بازتاب نور برگشتی در شرایط آب و هوایی مختلف [۷ و ۱۶]

کمیت  $R_L$  را می‌توان در شرایط آب و هوایی مختلف از جمله شرایط خشک، بارانی و مرطوب (پس از بارندگی) بر اساس استانداردهای ASTM E 1710 (برای شرایط خشک)، ASTM E 2176 (در شرایط بارندگی مداوم)، ASTM E 2177 (در شرایط مرطوب یعنی پس از بارندگی) و ASTM D 6359 (مشخصات استاندارد برای حداقل بازتاب نور برگشتی اندازه‌گیری شده توسط دستگاههای بازتاب‌سنج قابل حمل و دستی در خط‌کشی‌های تازه اجرا شده) یا استاندارد EN 1436 اندازه‌گیری کرد.

برای شرایط بارانی و مرطوب به ترتیب از روشهای "پاشش آب" و "غوطه‌وری در آب" استفاده می‌شود.

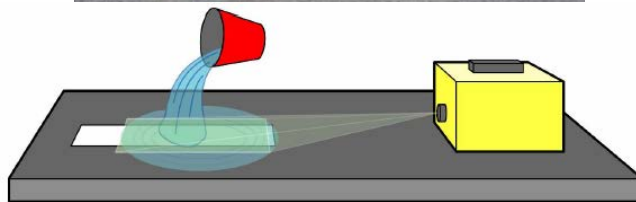
۱. "روش پاشش آب": این روش برای شبیه سازی شرایط بارش مداوم باران و خیس شدن سطح جاده در هنگام بارندگی به کار گرفته می‌شود. مطابق با شکل (۲-۱۸)، آب از فاصله حدود ۵۵ سانتی متری به طور مستقیم روی خط‌کشی اسپری می‌گردد. با حرکت مدور نازل پاشش، دایره‌ای خیس به قطر ۶۰ سانتی متر، ایجاد می‌شود. ۱۵ ثانیه پس از خیس شدن کامل خط‌کشی، سه اندازه‌گیری تکرارپذیر، در زمانی که پاشش هنوز ادامه دارد، صورت می‌گیرد. دبی پاشش آب ۰/۸ لیتر بر دقیقه تنظیم می‌شود.



شکل ۲-۱۸: اندازه‌گیری میزان بازتاب نور برگشتی به روش پاشش آب بر سطح خط‌کشی به منظور شبیه‌سازی شرایط بارانی براساس استاندارد EN 1436 [۷ و ۱۶]

۲. "روش غوطه‌ورسازی در آب": برای شبیه‌سازی خیس‌شدگی سطح خط‌کشی پس از بارندگی به کار می‌رود. مطابق با شکل (۲-۱۹)، ابتدا، سطح خط‌کشی با

مقدار زیادی آب اشباع شده و سپس اندازه‌گیری بازتاب نور برگشتی پس از گذشت ۴۵ ثانیه از ریختن حدود چهار لیتر آب روی خط‌کشی انجام می‌شود.



شکل ۲-۱۹: اندازه‌گیری میزان بازتاب نور برگشتی به روش غوطه‌ورسازی سطح خط‌کشی در آب به منظور شبیه‌سازی خیسگی پس از بارندگی بر اساس استاندارد EN 1436 [۷ و ۱۶]

برای اینکه خط‌کشی‌های روسازی در راه‌های بین شهری از بازتاب نور برگشتی مناسب برخوردار باشند، باید ضریب روشنایی بازتاب برگشتی یعنی  $R_L$  آنها استاندارد باشد. مقادیر مجاز  $R_L$  برای شرایط مختلف طبق استاندارد EN 1436، در جدول ۲-۱۴ تا (۲-۱۶) و مقادیر مجاز  $Q_d$  در جدول (۲-۱۵) درج شده است [۷]. یکی از نکات مهم در مبحث بازتاب نور برگشتی خط‌کشی‌های روسازی، چگونگی اندازه‌گیری این ویژگی در محیط‌های اجرایی است، زیرا خط‌کشی‌های روسازی بر روی جاده اجرا شده‌اند و امکان انتقال آنها به مکانی برای اندازه‌گیری دقیقتر وجود ندارد.

جدول ۲-۱۲: مقادیر قابل قبول  $R_L^1$  برای خط‌کشی‌های جاده در شرایط خشک [۷]

نوع و فام خط‌کشی‌ها در جاده	فام	طبقه‌بندی	حداقل ضریب روشنایی بازتاب نور برگشتی $R_L$ ( $\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{Lx}^{-1}$ )
دائمی	سفید	R0	نیازی نیست
		R2 <sup>®</sup>	۱۰۰
		R4 <sup>®</sup>	۲۰۰
	زرد	R5 <sup>®</sup>	۳۰۰
		R0	نیازی نیست
		R1 <sup>®</sup>	۸۰
موقت		R3 <sup>®</sup>	۱۵۰
		R4 <sup>®</sup>	۲۰۰
		R0	نیازی نیست
		R3 <sup>®</sup>	۱۵۰
		R5 <sup>®</sup>	۳۰۰
			نیازی نیست

<sup>®</sup> در برخی کشورها این طبقه‌بندی در زمان محدودی از سال، که به احتمال زیاد به دلیل حضور آب، گرد و غبار، گل و غیره کارایی خط‌کشی‌ها کاهش می‌یابد، قابل استفاده نمی‌باشند. طبقه  $R_0$  مربوط به شرایطی است که رویت خط‌کشی‌ها در جاده بدون استفاده از دانه‌های شیشه‌ای تحت نور چراغهای اتومبیل امکان پذیر باشد.

جدول ۲-۱۳: مقادیر قابل قبول  $R_L$  برای خط‌کشی‌های جاده در شرایط بارانی [۷]

شرایط بارانی	طبقه	حداقل ضریب روشنایی بازتاب نور برگشتی $R_L$ ( $\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{Lx}^{-1}$ )
اندازه‌گیری بعد از حداقل ۵ دقیقه در معرض باران بودن با بارش یکنواخت ۲۰ میلی متر در ساعت	RR0	نیازی نیست
	RR1	۲۵
	RR2	۳۵
	RR3	۵۰
توجه: طبقه RR0 مربوط به شرایطی است که این نوع بازتاب نور برگشتی، به دلایل فنی یا اقتصادی مورد نیاز نیست.		

۱- چنانچه در بند ۲-۱-۲ نیز شرح داده شد،  $L$  روشنایی منطقه یا محیط تحت تابش پراکنده (روشنایی منطقه در یک جهت معین یا به عبارت دیگر انرژی منبع نوری در واحد زمان و واحد زاویه همگن) است که بر حسب واحد میلی‌کنندلا بر متر مربع ( $\text{mcd}/\text{m}^2$ ) اندازه‌گیری می‌شود.



جدول ۲-۱۴: مقادیر قابل قبول  $R_L$  برای خط‌کشی‌های جاده در شرایط مرطوب [V]

شرایط خیس	طبقه	حداقل ضریب روشنایی بازتاب نور برگشتی $R_L$ ( $\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{Lx}^{-1}$ )
اندازه‌گیری یک دقیقه بعد از تر شدن سطح خط‌کشی با آب	RW0	نیازی نیست
	RW1	۲۵
	RW2	۳۵
	RW3	۵۰

طبقه  $RW0$  برای مواقعی در نظر گرفته می‌شود که این نوع بازتاب برگشتی بنا به دلایل فنی یا اقتصادی مورد نیاز نمی‌باشد.

جدول ۲-۱۵: طبقه‌بندی  $Q_d$  برای خط‌کشی‌های جاده در شرایط خشک [V]

فام خط‌کشی‌ها در جاده	نوع سطح جاده	طبقه‌بندی	حداقل ضریب روشنایی تحت تابش پراکنده $Q_d$ ( $\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{Lx}^{-1}$ )
سفید	رویه آسفالتی	Q0	نیازی نیست
		Q2 Q3	$Q_d \geq 100$ $Q_d \geq 130$
زرد	رویه بتنی	Q0	نیازی نیست
		Q3 Q4	$Q_d \geq 130$ $Q_d \geq 160$
زرد		Q0	نیازی نیست
		Q1 Q2	$Q_d \geq 80$ $Q_d \geq 100$

طبقه  $Q0$  زمانی در نظر گرفته می‌شود که دید در نور روز از طریق مقدار فاکتور روشنایی  $\beta$  قابل حصول می‌باشد.

اندازه‌گیری در هندسه ۳۰ متری متداول‌تر از اندازه‌گیری در هندسه ۱۵ متری است. برای تبدیل اندازه‌گیری‌های هندسه ۱۵ متری به ۳۰ متری روش آسانی وجود ندارد. هندسه وسیله اندازه‌گیری بازتابش با جزئیات بیشتر در ASTM E 1710 تشریح شده است. قابل توجه است که معمولاً دستگاههای بازتاب‌سنج مختلف، مقادیر متفاوتی از بازتاب نور

برگشتی را برای یک خط‌کشی مشخص نشان می‌دهند و هیچ فاکتور تبدیل دقیقی برای آنها وجود ندارد [۱۵].

بازتاب سنجهای دستی بسیار ارزانتر از نوع متحرک بوده و کار با آنها بسیار آسانتر است و نیاز به مهارت بسیار کمتری دارد. البته وقتی تعداد زیادی اندازه‌گیری مورد نیاز باشد یا هنگامی که اندازه‌گیری روی جاده‌های با ترافیک بالا صورت بگیرد، نوع دستی نامناسب است و باید از نوع متحرک آن استفاده کرد. همچنین هنگام کار با دستگاه نوع دستی، رعایت نکات ایمنی، از سوی کارگران، الزامی است زیرا، اغلب در حین اندازه‌گیری کارگران در معرض ترافیک قرار می‌گیرند. متداول‌ترین بازتاب سنجهای نور برگشتی دستگاه بازتاب‌سنج TLT 2000 است. این دستگاهها هم در شرایط آزمایشگاهی و هم در شرایط میدانی قابل استفاده می‌باشند.

با توجه به اینکه عواملی از قبیل نوع رنگ و میزان متوسط ترافیک روزانه نقش بسزایی در طول عمر خط‌کشی‌ها دارند و بازتاب نور برگشتی به عنوان یکی از عوامل تعیین‌کننده طول عمر خط‌کشی‌ها و زمان تجدید اجرای خط‌کشی در نظر گرفته می‌شود. زمانهای مناسب جهت کنترل بازتاب نور برگشتی خط‌کشی در رنگهای مختلف به صورت زیر توصیه می‌شود:

برای بررسی عملکرد خط‌کشی با رنگ سرد توصیه می‌شود که بار اول، پس از هفت روز از شروع اجرا و سپس، با توجه به طول عمر پیش‌بینی شده هر سه ماه یک بار برای رنگهای با طول عمر ۱۲ ماه، دو ماه یک بار برای رنگهای با طول عمر ۶ الی ۹ ماه و هر ماه برای رنگهای با طول عمر ۶ ماه تا حداکثر یکسال، این خط‌کشی‌ها ارزیابی شوند. البته رنگهای سرد بادوام نیز در صورت درخواست سازنده می‌تواند تا دو سال مورد ارزیابی میدانی قرار گیرد. برای این منظور می‌توان از بند ۹-۷ راهنمای دستورالعمل استفاده کرد.

برای بررسی عملکرد خط‌کشی با رنگ گرم توصیه می‌شود که بار اول پس از هفت روز از شروع اجرا و سپس با توجه به طول عمر پیش‌بینی شده هر سه ماه یک بار در سال اول و دو ماه یک بار در سالهای دوم به بعد برای رنگهای با طول عمر بیش از ۲۴ ماه

و دو ماه یک بار در سال اول و یک ماه یک بار در سال دوم برای رنگهای با طول عمر ۱۸ الی ۲۴ ماه، خط‌کشی‌ها ارزیابی شوند. برای این منظور می‌توان از بند ۹-۷ استفاده کرد. موارد مذکور بر اساس نوع رنگ سرد و گرم در جدولهای (۲-۱۶) و (۲-۱۷) خلاصه شده است:

جدول ۲-۱۶: حداقل مقادیر مجاز ضرایب بازتاب نور برگشتی در شب ( $R_L$ ) و روز ( $Q_d$ ) در رنگهای

گرم و سرد

بازتاب نور برگشتی در روز ( $Q_d$ )	بازتاب نور برگشتی در شب ( $R_L$ )			فام خط‌کشی	نوع رنگ
	مرطوب	بارانی	خشک		
۱۰۰ (Q2)	۲۵ (RW1)	۲۵ (RR1)	۱۰۰ (R2)	سفید	رنگ سرد
۸۰ (Q1)			۸۰ (R1)	زرد	
۱۳۰ (Q3)	۵۰ (RW3)	۵۰ (RR3)	۳۰۰ (R5)	سفید	رنگ گرم
۱۰۰ (Q2)			۲۰۰ (R4)	زرد	

جدول ۲-۱۷: فواصل زمانی اندازه‌گیری ضرایب بازتاب نور برگشتی در شب ( $R_L$ ) و روز ( $Q_d$ ) پس از اجرای خط‌کشی بر روی آسفالت گرم

فواصل زمانی اندازه‌گیری $R_L$ و $Q_d$ پس از اجرا	عمر مفید پیش‌بینی شده بر حسب ماه	نوع رنگ
هر ۳ ماه یک بار	> ۱۲	رنگ سرد
هر ۲ ماه یک بار	۱۲-۹	
هر ماه	۹-۶	
۳ ماه یک بار در سال اول و ۲ ماه یک بار در سالهای بعد	> ۳۶	رنگ گرم
۳ ماه یک بار در سال اول و ۲ ماه یک بار در سالهای بعد	۲۶-۲۴	
۲ ماه یک بار در سال اول و هر ماه در سال دوم	۲۴-۱۸	

### ۲-۶-۵- نکات مهم در فرآیند اجرا

برای اجرای مناسب دانه‌های شیشه‌ای توجه به توصیه‌های زیر ضروری است:

- برای اجرای دانه‌های شیشه‌ای از نوع روپاشی ماشین آلات مخصوصی مورد نیاز می‌باشد و توزیع دستی برای آنها توصیه نمی‌شود.
- دستگاه اعمال کننده دانه‌های شیشه‌ای باید با سرعت اجرا و بازتاب نور برگشتی مطلوب مطابقت داشته باشد.
- باید دقت زیادی به عمل آید تا اثرات ناشی از وزش باد، جریان هوای پشت پخش کننده و سرعت جاده به حداقل برسد.
- در صورت نیاز به اعمال مواد گوشه‌دار همراه با دانه‌های شیشه‌ای، توصیه می‌شود که این مواد به طور جداگانه و دقیقاً قبل از اعمال دانه‌های شیشه‌ای اعمال شوند. اختلاط این مواد با دانه‌های شیشه‌ای قبل از اعمال توصیه نمی‌شود.
- در استاندارد AS/NZS 2009 میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده برای یک سطح صاف ۲۷۰-۳۰۰ گرم بر متر مربع و برای سطوح زبر ۲۷۵ گرم بر متر مربع در نظر گرفته شده است [۸].
- طبق مشخصات TxDOT، سرعت ریزش ذره بر روی مواد ترموپلاستیک معمولاً بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ گرم در متر مربع و برای مواد نقاشی و اپوکسی‌ها غالباً بیشتر از مقدار مذکور می‌باشد [۱۲].
- برخی از سازندگان دانه‌های شیشه‌ای (مانند شرکت Swarco) میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده را بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ گرم بر متر مربع توصیه می‌کنند.
- طبق اسناد مناقصه خط‌کشی وزارت راه و ترابری کشور، حداقل میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای نوع B یا روپاشی شونده، باید ۴۰۰ گرم بر متر مربع باشد.
- از دانه‌های شیشه‌ای نوع روپاشی بایستی به طور مستقیم و بلافاصله پس از اجرای خط‌کشی استفاده شود تا به طور مناسب در مواد غوطه‌ور شوند. برای اجرای همزمان استفاده از سیستم‌های پر فشار بدون هوا برای رنگ سرد و بکارگیری دو پیستوله توصیه می‌شود.
- میزان غوطه‌وری مطلوب ۶۰ درصد عمق دانه شیشه‌ای است.

1- Dispenser

2- Angular Material

- باز کردن مسیر تردد پس از خط‌کشی باید تا خشک شدن کافی خط اجرا شده به تعویق بیفتد تا دانه‌های شیشه‌ای در محل خود تثبیت شوند. زمانهای خشک شدن بستگی زیادی به نوع مواد و ضخامت فیلم اجرا شده دارد.
- اعمال بیش از حد ممکن است از میزان موثر بودن خط‌کشی بکاهد زیرا در این صورت، جرم و آلودگی در بین ذرات قرار گرفته و باعث سایه‌دار شدن اطراف دانه‌ها می‌شود.
- حداقل میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای نوع پیش مخلوط شونده در مواد خط‌کشی ۲۵ درصد وزنی می‌باشد.
- حداقل میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای درون مخلوط شونده در خط‌کشی گرم حداقل ۲۰ درصد وزنی است. این گونه دانه‌های شیشه‌ای در صورت مصرف به صورت روپاشی باید به میزان بیشتری، یعنی ۳۵۰ گرم بر متر مربع روی سطح صاف و قاعدتاً به میزان بیشتری برای سطوح زیر استفاده شوند.
- دانه‌های شیشه‌ای بایستی تمیز و خشک نگهداری شوند تا در حین روپاشی از جریان پذیری ثابت و یکنواختی برخوردار باشند.
- معمولاً دانه‌های نوع روپاشی شونده تحت فشار پائین حدود ۲۰-۱۰ psi (که توسط کمپرسور هوا تامین می‌شود) بوسیله یک اپلیکاتور مناسب اجرا می‌شوند. طراحی اپلیکاتور باید به گونه‌ای باشد که دانه‌ها، به طور یکنواخت و با حداقل ضایعات، در عرض خط‌کشی اعمال شوند.
- برای اجرای دانه‌های شیشه‌ای می‌توان از دستگاه‌های با میزان مصرف و سرعت بیشتر نیز استفاده کرد.

## ۲-۶-۶- تجهیزات مورد نیاز برای کنترل فرآیند اجرا

پارامترهایی که در حین اجرای دانه‌های شیشه‌ای باید توسط اپراتور کنترل شوند عبارتند از:

- تنظیم کننده و درجه فشار هوای مخزن حاوی دانه‌های شیشه‌ای

- وسیله تنظیم نسبت حجم به جرم (کالیبراسیون پخش کننده)
- صفحه‌های مقایسه بصری

## ۷-۲- بسته‌بندی، حمل و نقل و نگهداری دانه‌های شیشه‌ای

ظروف نگهدارنده دانه‌های شیشه‌ای باید از جنسی باشد که ضمن مقاوم بودن، آنها را از آلودگی مصون بدارد. معمولاً کیسه‌های بسته‌بندی از کاغذ کرفت طبیعی پنج لایه با پوشش غیرلغزنده تهیه می‌شوند. لایه‌های فوق شامل: یک لایه پلی وینیلی با دانسیته بالا، دو لایه کرفت طبیعی شماره ۴۰ و دو لایه کرفت طبیعی شماره ۵۰ می‌باشد. بسته‌بندی‌ها باید دارای پوشش نایلونی باشند و در مکان‌های خشک و خنک و مسقف نگهداری شوند و از بارندگی و رطوبت انبار، حرارت اضافی یا آلودگی ناشی از مواد سوختنی، مواد نفتی و روغن‌ها و گریس‌ها محفوظ بمانند.

در اکثر موارد، دانه‌های شیشه‌ای به یکی از دو شکل زیر، بسته‌بندی می‌شوند:

۱. در کیسه‌های  $۲۵ \pm ۰/۵$  کیلوگرمی

۲. کارتنهای یک تنی حاوی کیسه‌های  $۲۵ \pm ۰/۵$  کیلوگرمی

در هنگام جابجایی، باید از بسته‌بندی‌ها در مقابل بارندگی، رطوبت زیاد و فشار ناشی از قرار گرفتن بیش از پنج کیسه دانه‌های شیشه‌ای بر روی هم جلوگیری کرد. کارتنهای حاوی کیسه‌های دانه‌های شیشه‌ای باید سه لایه و دارای پوشش نایلونی مقاوم در برابر شرایط محیطی باشند. کارتنها بر روی پالت‌های چوبی قابل حمل توسط لیفت تراک قرار دارند. معمولاً هر کارتن حاوی ۴۰ کیسه ۲۵ کیلوگرمی است که در پنج ردیف بر روی یکدیگر قرار دارند. حداکثر مجاز تعداد کیسه‌هایی که بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند، نباید بیش از ۵ کیسه باشد. روی بدنه هر کارتن باید کلیه مشخصاتی که روی کیسه‌های دانه‌های شیشه‌ای درج شده آورده شود. علامت‌گذاری روی هر ظرف باید به صورت واضح بوده و حاوی اطلاعات زیر باشد:

- نوع و کاربرد دانه‌های شیشه‌ای
- شماره استاندارد مورد نظر جهت کنترل کیفیت

- وجود پوشش ضد رطوبت یا شناورساز
- وزن محتویات ظرف
- نام شرکت سازنده و نام تجاری آن
- شماره بچ
- تاریخ تولید
- دانه‌بندی

## ۲-۸- مشکلات موجود در اجرای دانه‌های شیشه‌ای و راه‌های رفع آنها [۱۲]

بعضی از مشکلاتی را که در حین اجرای دانه‌های شیشه‌ای روی می‌دهد و راه‌حلهای بالقوه جهت حل این مشکلات در جدول (۲-۱۸) ارائه شده است.

جدول ۲-۱۸: مشکلات و راه‌حل‌ها در اجرای دانه‌های شیشه‌ای [۱۲]

مشکلات	رفع مشکل
تجمع دانه‌های شیشه‌ای در یک سو	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تنظیم فاصله پیستوله پاشنده دانه‌های شیشه‌ای</li> <li>• باز کردن پیستوله پاشنده دانه‌های شیشه‌ای</li> </ul>
تجمع دانه‌های شیشه‌ای در وسط خط	<ul style="list-style-type: none"> <li>• افزایش فشار مخزن دانه‌های شیشه‌ای</li> <li>• تنظیم فاصله کلاهک منحرف کننده و پیستوله پاشنده دانه‌های شیشه‌ای</li> <li>• تنظیم پیچ کنترل فشار دانه‌های شیشه‌ای</li> <li>• افزایش اندازه سره</li> </ul>
استفاده بیش از حد از دانه‌های شیشه‌ای	<ul style="list-style-type: none"> <li>• جایگزینی پیستوله و یا تعویض قطعات آن</li> <li>• کاهش فشار مخزن دانه‌های شیشه‌ای</li> </ul>
دانه‌های شیشه‌ای در خط‌کشی فرو رفته‌اند	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تنظیم ارتفاع پیستوله پاشنده پیستوله</li> <li>• تنظیم زاویه پیستوله پاشنده دانه‌های شیشه‌ای</li> <li>• کنترل ضخامت خط‌کشی</li> <li>• پایین آوردن دمای مواد خط‌کشی</li> </ul>
دانه‌های شیشه‌ای به طور نسبی با مواد خط‌کشی پوشیده شده‌اند	<ul style="list-style-type: none"> <li>• کاهش سرعت ماشین خط‌کشی</li> </ul>
دانه‌های شیشه‌ای به طور کافی توسط رزین احاطه نشده‌اند	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تنظیم فاصله پیستوله پاشنده دانه‌های شیشه‌ای</li> <li>• افزایش دمای مواد خط‌کشی</li> </ul>
مسدود شدن دهانه خروجی پاشنده دانه‌های شیشه‌ای	<ul style="list-style-type: none"> <li>• افزایش فشار مخزن حاوی دانه‌های شیشه‌ای</li> <li>• جایگزینی اعمال کننده</li> </ul>
تجمع تعداد زیادی از دانه‌های شیشه‌ای روی سطح خط‌کشی	<ul style="list-style-type: none"> <li>• پیستوله دانه‌های شیشه‌ای نزدیک به خط‌کشی</li> </ul>

## ۲-۹- چک‌لیست کنترل دانه‌های شیشه‌ای در هنگام خرید

برای کنترل کیفیت دانه‌های شیشه‌ای مصرفی، در هنگام خرید، مجری موظف است مشخصات فنی دانه‌های شیشه‌ای را طبق مشخصات درج شده در جدول (۲-۱۹) در یک آزمایشگاه معتبر مورد آزمایش قرار دهد و در صورتی که نتایج حاصل از آزمون در حد قابل قبول باشد اقدام به خرید نماید. در غیر اینصورت بایستی ضمن تماس با شرکت سازنده یا فروشنده محصول مورد نظر، در صدد حل مشکل برآید. دانه‌های شیشه‌ای باید کروی بوده و از مواد تازه (غیر بازیافتی) تهیه شده و در مقابل سایش ناشی از ترافیک مقاوم باشد. همچنین سطح دانه‌های شیشه‌ای نباید دارای خراش یا رنگ باشد.

جدول ۲-۱۹: مشخصات فنی دانه‌های شیشه‌ای در هنگام خرید

نتایج آزمون	مقدار قابل قبول	روش آزمون طبق بند	مشخصات فنی دانه‌های شیشه‌ای
	طبق جدول ۲-۹	۲-۵-۱	آنالیز شیمیایی
	طبق جداول ۲-۱ تا ۲-۶	۲-۴-۵	دانه‌بندی
	۷۰ الی ۸۰	۲-۴-۲	درصد دانه‌های کروی و سالم
	۲۰ الی ۳۰	۲-۴-۱ و ۲-۴-۲	حداکثر درصد کلی دانه‌های معیوب
	۲/۴ الی ۲/۶	۲-۴-۳	وزن مخصوص (گرم بر سانتی متر مکعب)
	۱/۴ الی ۱/۶	۲-۴-۴	ضریب شکست
	—	۲-۴-۶	وجود پوشش بر روی دانه‌های شیشه‌ای و نوع آن
	شفافیت و عدم کدرشدگی	۲-۵-۲ الی ۲-۵-۵	مقاومت در برابر آب، کلرید کلسیم، سولفید سدیم و اسید



## ۲-۱۰- چک‌لیست کنترل دانه‌های شیشه‌ای قبل از اجرای خط‌کشی

برای کنترل کیفیت دانه‌های شیشه‌ای مصرفی، در هنگام اجرا، ناظر یا پیمانکار موظف است مشخصات فنی دانه‌های شیشه‌ای را طبق موارد درج شده در جدول (۲-۲۰) کنترل کرده و در صورت تطابق نتایج حاصله با نتایج توصیه شده اقدام به اجرا کند. در صورت مشاهده هرگونه نقص، مشکل یا عدم تطابق مشخصات موجود پیمانکار موظف است که قبل از اجرا در صدد حل مشکل بر آید.

جدول ۲-۲۰: چک‌لیست کنترل دانه‌های شیشه‌ای قبل از اجرای خط‌کشی

مشخصات	جزئیات	تطابق
۱. بسته‌بندی	<ul style="list-style-type: none"> <li>• بسته‌بندی‌های حاوی دانه‌های شیشه‌ای باید کاملاً سالم بوده و دانه‌های شیشه‌ای داخل آن صدمه ندیده باشند.</li> <li>• بسته‌بندی باید به نحوی باشد که امکان ریزش دانه‌های شیشه‌ای وجود نداشته باشد.</li> <li>• سر و ته کیسه‌های حاوی دانه‌های شیشه‌ای باید با نخ کتان دوخته شده باشد.</li> </ul>	
۲. مشخصات ظاهری بسته‌بندی‌ها	<ul style="list-style-type: none"> <li>• بر روی تمام بسته‌بندی‌های حاوی دانه‌های شیشه‌ای باید مشخصات کامل از قبیل نام شرکت سازنده، کد یا نام تجاری محصول و نشانه استاندارد بودن محصول قید شده باشد</li> </ul>	
۳. مشخصات ظاهری دانه‌های شیشه‌ای	<ul style="list-style-type: none"> <li>• دانه‌های شیشه‌ای باید کاملاً بی‌رنگ، شفاف، کروی، سالم و عاری از هر گونه خراشیدگی، کدری و حباب‌های هوا باشند. از جمله مواردی که به عنوان عیب و نقص دانه‌های شیشه‌ای محسوب می‌شوند، عبارت است از: دانه‌های بیضی شکل یا تغییر شکل یافته، دانه‌های ذوب شده و به هم چسبیده (انحراف از شکل کروی)، دانه‌های کدر یا شیرین رنگ، مواد خارجی، دانه‌های کروی حباب‌دار و وجود حباب و ذرات ریز خارجی.</li> </ul>	
۴. جریان‌پذیری و سیال بودن دانه‌های شیشه‌ای	<ul style="list-style-type: none"> <li>• هیچ‌گونه کلوخه شدگی و بهم چسبیدگی نباید در دانه‌های شیشه‌ای وجود داشته باشد. برای این منظور می‌توان سیال بودن و روان‌پذیری یکنواخت و آسان دانه‌های شیشه‌ای را کنترل کرد.</li> </ul>	
۵. میزان مصرف	<ul style="list-style-type: none"> <li>• در روش اجرای روپاشی، میزان مصرف باید ۴۰۰ الی ۶۰۰ گرم بر متر مربع باشد.</li> <li>• در روش اجرای پیش‌مخلوط، میزان مصرف باید ۲۰ الی ۳۰ درصد وزنی رنگ باشد*.</li> </ul>	

\* لازم به ذکر است که در پیش‌نویس آیین‌نامه علائم سطحی (ویرایش اول)، میزان مصرف ۱۰ الی ۵۰ درصد وزنی کل مواد مصرفی برای خط‌کشی راه و گاهی بیشتر نیز توصیه شده است. مقدار توصیه شده ۲۰ الی ۳۰ درصد به عنوان مقدار بهینه در این دستورالعمل با توجه به اهمیت دوام و عدم ته‌نشینی در زمان انبارداری در نظر گرفته شده است. لذا، در صورتی که مصرف مقادیر بیش از ۳۰ درصد به سایر ویژگی‌های خط‌کشی آسیبی نرساند، از میزان ۵۰ درصد نیز می‌توان بهره جست.

## ۲-۱۱- مراجع

1. Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, 2003.
۲. نشریه شماره ۳-۲۶۷ (علائم ایمنی راه): آئین‌نامه ایمنی راهها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور فنی، و وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده حمل‌ونقل، فصل پنجم ۱۳۸۴.
۳. "کنفرانس سازمان ملل متحد درباره ترافیک راهها"، کنوانسیون راجع به علائم راهها، وزارت راه و ترابری، تهیه و تنظیم: اداره کل ترافیک و نظارت بر امور حمل‌ونقل.
4. James Miglets, Joseph K. Fish, and Jerry L. Graham, "*Roadway Delineation Practices Handbook*", U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Report No. FHWA A-SA-93-001, August 1994.
5. British Standards Institution, British Standard 6088: "*Specification for Solid Glass Beads for Use With Road Marking Compounds and for Other Industrial Uses*", London, 1981.
6. ASTM E 1710" 2002: "*Retroreflectometer Road Marking Road Signs Reflective Materials*".
7. EN 1436: 2003: "*Road Marking Materials-Road Marking Performance for Road Users*".
8. *Safty, Health and Environment Guide, Road Marking Materials*", NZRF, NZ Roadmarkers Federation Inc., 2003.

9. AASHTO M247, "*Standard Specification for Glass Beads Used in Traffic Paints*", 1996.
10. EN 1423, *BS EN 1423: 2003: Road marking materials - Drop on materials - Glass beads, antiskid aggregates and mixtures of the two.*
11. EN 1424, *BS EN 1424: 2003: Road marking materials - Premix Glass Beads.*
12. Carlos A. Lopez, P.E., "*Pavement Marking Handbook*", Copyright © 2004 by Texas Department of Transportation.
13. Japan Environment Association, "*Glass Beads for Traffic Paint*" JIS R 3301.
۱۴. آئین‌نامه علائم سطحی (ویرایش اول)، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، پائیز ۱۳۸۱.
15. ASTM D 1214, 2002: "*Standard Test Method for Sieve Analysis of Glass Spheres*". Section 5, Glass Spherical Beads Waterborne Traffic Paint
16. Final Contract Report "*Wet Night Visibility of Pavement Markings*", Ronald B. Gibbons, Jonathan Hankey, Irena Pashaj Virginia Tech Transportation Institute Oct. 2004.







## فصل سوم

### رنگ سرد (پایه آبی و حلالی)

#### ۳-۱- تعریف

رنگ<sup>۱</sup> سرد ترافیکی، مایعی است که از اختلاط رزین یا پیونده، پیگمنت، پرکننده، حلال و مواد افزودنی تهیه می‌شود و مطابق با استاندارد EN 1871، مایعی حاوی ذرات جامد می‌باشد که در یک حلال آلی و یا در آب بصورت سوسپانسیون در آمده است [۱]. رنگ سرد را می‌توان به صورت یک یا چند جزئی تهیه کرد و وقتی با استفاده از قلم مو، غلتک، اسپری و یا هر روش مناسب دیگری بر سطح روسازی اجرا گردد، پس از تبخیر حلال و یا انجام یک فرایند شیمیایی، به یک فیلم پیوسته تبدیل می‌شود. رزینهای مصرفی در رنگ سرد به دو نوع پایه آبی و حلالی تقسیم می‌شود. پیگمنت در هنگام ساخت رنگ در رزین پخش شده و نقش آن ایجاد فام رنگی و پشت‌پوشی در رنگ است. معمولاً غلظت بهینه پیگمنتها در رنگ سرد بین ۴۲ تا ۵۹ درصد وزنی متغیر می‌باشد. عمده پیگمنت‌های مصرفی در رنگ سرد عبارت است از: دی اکسید تیتان برای ایجاد فام سفید و کرومات سرب برای ایجاد فام زرد. در سالهای اخیر به دلیل خطرات زیست محیطی ترکیبات حاوی کروم، از پیگمنت‌های زرد آلی به عنوان جایگزین کرومات سرب در رنگهای ترافیک استفاده می‌شود. علاوه بر پیگمنت‌های اصلی در رنگهای ترافیکی از مواد پرکننده (مانند کربنات کلسیم و ترکیبات سیلیکا) نیز برای کاهش قیمت و گاهی ایجاد خواص فیزیکی و مکانیکی به عمل می‌آید. در سیستمهای پایه حلالی، حلالهای هیدروکربنی یا پایه نفتی و

در سیستمهای پایه آبی از آب به عنوان حلال (رقیق کننده) به کار می رود. در صورت وجود حلالهای آلی در رنگ به آن "رنگ سرد پایه حلالی" و در صورت وجود آب در رنگ به آن "رنگ سرد پایه آبی" گفته می شود.

عوامل خارجی متعددی از قبیل حجم ترافیک، زبری سطح روسازی و فرسایش محیطی مقدار زیادی در عملکرد رنگ سرد تأثیر می گذارند. عمر مفید رنگ سرد در جاده های با حجم ترافیک کم، حداکثر یک سال در شرایط عادی تقریباً ۶ تا ۱۲ ماه و بر روی جاده هایی که تردد روزانه بسیار بالا دارند، حداکثر سه ماه است. به علت عمر مفید نسبتاً کوتاه، از رنگ سرد بیشتر برای خطکشی جاده هایی با تردد کم تا متوسط استفاده می شود.

رنگ سرد معمولاً به روش اسپری با ضخامت فیلم تر، حدود ۶۰۰ میکرون و ضخامت فیلم خشک حداقل ۳۵۰ میکرون، بر سطح روسازی اجرا می شود. معمولاً در خطکشی با رنگ سرد از دانه های شیشه ای برای ایجاد قابلیت انعکاس نور و قابلیت دید خطکشی در شب استفاده می گردد. به طور متوسط مقدار مصرف دانه های شیشه ای روپاشی شونده نوع B در رنگ سرد، باید حداقل ۴۰۰ گرم بر متر مربع باشد.

در حال حاضر بخش اعظم سیستم خطکشی راه های کشور را رنگهای سرد تشکیل می دهد [۲]. در جدول (۱-۳) توصیه ی کاربردی برای رنگ سرد خطکشی روی سطوح مختلف آورده شده است.

جدول ۱-۳: کاربردهای رنگ سرد در خطکشی روسازی های مختلف

نوع روسازی			
آسفالت گرم	بتن	آسفالت سطحی	
میزان تردد روزانه (AADT)			



کمتر از ۱۰۰۰	۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰	بیش از ۱۰۰۰۰	کمتر از ۱۰۰۰	۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰	بیش از ۱۰۰۰۰	کمتر از ۱۰۰۰	۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰	بیش از ۱۰۰۰۰	کاربردها
Y	Y	N	L	L	L	Y	Y	N	
	۶۲۵-۳۷۵			۶۲۵-۳۷۵			۶۲۵-۳۷۵		ضخامت (میکرون)
	تمیز، خشک و برداشتن شن‌های آزاد			تمیز و خشک			تمیز و خشک		آماده سازی سطح
	۱ تا			۱ تا			۱		عمر مفید مورد انتظار ( سال )
	۲۲۰۰۰-۲۱۰۰۰			۲۲۰۰۰-۲۱۰۰۰			۲۲۰۰۰-۲۱۰۰۰		قیمت متوسط هر کیلوگرم رنگ پایه آبی در سال ۱۳۸۴ (ریال)*
	۱۷۰۰۰-۱۴۰۰۰			۱۷۰۰۰-۱۴۰۰۰			۱۷۰۰۰-۱۴۰۰۰		قیمت متوسط هر کیلوگرم رنگ اکریلیک پایه حلالی در سال ۱۳۸۴ (ریال)
	۲۲۳۰-۲۱۵۰			۲۲۳۰-۲۱۵۰			۲۲۳۰-۲۱۵۰		هزینه مواد و اجرای هر متر خط‌کشی با رنگ سرد با عرض ۱۲ سانتی‌متر به همراه دانه‌های شیشه‌ای بر اساس فهرست بهای سال ۱۳۸۴ (ریال)

پی نوشتها:

۱- Y: مناسب برای استفاده، N: توصیه نمی‌شود L: استفاده محدود

۲- بر روی سطوحی که تازه رویه سطحی اجرا شده، از رنگ سرد فقط برای خط‌کشی‌های موقت و حداکثر تا ۶ ماه استفاده می‌شود.

\*: در فهرست بهای سال ۱۳۸۴، رنگ‌های پایه آبی و رنگ‌های پایه حلالی از یکدیگر تفکیک نشده‌اند.

### ۳-۲- انواع رنگ سرد

بر اساس نوع رزین مصرفی رنگ سرد به سه نوع عمده الکید، الکید اصلاح شده با کلرکائوچو و اکریلیک پایه حلالی، تقسیم می‌شود. با در نظر گرفتن نوع حلال، رنگهای سرد را می‌توان به دو نوع پایه حلالی و پایه آبی تقسیم کرد و برای هر دسته تقسیم‌بندی جزئی‌تری را بر اساس نوع رزین در نظر گرفت.

### ۳-۲-۱- رنگهای ترافیکی سرد پایه حلالی

## ۳-۲-۱-۱- انواع

## • بر پایه رزین‌های الکید

برای سالیان متمادی رنگهای الکید به عنوان رنگهای ترافیکی استاندارد شناخته شده‌اند. الکیدها پس از تبخیر حلال، بر اثر جذب اکسیژن از محیط و انجام واکنش‌های اتواکسیداسیون به یک فیلم جامد تبدیل می‌شوند. البته به طور کلی دوام بسیار کم (کمتر از سه ماه در شرایط سخت و خشن) و همچنین مشکلات ناشی از استفاده از حلال‌های آلی (گران بودن حلال‌ها و آلوده کردن محیط زیست)، باعث گردیده است که در سالهای اخیر از رنگهای سرد پایه آبی و رنگهای ترموپلاستیک گرم بیشتر استفاده شود.

معمولاً رنگهای ترافیک بر پایه رزینهای الکید (اصلاح شده و نشده)، ارزانترین مواد مصرفی برای خط‌کشی روسازی محسوب می‌شوند. تلاشهای زیادی برای افزایش دوام این مواد با ایجاد تغییرات در ترکیب، اصلاح با سایر سیستمهای رزینی و افزایش دانسیته شبکه‌ای شدن آنها انجام شده، اما این تغییرات با افزایش هزینه‌ها و طولانی‌تر شدن زمان خشک شدن همراه بوده است. این نوع رنگ‌ها به علت قیمت مناسب و خشک شدن سریع و آبی، هنوز هم به طور گسترده در خط‌کشی روسازیه‌ها در کشور استفاده می‌شود.

رنگهای سرد الکید معمولاً در فام‌های سفید و زرد عرضه می‌شوند و به روشهای اسپری معمولی و اسپری ایرلس (بدون هوا) روی راههای آسفالتی، به کار می‌روند. رنگهای الکید معمولاً در دو نوع کم جامد (با ۵۰ الی ۵۵ درصد جامد حجمی) و پر جامد (با ۵۵ تا ۶۵ درصد جامد حجمی) عرضه می‌شوند.

## • بر پایه رزینهای الکید اصلاح شده با کلروکائوچو

رنگ ترافیک بر پایه رزین الکید اصلاح شده با کائوچوی طبیعی کلرینه شده، نسبت به رنگ الکید معمولی دوام و ماندگاری بیشتری دارد. از لحاظ ترکیبی، معمولاً درصد جامد حجمی این نوع رنگ بین ۵۵ الی ۶۵ درصد بوده، حلالهای بکار رفته در

فرمولاسیون آن، حلال پایه نفتی است و معمولاً با حلال‌های هیدروکربنی آروماتیکی رقیق می‌شوند. بوی ناخوشایند یکی از مشکلات در استفاده از این نوع رنگ است. حلال متیل اتیل کتون (MEK) موجود در این رنگ حلالی قوی با آستانه مجاز در حدود ۸ بار کمتر از تولوئن مصرفی در رنگ الکییدی معمولی است. مشخصات فنی این نوع رنگ در استاندارد ملی ایران به شماره ۳۳۹ آورده شده است [۳]. این رنگ‌ها را می‌توان غالباً به روش اسپری برای خط‌کشی‌های عرضی و طولی و سایر خط‌کشی‌ها به کار برد.

این رنگ بر روی بتن پولیش شده عملکرد مناسبی ندارد. البته تمام رنگ‌های سرد به خاصیت قلیایی بتن تازه حساس هستند و مواد سخت‌کننده بتن هم ممکن است بر چسبندگی رنگ تأثیر منفی داشته باشند [۴]. برای دستیابی به چسبندگی مناسب، رویه‌های آسفالتی تازه باید به فاصله ۱۴ الی ۳۰ روز و رویه‌های بتنی پس از یک ماه پس از اجرای آسفالت خط‌کشی شوند. البته برای بهبود چسبندگی می‌توان از سیلر و آستر نیز استفاده کرد.

#### • بر پایه رزین‌های اکریلیک پایه حلالی

فرمولاسیون رنگ ترافیکی بر پایه رزین‌های اکریلیک پایه حلالی، بسیار مشابه با فرمولاسیون رنگ‌های اکریلیکی مورد مصرف در صنایع ساختمانی است. مشخصات فنی رنگ‌های ترافیکی اکریلیکی سرد در استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷۵۸ آورده شده است [۵]. این رنگ برای خط‌کشی بر روی رویه‌های آسفالتی و بتونی استفاده می‌شود و معمولاً با ماشین‌آلات رایج خط‌کشی و در شرایطی که سطح جاده رطوبت بسیار کمی دارد و یا هوا بسیار سرد است قابل اجرا می‌باشد. اکریلیک‌های پایه حلالی، برای خط‌کشی‌های موقت کاربرد دارند. در این موارد باید توجه داشت که رزین اکریلیک بکار رفته در رنگ باید دارای گروه عاملی کربوکسیل باشد تا به راحتی در اثر شوینده‌های قلیایی از سطح زدوده شود. از جمله ویژگی‌های رنگ‌های اکریلیکی سرعت بالای خشک شدن، مقاومت شیمیایی خوب، چقرمگی و به ویژه چسبندگی مناسب بر سطح رنگ‌های قدیمی و گچی شده و پایداری نوری بسیار اشاره کرد. رنگ‌های اکریلیکی مانند رنگ‌های بر پایه کلرکائوچو در برابر آسیب‌های شیمیایی نیز مقاوم هستند. این نوع مواد عموماً مقاوم‌تر از رنگ‌های پایه حلالی

الکیدی می باشند. قابلیت عبور رطوبت در این رنگها مطلوب است. رطوبتی که در زیر سطح رنگ وجود دارد (به ویژه در سطوح بتونی) باید به طریقی خارج شود، در غیر این صورت منجر به تاول زدگی سطح رنگ خواهد شد. رنگهای بر پایه رزین اکریلیک می توانند به گونه ای فرموله شوند که اجازه عبور آب را بدهند. رنگ سرد اکریلیکی در شرایط نامناسب مانند دماهای بسیار کم و یا بسیار زیاد و شرایط مرطوب، خواص اجرایی مناسبی دارند. در چنین شرایطی رنگهای اکریلیکی پایه حلالی عملکرد بهتری نسبت به رنگهای اکریلیکی پایه آبی دارند. پلیمرهای ترموپلاستیک اکریلیکی مورد استفاده در سیستمهای خط کشی به دو دسته کلی زیر تقسیم می شوند [۶]:

#### - اکریلیکهای ترموپلاستیک با حلالهای قطبی

این دسته از رزینهای اکریلیکی بر پایه مونومرهای اکریلیکی خالص و یا ترکیب آنها با مونومر استایرن سنتز می شوند و می توان آنها را با استفاده از قلم مو، غلطک و اسپری ایرلس اجرا کرد. از میان روشهای مختلف با استفاده از روش اسپری ایرلس، می توان رنگ را با ضخامت بیشتری اجرا کرد. در فرمولاسیون این رنگها می توان از رزینهای ترکیب شده با نرم کننده ها (مانند پارافین کلرینه) استفاده کرد تا انعطاف پذیری فیلم رنگ بیشتر شود. البته باید توجه داشت که استفاده از نرم کننده ها تا حدودی موجب کاهش مقاومت در برابر سرخوردگی و افزایش تمایل به زرد شدگی نیز می شود. در فرمولاسیون اینگونه رنگها می توان علاوه بر پیگمنتها و پرکننده های معمول، برای جلوگیری از ترک خوردگی فیلم رنگ و کاهش جریان پذیری فیلم رنگ تر از پرکننده های فیبری شکل (مانند فیبر پلی اتیلن) استفاده کرد [۷-۸].

#### - اکریلیکهای ترموپلاستیک با حلالهای هیدروکربنی خطی

رزینهای اکریلیکی بر پایه مونومرهای اکریلیکی و مونومر استایرن با مخلوطی از حلالهای قطبی و آروماتیک (حلقوی) فرموله می شوند. از طرفی، طبق قوانین زیست محیطی اصرار هر چه بیشتر بر حذف حلالهای آروماتیک و جایگزینی آنها با حلالهای

خطی وجود دارد که این امر موجب محدودیتهایی در استفاده از این نوع رزینها شده است. برای جبران این نقص برخی از تولید کنندگان رزینهای اکریلیکی بر پایه مونومرهای اکریلیکی و وینیل تولوئن تولید کرده‌اند. این رزینها که با روش پلیمریزاسیون سوسپانسیونی حاصل می‌شوند، به صورت گرانول به بازار عرضه شده و به راحتی در حلالهای خطی حل می‌گردند. رنگهای فرموله شده بر پایه این گونه رزینها سریع تر خشک شده و پایداری رنگی و دوام بسیار عالی از خود نشان می‌دهند و مقاومت خوبی در برابر ترک خوردگی دارند.

### ۳-۲-۱-۲- محدودیتهای زیست‌محیطی

الکیدهای کم جامد با مواد آلی فرار ۴۰۰ تا ۶۰۰ گرم بر لیتر، بیشترین مواد آلی فرار را دارند. مواد آلی فرار الکیدهای پر جامد و الکیدهای اصلاح شده با کلروکائوچوبین ۴۰۰ تا ۵۰۰ گرم بر لیتر است. باید توجه داشت که بر اساس قوانین زیست محیطی جدید، مقدار مواد آلی فرار موجود در رنگهای ترافیکی نباید بیش از ۱۵۰ گرم بر لیتر باشد. علاوه بر مسائل زیست‌محیطی، خطرات استفاده از حلالهای آلی و نیز قیمت گران آنها باعث شده که مصرف بسیاری از رنگهای ترافیکی پایه حلالی در اکثر کشورهای پیشرفته رو به کاهش باشد [۷]. در اکثر رنگهای ترافیکی با فام زرد عموماً از پیگمنت کرومات سرب استفاده می‌شود. بر اساس قوانین زیست محیطی نباید مقدار سرب در فیلم خشک بیش از ۳۲۰۰ ppm<sup>۱</sup> و مقدار کروم در فیلم خشک بیش از ۸۰۰ ppm باشد.

با افزایش تمایل به استفاده از رنگهای پایه آبی و وضع قوانین جدید زیست محیطی، احتمال دارد که در آینده استفاده از رنگهای پایه حلالی از جمله اکریلیکهای ترموپلاستیک بیشتر محدود شود. زیرا با کاهش حلالهای آلی فرار به کمتر از ۴۵۰ گرم بر لیتر (تا حد ۱۵۰ گرم بر لیتر)، دستیابی به ویسکوزیته لازم برای اجرای خط‌کشی میسر نیست و این مقدار از حلال نیز مغایر با قوانین زیست محیطی است. بنابراین انتظار می‌رود که در آینده، هر چه بیشتر رنگهای پایه حلالی با رنگهای پایه آبی جایگزین شوند [۷-۸].

1- Part Per Miliun (PPM)

## ۳-۲-۲- رنگهای ترافیکی سرد پایه آبی [۹]

رنگهای سرد پایه آبی عمدتاً با استفاده از اکریلیک‌های امولسیون‌ی یا لاتکس‌ها تهیه می‌شوند. این رنگ‌ها معمولاً از اختلاط پیونده پلیمری، پیگمنت، حلال، عامل منعقد کننده<sup>۱</sup>، پایدارکننده، تنظیم‌کننده ویسکوزیته و آب تشکیل می‌شوند. هر کدام از این مواد خاصیتی ویژه و بحرانی در عملکرد کلی رنگ مورد نظر دارند:

- **پیونده پلیمری:** هم‌چسبی بین اجزای ترکیب و رنگ با سطح، مقاومت آب و هوایی و الاستیسیته مکانیکی را ایجاد می‌کند. بهتر است در فرمولاسیون رنگهای پایه آبی سریع خشک شونده از رزینهای ۱۰۰ درصد جامد اکریلیکی استفاده شود.
- **پیگمنت:** پیگمنت‌هایی که عموماً برای ایجاد فام‌های سفید و زرد در رنگهای پایه آبی اکریلیکی استفاده می‌شوند، دی اکسید تیتانیوم برای فام سفید و کرومات سرب و اکسید آهن و برخی پیگمنت‌های آلی برای ایجاد فام زرد هستند.
- **پرکننده:** برای کاهش قیمت، ایجاد مقاومت سایشی و گاهی ایجاد خاصیت پشت پوشی در فرمولاسیون رنگ استفاده می‌شود. کربنات کلسیم در صنعت بیشترین کاربرد را به عنوان پرکننده دارد.
- **آب:** برای کاهش ویسکوزیته در هنگام انتقال و اعمال یا اجرا از حلال آب استفاده می‌شود. آب مصرفی در رنگهای پایه آبی معمولاً بدون املاح سنگین و در محدوده pH خنثی است.
- **حلال آلی (معمولاً متانول) و سایر مواد منعقد کننده:** این مواد از طریق ایجاد همترازی در فیلم رنگ باعث بهبود قابلیت تشکیل فیلم می‌شوند و مقاومت سایشی بهتری را به وجود می‌آورند. حلالها جزو ترکیبات فرار آلی هستند درحالی که مواد همترازکننده معمولاً تا حدود ۱۰۰ ساعت پس از اعمال در فیلم رنگ باقی می‌مانند.

---

1- Coalescing Agents

- سایر افزودنی‌ها: مواد افزودنی به مقدار کم برای ایجاد مقاومت نوری، ثبات انبارداری و کنترل تخریب بیولوژیکی به کار می‌روند. در دهه اخیر سازندگان رنگهای پایه آبی ترافیکی توانسته‌اند بسیاری از مشکلات اولیه را مانند حساسیت به آب و طولانی بودن زمان خشک شدن رنگهای پایه آبی برطرف و این رنگها را به عنوان یک انتخاب قابل قبول برای خط‌کشی روسازی معرفی کنند. مزایای رنگهای پایه آبی نسبت به رنگهای پایه حلالی در جدول (۲-۳) خلاصه شده است.

جدول ۲-۳: مزایا و معایب رنگ سرد پایه آبی نسبت به پایه حلالی

معایب	مزایا
<ul style="list-style-type: none"> <li>• زمان طولانی خشک شدن هنگام اجرا در شرایط مرطوب</li> <li>• حساسیت شدید به دما، رطوبت و وزش باد در محیط اجرا</li> <li>• حساسیت به بارش باران تا حداقل ۴ ساعت پس از اجرا</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• عدم آتشگیری و کم بودن خطرات ناشی از آتش‌سوزی</li> <li>• نبود حلالهای آلی و در نتیجه عدم تاثیر منفی بر محیط زیست و اکسپ خط‌کشی</li> <li>• پایین بودن مقدار ترکیبات فرار آلی (VOC)</li> <li>• امکان استفاده از دانه‌های شیشه‌ای بزرگ‌تر</li> <li>• کارایی بهتر خط‌کشی در شب و در شرایط مرطوب</li> <li>• ضایعات کمتر در بسته‌بندی و امکان استفاده مجدد از ظروف نگهدارنده آنها</li> <li>• عدم ترکیب با آسفالت و در نتیجه عدم بروز مشکل قیرزدگی</li> <li>• صرفه‌جویی در مصرف انرژی ناشی از حذف حلال</li> </ul>

در مجموع با در نظر گرفتن مزایا و محدودیت‌های رنگهای پایه آبی، متولیان امر خط‌کشی در اکثر کشورهای پیشرفته، استفاده از رنگهای پایه آبی را در سطح جاده‌ها به عنوان یک جایگزین مناسب رنگهای پایه حلالی در دستور کار خود قرار داده‌اند.

### ۳-۳- آزمون‌ها و ویژگیهای رنگ سرد در حالت مایع

تضمین کیفیت مواد توسط تولید کننده یا فروشنده، کنترل کیفیت آن مواد به وسیله خریدار یا مجری عملیات خط‌کشی، حفظ و نگهداری از خط‌کشی‌ها در زمان بهره‌برداری و همچنین تعیین طول عمر و استحکام خط‌کشی برای بررسی‌های فنی و اقتصادی، همگی مستلزم انجام آزمون‌های استاندارد بر روی این مواد و آگاهی صحیح و دقیق از عوامل مهم و مؤثر در روش‌های کنترل کیفی در طی اجرا است. یکی از اهداف عمده از انجام آزمون بر روی رنگ‌ها، حصول اطمینان از کیفیت اولیه رنگ و بررسی عملکرد خط‌کشی‌ها در آزمون‌های آزمایشگاهی و ارزیابی‌های میدانی یا جاده‌ای است.

با وجود اینکه در کشورهای مختلف، استانداردهای متعددی برای انجام آزمون‌های مختلف ارائه شده، ولی اساس کار بیشتر آزمون‌ها تا حد بسیار زیادی مشابه یکدیگر است. در این بخش برای معرفی آزمون‌های مختلف عمدتاً از استانداردهای EN, BS, ASTM, AS, ISO, AASHTO و سایر دستورالعمل‌های اجرایی سازمان‌های حمل‌ونقل کشورهای پیشرفته استفاده شده است. البته گاهی روش‌های غیر استاندارد نیز ارائه شده‌اند که در بررسی یک ویژگی و ارزیابی کیفیت مورد نظر به پیمانکار کمک می‌کنند.

سازنده مواد موظف است فهرستی از مشخصات فنی محصول تولیدی خود را، طبق یکی از استانداردهای معتبر تهیه و در زمان فروش محصول به خریدار ارائه کند. خریدار یا پیمانکار نیز در مرحله اول با تأیید نتایج آزمون‌ها طبق نظر مراکز علمی معتبر کشور باید مشخصات فنی ادعا شده را بررسی نمایند. قاعدتاً نباید بین این دو دسته از نتایج اختلاف غیر قابل قبولی مشاهده شود. در غیر اینصورت، سازنده باید درصدد حل آنها برآید.

### ۳-۳-۱- نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه برای انجام آزمون

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها باید به نوعی نمایانگر همه خصوصیات رنگ مورد استفاده باشد. برای این منظور می‌توان از استانداردهایی از قبیل A2 و BS 3900: Part A1 استفاده کرد [۱۰].



به طور کلی نمونه‌برداری از رنگ سرد، باید پس از اختلاط و همزدن کافی رنگ، انجام شود تا تمام اجزای رنگ بصورت یکنواخت درآمده و هرگونه رسوب یا ته نشینی مواد به حالت پراکنده در رنگ درآید. یکی از روشهای مؤثر برای مخلوط شدن رنگهای موجود در بشکه، غلتاندن بشکه‌های حاوی رنگ یا استفاده از یک همزن برقی است.

### ۳-۳-۲- آنالیز شیمیایی

در صورت نیاز به شناسایی مواد اولیه و یا تعیین مقدار ترکیبات تشکیل دهنده یک رنگ سرد، انجام آنالیزهای شیمیایی ضروری است. نتایج آنالیز لزوماً کیفیت رنگ را که به مقدار قابل توجهی تحت تأثیر روش و تکنیک ساخت قرار دارد، مشخص نمی‌کند. برای انتخاب روش آنالیز و تعیین اجزای رنگ سرد ترافیکی می‌توان از استاندارد ASTM D 5043 استفاده کرد.

### ۳-۳-۳- درصد جامد یا مقدار مواد غیر فرار رنگ

درصد مواد غیر فرار مشخص کننده، مقدار موادی است که پس از تبخیر حلال و سایر مواد فرار به عنوان یک فیلم خشک باقی می‌ماند. درصد جامد وزنی رنگ مطابق با روش آزمون ASTM D 1644، طبق رابطه ۱-۳ تعیین می‌شود:

$$S.C = \frac{M_{Dry} - M_F}{M_{wet} - M_F} \times 100 \quad (1-3)$$

S.C : درصد جامد رنگ

$M_{Dry}$ : وزن فویل حاوی رنگ خشک شده

$M_F$ : وزن فویل آلومینیومی

$M_{wet}$ : وزن فویل آلومینیومی دارای رنگ مایع

نتیجه قابل قبول: درصد جامد رنگی سرد ترافیکی باید بیش از ۵۰ درصد باشد.

## ۳-۳-۴- دانسیته یا وزن مخصوص

اگرچه تعیین دانسیته مشخصه ضروری و اجرایی سیستم نیست، اما می‌تواند به عنوان معیاری برای کنترل یکنواختی محصول در بچ‌های مختلف تولیدی در نظر گرفته شود. برای یک رنگ ترافیکی بدون دانه‌های شیشه‌ای، تعیین دانسیته رنگ طبق روش آزمون ASTM D 1475 و رابطه ۲-۳، تعیین می‌شود.

$$D = \frac{M_t - M_c}{V} \quad (2-3)$$

D: دانسیته رنگ

$M_t$ : وزن فنجان پر

$M_c$ : وزن فنجان خالی

V: حجم فنجان استاندارد

## ۳-۳-۵- ترکیبات آلی فرار (VOC)

مقدار ترکیبات آلی فرار در یک لیتر رنگ، طبق آزمون ASTM D 3960، باید کمتر از ۱۵۰ گرم بر لیتر باشد. برای تعیین مقدار ترکیبات فرار در رنگ می‌توان با داشتن درصد جامد رنگ از رابطه ۳-۳ استفاده کرد:

$$VOC = (100 - S.C) \times D \quad (3-3)$$

VOC: مقدار ترکیبات فرار بر حسب گرم بر لیتر

S.C: درصد جامد رنگ

D: دانسیته رنگ

## ۳-۳-۶- درصد یا مقدار پیگمنت

پیگمنت در فرمولاسیون رنگ علاوه بر ایجاد فام رنگی، خاصیت پشت پوشی و برخی خواص مورد نظر دیگر را نیز ایجاد می‌کند. درصد پیگمنت در فرمولاسیون پوشش بر اساس آزمون ASTM D 2371 تعیین می‌شود.

درصد پیگمنت باید بگونه‌ای در فرمولاسیون رنگ تنظیم شود که پشت پوشی مورد انتظار (تقریباً ۶/۱۵ متر مربع بر لیتر) را برآورده سازد. معمولاً توصیه می‌شود که پیگمنت در رنگ سرد برابر یا بیش از ۵۰ باشد.

### ۳-۳-۷- درصد پیونده (یا رزین)

برای به دست آوردن درصد وزنی غیر فرار پیونده، وزن پیگمنت و اکستندر را از کل درصد جامد وزنی رنگ، کم کرده و نتیجه به عنوان درصد پیونده در نظر گرفته می‌شود. در روشی دیگر ابتدا محمول (شامل رزین و حلال) مطابق آزمون D 2372 ASTM به روش سانتی‌فیوژ از سایر اجزاء جدا می‌شود. سپس با توزین هر جزء، درصد وزنی آنها در ترکیب کل به دست می‌آید.

نتیجه قابل قبول: به طور معمول رزین یا پیونده باید ۲۰ تا ۳۰ درصد از وزن رنگ ترافیکی را تشکیل دهد.

### ۳-۳-۸- مقدار سرب

برخی از پیگمنت‌های مصرفی در فرمولاسیون رنگهای سرد حاوی ترکیبات سمی سرب هستند. مقدار سرب محلول در ترکیب رنگ مایع نباید بیش از ۵ درصد وزنی مواد جامد (غیر فرار) باشد. برای تعیین درصد سرب موجود در رنگ از روش آزمون BS 3900 : Part B3 استفاده می‌شود [۱۰].

### ۳-۳-۹- رویه بستن

رنگهای حاوی پیونده‌های هوا خشک در اثر اکسیداسیون با اکسیژن هوا خشک می‌شوند. به همین دلیل در اثر وجود هوا در قوطیهایی که به طور کامل پر نشده‌اند و یا حتی در اثر نفوذ هوا به داخل قوطی‌های پر شده، پیونده موجود در لایه‌های سطحی،

خشک می‌شود و در نتیجه روی سطح رنگ مایع یک فیلم خشک بصورت پوسته تشکیل می‌شود. چون این پوسته‌ها حاوی مواد نامحلول در رنگ است، باید قبل از خط‌کشی و اعمال رنگ، از آن جدا شوند برای تشخیص تمایل به رویه بستن در داخل قوطی‌های پر شده از آزمونهای مرجع استفاده می‌شود. آزمون رویه بستن طبق استاندارد ASTM D 154، برای قسمت عاری از پوسته یک نمونه که بنحوی مخلوط شده، انجام می‌شود. معمولاً حداقل زمان لازم برای رویه بستن رنگهای مایع بین ۱۸ الی ۲۴ ساعت می‌باشد.

نتیجه قابل قبول: رنگ نباید حاوی پوسته، رسوب و پیگمنت ته نشین شده باشد که با همزدن عادی برطرف نشود.

### ۳-۳-۱۰- تعیین ذرات درشت

رنگ مایع باید عاری از مواد درشت و اجسام خارجی باشد، زیرا وجود این مواد در ترکیب رنگ، موجب انسداد منافذ و کاهش کارایی تجهیزات خط‌کشی می‌شود مقدار ذرات درشت مطابق آزمون ASTM D 185 تعیین می‌گردد.

نتیجه قابل قبول: نباید حداکثر مقدار ذرات درشت و خارجی در ترکیب رنگ ترافیک بیش از یک درصد وزنی کل ماده مورد نظر باشد. لازم به ذکر است که این آزمون برای رنگهای ترافیکی حاوی دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط، انجام نمی‌شود.

### ۳-۳-۱۱- اندازه ذرات

به علت ضخامت نسبتاً زیاد خط‌کشی، اندازه ذرات (دانه‌بندی)، جزو مشخصه‌های اصلی رنگهای ترافیکی محسوب نمی‌شود، ولی در برخی از تجهیزات و ماشین‌آلات اجرا، محدودیت بزرگی اندازه ذرات ۷۵ تا ۹۰ میکرون وجود دارد که برای اطمینان کافی از

مسدود نشدن منافذ ماشین آلات اجرا، پس از رقیق کردن رنگ با حلال و ایت اسپریت یا سایر حلال‌های سازگار، باید آزمون تعیین دانه‌بندی رنگ طبق روش ASTM D 1210 انجام گیرد. اعداد خوانده شده بر حسب میکرون به عنوان دانه‌بندی رنگ گزارش می‌شود.

نتیجه قابل قبول: حداکثر دانه‌بندی رنگ ترافیک باید ۷۵ تا ۹۰ میکرون و یا کمتر باشد.

### ۳-۳-۱۲- غلظت یا ویسکوزیته

ویسکوزیته رنگ یکی از خواص بسیار مهم است زیرا ویسکوزیته نامناسب می‌تواند بر خواص اجرایی و خصوصیات نهایی خط‌کشی تأثیر منفی داشته باشد. به عبارت دیگر، ویسکوزیته رنگ یکی از عوامل تأثیرگذار بر مقدار فرورفتگی دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده عمق فیلم خط‌کشی است. در صورتی که ویسکوزیته رنگ بالاتر از حد مجاز باشد دانه‌های شیشه‌ای به خوبی در فیلم رنگ فرو نمی‌رود و بخش اعظم آنها بیرون از فیلم رنگ باقی می‌مانند. بدین ترتیب به راحتی و در زمان کوتاهی پس از اجرای خط‌کشی، از روی سطح جدا می‌شود و حتی در صورت باقی ماندن بر روی سطح بازتاب نور برگشتی مورد نیاز را تأمین نخواهند کرد. به همین ترتیب در صورت کم بودن ویسکوزیته رنگ، دانه‌های شیشه‌ای بیش از حد در فیلم رنگ فرو می‌رود و بازتاب نور برگشتی مورد نیاز تأمین نخواهند شد. ویسکوزیته رنگ‌های غلیظ با استفاده از ویسکومتر چرخشی استورمر، مطابق با آزمون ASTM D 562 تعیین می‌شود.

اندازه‌گیری ویسکوزیته رنگ‌های با ویسکوزیته نسبتاً پایین و در حد ویسکوزیته اجرا با استفاده از روش فوردر کاپ و مطابق با استاندارد ASTM D 1200 انجام می‌گیرد. در این روش، ویسکوزیته رنگ بر اساس زمان لازم برای تخلیه کاپ از مقدار مشخصی از رنگ از طریق یک حفره مشخص از داخل ظرف آزمون، بر حسب ثانیه اندازه‌گیری می‌شود.

نتیجه قابل قبول: ویسکوزیته مناسب اعمال برای رنگ سرد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برابر با ۱۰ الی ۹۵ کریس است که این مقدار می‌تواند با توجه به نوع رنگ مصرفی (رنگ پایه حلالی یا پایه آبی) و نوع دانه‌های شیشه‌ای مصرفی تا حدودی تغییر کند.

### ۳-۳-۱۳- پایداری در زمان انبارداری

مقدار ته‌نشینی پیگمنت و سهولت اختلاط مجدد یک نمونه رنگ ترافیکی که در شرایط تسریع کننده ترسیب، انبارداری شده باشد طبق آزمون ASTM D 1309 تعیین می‌شود. درجه ته‌نشینی پیگمنت برای رنگهای ترافیکی پس از آزمایش در شرایط تسریع شده یا شرایط واقعی مطابق با آزمون ASTM D 869 تعیین می‌شود که درجه‌بندی‌هایی بر اساس وضعیت رنگ در ظرف محتوی آن، بر اساس مقدار و نوع رسوب ارائه شده است.

نتیجه قابل قبول: درجه ته‌نشینی بر اساس آزمون باید برابر ۶ یا بیشتر باشد. همچنین جهت اطمینان از پایداری ترکیبات رنگ پس از ۶ ماه انبارداری، ویسکوزیته رنگ نباید بیشتر از ۵ واحد کریس نسبت به ویسکوزیته نمونه اولیه تغییر کند.

### ۳-۳-۱۴- قابلیت رقیق شدن

رنگ سرد باید قابلیت رقیق شدن با هر مقدار حلال (آب یا حلال) را، بدون دلمه یا رسوب شدن، داشته باشد و علاوه بر این با آب نیز به راحتی شستشو شود. برای رقیق کردن رنگ سرد پایه آبی باید از آبهایی استفاده شود که سختی کم و pH آن نیز در محدوده خنثی باشد.

### ۳-۴- آزمونها و ویژگیهای رنگ سرد در حالت فیلم خشک

هدف از انجام آزمونهایی که بر روی رنگ مایع انجام می‌شود، عمدتاً حصول اطمینان از کارایی مناسب رنگ در مرحله نگهداری قبل و در زمان اجراست، در حالی که

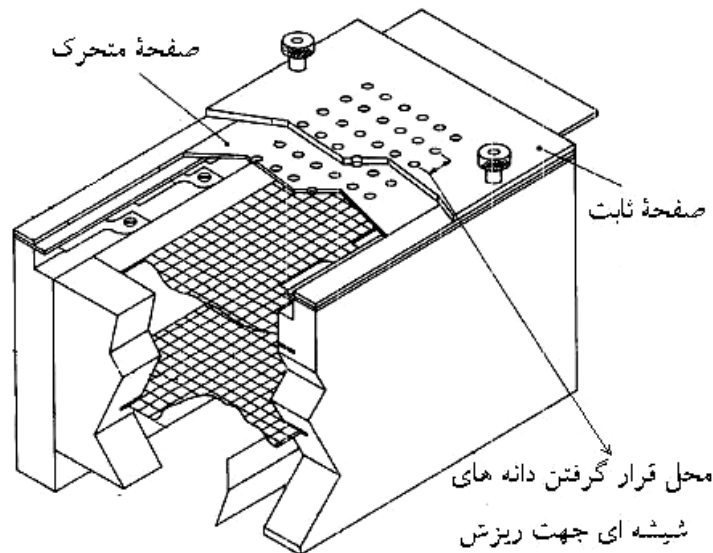
هدف از انجام آزمون روی فیلم‌های خشک، بررسی کارایی و عملکرد فیلم تثبیت شده (خشک شده) خط‌کشی در زمان اجرا و پس از آن است.

### ۳-۴-۱- زمان خشک شدن ترافیکی

زمان خشک شدن ترافیکی، حداقل زمان مورد نیاز برای ایجاد استحکام در یک خط‌کشی و مقاوم شدن در برابر عبور خودروها و نماندن رد لاستیک روی خط‌کشی را نشان می‌دهد. زمان خشک شدن ترافیکی رنگ سرد طبق روش شرح داده شده در استاندارد ASTM D 711 با استفاده از یک غلتک چرخشی آزمایشگاهی، تعیین می‌شود. نتیجه قابل قبول: پس از اجرای خط‌کشی با ضخامت فیلم  $700 \pm 25$  میکرون، در دمای محیط باید در حداقل زمان ممکن خشک شده و امکان باز کردن مسیر حرکت برای تردد فراهم آید. به طور معمول، زمان خشک شدن ترافیکی به ویسکوزیته، مقدار تینر رنگ، دمای محیط و جریان هوا وابسته است.

### ۳-۴-۲- قدرت حفظ و نگهداری دانه‌های شیشه‌ای

در این آزمون توانایی فیلم رنگ در نگهداری دانه‌های شیشه‌ای که به روش روپاشی بر روی فیلم رنگ قرار می‌گیرند، بر اساس وزن دانه‌های شیشه‌ای باقیمانده در فیلم رنگ سنجیده می‌شود. برای تعیین توانایی فیلم رنگ در نگهداری دانه‌های شیشه‌ای، می‌توان از استاندارد BS 6044: Appendix B استفاده کرد [۱۱]. در این آزمون ابتدا دانه‌های شیشه‌ای به طور یکنواخت توسط یک دستگاه توزیع کننده بر روی سطح فیلم رنگ اجرا و سپس تحت عمل سایش قرار داده می‌شوند. در شکل (۳-۱) شمایی از دستگاه توزیع کننده دانه‌های شیشه‌ای مجهز به دو صفحه (یکی ثابت و دیگری متحرک) و دو شابلون توزیع کننده نشان داده شده است.



شکل ۳-۱: دستگاه توزیع کننده دانه های شیشه ای [۱۱]

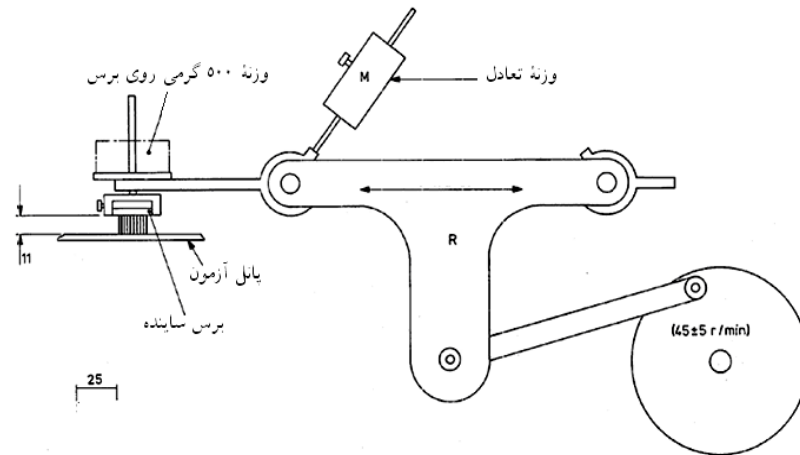
همچنین برای انجام سایش بر روی سطح رنگ از یک وسیله ساینده دارای حرکت رفت و برگشتی استفاده می شود. ساینده با سرعت  $5 \pm 45$  دور در دقیقه در  $100$  میلیمتر حرکت خواهد داشت. نمایی از سیستم رفت و برگشت دستگاه ساینده در شکل (۳-۲) نشان داده شده است. درصد دانه های شیشه ای اعمال و جدا شده بر اساس رابطه (۳-۴) محاسبه می شود:

$$\text{درصد دانه های شیشه ای جدا شده} = \frac{(m_3 - m_4) \times A_t}{(m_1 - m_2) \times A_s} \times 100\% \quad (3-4)$$

$A_s$ : مساحتی از سطح فیلم رنگ بر حسب میلیمترمربع که با برس تحت سایش قرار گرفته است.

$A_t$ : مساحت کل فیلم رنگ بر حسب میلیمترمربع که دانه های شیشه ای بر روی آن اعمال شده اند.





شکل ۳-۲: سیستم رفت و برگشت سایش [۱۱]

نتیجه قابل قبول: پس از انجام آزمون نباید بیش از ۱۰ درصد وزنی دانه‌های شیشه‌ای در اثر سایش از روی سطح رنگ برداشته شده باشند.

### ۳-۴-۳- فاکتور روشنایی<sup>۱</sup>

فاکتور روشنایی ( $\beta$ ) که مقیاسی از درخشندگی خط‌کشی است، بر اساس روش استاندارد EN 1436 برای کلیه خط‌کشها [۱۲] و روش استاندارد BS 6044 برای رنگهای سرد تعیین می‌گردد [۱۱].

برای اندازه‌گیری فاکتور روشنایی از دستگاه رنگ‌سنج یا رفلکتومتر استفاده می‌شود. در این دستگاه تابش توسط منبع نوری استاندارد D 65 (مطابق با 150/CIE 10526) انجام می‌گیرد و هندسه اندازه‌گیری  $45^\circ/0^\circ$  است. نور تحت زاویه  $45 \pm 5^\circ$  نسبت به محور عمودی، بر سطح فیلم خشک (حداقل ۵ سانتیمتر مربع) تابانده می‌شود و مقدار انعکاس تحت زاویه  $0 \pm 10^\circ$  اندازه‌گیری می‌گردد. برای سطوح بسیار زبر، مساحت اندازه‌گیری شونده توسط دستگاه باید بیش از ۵ سانتیمتر مربع (مثلاً ۲۵ سانتیمتر مربع) باشد. مقادیر فاکتور روشنایی  $\beta$  برای خط‌کشهای خشک در جدول (۳-۳)

1- Luminance Factor

۳) مشاهده می شود. لازم به ذکر است که به دلیل وجود آب، گرد و خاک، آلودگی، گِل و غیره، مقادیر نشان داده شده در جدول (۳-۳) برای مدت طولانی قابل حصول نخواهد بود.

جدول ۳-۳: تقسیم‌بندی فاکتور روشنایی  $\beta$  برای خط‌کشی‌های روسازی در شرایط خشک [۱۲]

حد اقل فاکتور روشنایی	تقسیم‌بندی	نوع سطح جاده	فام خط‌کشی جاده
ندارد	B <sub>0</sub>	آسفالته	
$\beta \geq 0.3$	B <sub>2</sub>		
$\beta \geq 0.4$	B <sub>3</sub>		
$\beta \geq 0.5$	B <sub>4</sub>		
$\beta \geq 0.6$	B <sub>5</sub>		
ندارد	B <sub>0</sub>	بتنی	سفید
$\beta \geq 0.4$	B <sub>3</sub>		
$\beta \geq 0.5$	B <sub>4</sub>		
$\beta \geq 0.6$	B <sub>5</sub>		
ندارد	B <sub>0</sub>		زرد
$\beta \geq 0.2$	B <sub>1</sub>		
$\beta \geq 0.3$	B <sub>2</sub>		
$\beta \geq 0.4$	B <sub>3</sub>		

نتیجه قابل قبول: بر اساس استاندارد BS 6044 مقدار فاکتور روشنایی بر حسب درصد برای رنگ سرد نباید کمتر از مقادیر درج شده در جدول (۳-۴) باشد.

جدول ۳-۴: حد اقل فاکتور روشنایی مورد نیاز برای رنگ‌های سرد بر اساس BS 6044 [۱۱]

فام رنگ	فاکتور روشنایی (درصد)
زرد	۵۸
سفید	۸۳
سیاه	ندارد

### ۳-۴-۴- فیرزدگی

برای تعیین مقدار فیرزدگی در آزمایشگاه از روش استاندارد ASTM D 868 و در شرایط میدانی از استاندارد ASTM D 969 استفاده می‌شود.

نتیجه قابل قبول: رنگهای ترافیک معمولی بر اساس استانداردهای تصویری باید دارای اعداد قیرزدگی بین ۶ تا ۱۰ در یک مقیاس اختیاری باشند. در این مقیاس عدد ۱۰ نشان‌دهنده عدم قیرزدگی و عدد ۲ نشانه قیرزدگی قابل توجه است.

همچنین قابلیت قیرزدگی رنگهای ترافیکی را در آزمایشگاه را می‌توان با استفاده از استاندارد BS 6044: Appendix G تعیین کرد [۱۱].

نتیجه قابل قبول: فاکتور روشنایی رنگ سرد برای فیلم رنگی که بر روی قیر اجرا گردیده نباید بیش از ۳ واحد از فاکتور روشنایی فیلمی که بر روی نوار شفاف اجرا شده کمتر باشد.

### ۳-۴-۵- قدرت پوشش

قدرت پوشش یا پشت‌پوشی، به توانایی رنگ در پوشاندن و پنهان کردن سطح اطلاق می‌گردد. طبق تعریف قدرت پوشش، مقدار سطحی (برحسب مترمربع) است که توسط یک لیتر رنگ مایع به نحوی پوشش داده شود که سطح زیرین دیده نشود. این عامل با ضخامت فیلم (خط‌کشی) اجرا شده ارتباط مستقیم دارد. قدرت پوشاندگی رنگ با استفاده از استانداردهای ASTM D 2805 (به روش ارزیابی دستگاهی)، ASTM D 344 (به روش ارزیابی بصری) و ASTM D 5007 (برای بررسی تغییرات پشت پوشی به هنگام خشک شدن) تعیین می‌شود. قدرت پوشش فیلم خشک از رابطه ۳-۵ بدست می‌آید:

$$(۳-۵) \quad \text{میزان انعکاس خانه های سیاه} / \text{میزان انعکاس خانه های سفید} = \text{قدرت پوشش فیلم خشک}$$

نتیجه قابل قبول: مقدار کنتراست یا تقابل<sup>۱</sup> رنگ ترافیکی بر اساس استاندارد EN 1871، برای رنگ سفید نباید کمتر از ۹۰ درصد و برای رنگ زرد کمتر از ۸۰ درصد باشد و یا اینکه میزان کنتراست وقتی که فیلم رنگ تر با ضخامت ۳۰۰ میکرون، مطابق

1- Contrast Ratio

استاندارد *ISO 2814* نباید برای رنگ سفید کمتر از ۹۵ درصد و برای رنگ زرد کمتر از ۹۰ درصد باشد [۱۳].

برای تعیین قدرت پشت‌پوشی می‌توان از استاندارد BS 3900: Part D4 نیز استفاده کرد. برای این منظور فیلم تر رنگ با ضخامت ۲۰۰ میکرون، روی یک کارت شطرنجی سیاه و سفید اعمال می‌شود [۱۰].  
نتیجه قابل قبول: باید قدرت پوشش یک رنگ ترافیکی حداقل ۶٫۱۵ متر مربع بر لیتر باشد.

### ۳-۴-۶- فام رنگی

اختلاف فام رنگی بین یک محصول با نمونه استاندارد بصورت بصری و یا به طور دقیق به روش دستگاهی تعیین می‌شود. مقایسه بصری فام رنگی بسیار سریع انجام می‌شود و با وجود اینکه این اندازه‌گیری کمی نیست، ولی اغلب نتایج بدست آمده قابل قبول می‌باشد. در صورت ضرورت می‌توان فام را در قالب مقادیر محرک‌های سه‌گانه  $x$  و  $y$  در سیستم CIE طبق استاندارد EN 1436 تعیین کرد. برای تعیین فام رنگی در فیلم خشک از روش زیر استفاده می‌شود [۱۲]:

نتیجه قابل قبول:  $x$  و  $y$  خطوط سفید و زرد باید در داخل منطقه مربع شکل قرار گیرند. محورهای رنگی  $x$  و  $y$  چهار گوشه مطابق مقادیر جدول (۳-۵) می‌باشد.

تعیین اختلاف رنگ به روش مقایسه بصری طبق استاندارد ASTM D 1729 امکان‌پذیر است. در این روش اختلاف رنگ نمونه مورد آزمون و نمونه استاندارد به روش بصری بررسی می‌گردد. در مواقعی که امکان دسترسی به دستگاههای اسپکتروفوتومتری وجود ندارد این روش بسیار سودمند است.

جدول ۳-۵: مختصات رنگی استاندارد برای چهار گوشه مربع رنگ [۱۲]

۴	۳	۲	۱		
۰٫۳۳۵	۰٫۲۸۵	۰٫۳۰۵	۰٫۳۵۵	x	سفید

۰/۳۷۵	۰/۳۲۵	۰/۳۰۵	۰/۳۵۵	y	
۰/۴۲۷	۰/۴۶۵	۰/۵۴۵	۰/۴۹۴	x	زرد
۰/۴۸۳	۰/۵۳۵	۰/۴۵۵	۰/۴۲۷	y	موقت
۰/۳۸۹	۰/۴۶۵	۰/۵۴۵	۰/۴۴۳	x	زرد
۰/۴۳۱	۰/۵۳۵	۰/۴۵۵	۰/۳۹۹	y	دائم

### ۳-۴-۷- انعکاس

انعکاس به معنی برگشت نور از سطح فیلم رنگ است. مقایسه مقدار انعکاس دو نمونه مشخص می‌کند که کدامیک از نمونه‌های مورد بررسی، در نور متوسط روز و تحت زاویه  $45^\circ$  روشن‌تر به نظر می‌رسند. تعیین انعکاس نمونه‌ها با استفاده از یک دستگاه کالریومتر و بر اساس استاندارد ASTM E 1347 اندازه‌گیری می‌شود. برای تعیین انعکاس در خط‌کشیهای سرد، دو جزئی سرد (پلاستیک‌های سرد) و مواد ترموپلاستیک (خط‌کشی گرم) می‌توان از استاندارد EN 1871 نیز استفاده کرد [۱].

نتیجه قابل قبول: مقدار انعکاس مستقیم نور روز از روی فیلمی با ضخامت ۳۷۵ میکرون که روی صفحات شطرنجی یا چارتهای مشابه دیگر اعمال شده است، نباید برای فام سفید کمتر از ۸۴ درصد و برای فام زرد کمتر از ۵۰ درصد باشد.

### ۳-۴-۸- قابلیت دید در شب یا بازتاب نور برگشتی

یکی از ویژگیهای مهم رنگ ترافیکی، قابلیت دید در شب آن است. باید توجه داشت که دید در شب ارتباطی به انعکاس در نور روز ندارد. ارزیابی خاصیت بازتاب نور برگشتی صفحه‌های پوشش داده شده با رنگ ترافیکی در آزمایشگاه به روش دستگاهی و با هندسه دید ۱۵ متری، مطابق استاندارد ASTM D 4061 انجام می‌شود.

ارزیابی مقدار بازتاب نور برگشتی برای رنگهای فاقد دانه‌های شیشه‌ای انجام نمی‌شود. همچنین ارزیابی مقدار بازتاب نور برگشتی برای رنگ‌هایی که صرفاً حاوی دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط هستند به ندرت انجام می‌شود. اندازه‌گیری با استفاده از دستگاه سنجش بازتاب نور برگشتی به انجام می‌رسد.

از نمونه‌های اندازه‌گیری شده می‌توان به عنوان نمونه‌های کنترل، هنگام اجرای خط‌کشی نیز استفاده کرد. این نمونه‌ها می‌توانند به مقایسه بصری با مقادیر دستگاهی کمک کنند.

مطابق استاندارد *EN 1436* حداقل بازتاب نور برگشتی قابل قبول برای رنگ ترافیکی در هندسه ۱۵ متری برای فام سفید ۱۲۵ میلی‌کندلا بر متر مربع بر لوکس و در هندسه ۳۰ متری ۱۰۰ میلی‌کندلا بر متر مربع بر لوکس می‌باشد. حداقل بازتاب نور برگشتی قابل قبول برای رنگ ترافیکی با فام زرد در هندسه ۱۵ متری، ۱۰۰ میلی‌کندلا بر متر مربع بر لوکس و در هندسه ۳۰ متری، ۸۰ میلی‌کندلا بر متر مربع بر لوکس است [۱۲].

### ۳-۴-۹- مقاومت در برابر فرسایش

مقاومت در برابر فرسایش به معنی مقاومت یک فیلم خشک رنگ در مقابل سایش ناشی از ترافیک، چرخش و کشیده شدن اجسام روی سطح آن می‌باشد. برای بررسی مقاومت فرسایشی در آزمون‌های میدانی یا در شرایط واقعی جاده، از مقیاسهای تصویری ارائه شده در استاندارد ASTM D 913 استفاده می‌شود.

برای تعیین مقاومت فرسایشی فیلم تهیه شده از مواد خط‌کشی در شرایط آزمایشگاهی معمولاً از دستگاه تَبَر و بر اساس تعداد دورهای چرخهای ساییده روی سطح رنگ، برای کاهش مقدار مشخصی از ضخامت پوشش، استفاده می‌شود. در روشهای آزمون BS 3900-E15 [۱۰] و ISO 7784-2 [۱۴] مقاومت در برابر فرسایش به یکی از دو صورت بیان می‌گردد:

- کاهش وزن پس از تعداد مشخصی از دور زدن ساینده‌ها
- تعداد چرخش یا دورهای مورد نیاز برای ساییده شدن کامل فیلم پوشش مورد آزمون و رسیدن به سطح زیرآیند.

در روش آزمون ASTM D 4060 مقاومت در برابر فرسایش به یکی از سه

صورت زیر بیان می‌شود:

- اندیس فرسایش<sup>۱</sup> که عبارت است از ۱۰۰۰ برابر کاهش وزن بر حسب میلی‌گرم بر دور،
- کاهش وزن پس از تعداد دور مشخص چرخش ساینده‌ها،
- دور فرسایش در هر میل<sup>۲</sup> که عبارت است از تعداد دور مورد نیاز برای ساییده شدن کامل فیلم (با ضخامت یک هزارم اینچ) تا رسیدن به سطح زیرآیند.

### ۳-۴-۱۰- ازدیاد طول یا انعطاف‌پذیری

میزان ازدیاد طول، مقدار انعطاف‌پذیری فیلم رنگ را نشان می‌دهد. اگر برای افزایش میزان انعکاس رنگهای ترافیکی از مقدار زیادی پیگمنت استفاده شده باشد، انعطاف‌پذیری فیلم رنگ کاهش می‌یابد. میزان ازدیاد طول رنگهای ترافیکی بدون دانه‌های شیشه‌ای بر اساس استاندارد BS 3900:Part E1 و با استفاده از مندرل استوانه‌ای تعیین می‌گردد [۱۰].

نتیجه قابل قبول: پس از انجام آزمونهای فوق، فیلم رنگ نباید ترک بخورد یا ورقه‌ای شود.

### ۳-۴-۱۱- مقاومت در برابر سایش (ذرات شن)

مقاومت در برابر سایش فیلم خشک، بدون دانه‌های شیشه‌ای با روش ریزش ماسه مطابق استاندارد ASTM D 968 تعیین می‌گردد. مقاومت سایشی بر اساس مقدار وزن ماسه مصرفی برای برداشتن ضخامت مشخصی از پوشش، بیان می‌شود. نتیجه قابل قبول: حداقل مقدار مقاومت سایشی مورد نیاز برای یک رنگ ترافیکی، با مصرف ۶۵ لیتر ماسه برای سایش کامل ۷۵ میکرون فیلم خشک برابر است.

### ۳-۴-۱۲- مقاومت در برابر ضربه

1- Wear Index

2- Wear Cycle Per Mil

مقاومت در برابر ضربه به توانایی یک پوشش در مقابل ضربه مستقیم یا غیر مستقیم اطلاق می‌شود و معمولاً برای خط‌کش‌های سرد، مقاومت در برابر ضربه با استفاده از دستگاه آزمون ضربه گاردنر<sup>۱</sup> و روش ساده سقوط آزاد وزنه‌ای مشخص از ارتفاع معین بر روی سطح رنگ بر اساس استاندارد ASTM D 2794 تعیین می‌شود.

### ۳-۴-۱۳- مقاومت در برابر مواد سوختی

برای بررسی مقاومت در برابر مواد سوختی از استاندارد ASTM D 2792 با عنوان "مقاومت در برابر حلالها و مواد سوختی رنگهای ترافیکی" استفاده می‌گردد. برای تعیین مقدار مقاومت رنگهای ترافیکی در برابر مواد سوختی از استاندارد BS 6044: Appendix H استفاده می‌شود [۱۱]. آزمون خراش روی فیلم‌های تهیه شده از رنگ ترافیکی مطابق با استاندارد BS 3900: Part E2 با وزنه ۰/۸ کیلوگرمی انجام می‌شود [۱۰].

نتایج قابل قبول:

- ۱- پس از انجام آزمون غوطه‌وری هرگز نباید تاول زدگی و چروکیدگی در فیلم رنگ مشاهده شود،
- ۲- پس از آزمون خراش هرگز نباید هیچ نفوذی توسط سوزن به سطح زیرآیند مشاهده شود،
- ۳- پس از دوره ۳ ساعته بازیابی، در مقایسه با نمونه شاهد نباید کوچکترین تخریب یا تاول زدگی مشاهده شود،
- ۴- فاکتور روشنایی نیز نباید نسبت به نمونه شاهد بیش از ۳ درصد کاهش یابد.

### ۳-۴-۱۴- مقاومت در برابر محلول نمک

برای تعیین میزان مقاومت رنگهای ترافیکی در برابر محلول نمک طعام از استاندارد BS 6044, Appendix J استفاده می‌شود. این آزمون از آن جهت حایز اهمیت



است که با شرایط واقعی کاربری خط‌کشی بر روی جاده انطباق دارد (نمک پاشی بر روی سطح جاده در طول زمستان) [۱۱].

نتایج قابل قبول:

۱- پس از آزمون خراش نباید هیچگونه نفوذی توسط سوزن به سطح زیرآیند مشاهده شود.

۲- پس از دوره ۳ ساعته بازیابی، در مقایسه با نمونه شاهد هرگز نباید تخریب یا تاول زدگی مشاهده شود و فاکتور روشنایی نیز نباید نسبت به نمونه شاهد بیش از ۳ درصد کاهش یابد.

### ۳-۴-۱۵- مقاومت در برابر شرایط جوی تسریع شده

برای تعیین مقدار میزان مقاومت رنگهای سرد ترافیکی از استاندارد BS 3900,

Part F3 استفاده می‌شود [۱۰].

نتیجه قابل قبول:

پس از قرارگیری نمونه در شرایط آزمون، نباید هیچ اثری از تاول زدگی، لکه‌گذاری، ترک خوردگی، پوسته شدن و سایر اثرات تخریبی، در مقایسه با نمونه شاهد، مشاهده شود. همچنین فاکتور روشنایی برای هر کدام از فامهای رنگی نباید کمتر از مقادیر زیر باشد:

- عدد فاکتور روشنایی برای فام زرد ..... حداقل ۵۵ درصد
- عدد فاکتور روشنایی برای فام سفید ..... حداقل ۷۵ درصد

### ۳-۴-۱۶- مقاومت در برابر آب

این خاصیت رنگ ترافیکی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا یک خط‌کشی ترافیکی در مناطق معتدل و مرطوب به طور مداوم در معرض بارش برف و باران و یا میعان رطوبت محیط است.

تعیین مقاومت در برابر آب برای یک رنگ ترافیکی بدون دانه‌های شیشه‌ای مطابق با آزمون‌های استاندارد ASTM D 870 (تعیین مقاومت در برابر آب پوشش‌های سطح با روش غوطه‌وری در آب با استفاده از صفحات فولادی) و ASTM D 1647 (تعیین مقاومت در برابر آب و قلیا برای پوشش‌های سطح با استفاده از صفحاتی با پوشش قلع) انجام می‌گیرد.

نتیجه قابل قبول:

نباید فیلم رنگ تاول زده یا نرم شده یا به طور فاحشی کاهش چسبندگی داشته باشد و در مجموع نباید هیچ تخریبی در ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن مشاهده شود.

### ۳-۴-۱۷- مقاومت در برابر چرخه گرما- سرما<sup>۱</sup>

این آزمون برای رنگ‌های پایه آبی مطابق استاندارد ASTM D 2243 انجام می‌شود.

نتیجه قابل قبول: هرگز نباید هیچ گونه تجمع، انعقاد ذرات<sup>۲</sup> یا تغییر در ویسکوزیته به میزان بیش از ۱۰ واحد کربس در رنگ مشاهده شود. همچنین نباید تغییر قابل توجهی در خصوصیات ظاهری فیلم رنگ مشاهده شود.

### ۳-۴-۱۸- مقاومت در برابر سرخوردگی

منظور از مقاومت در برابر سرخوردگی، نیروی بوجود آمده بین لاستیک خودرو و سطح روسازی در زمان حرکت می‌باشد. این مقاومت عامل بسیار مهمی در ارزیابی خصوصیات روسازی و خط‌کشی محسوب می‌شود، زیرا کافی نبودن مقاومت فوق موجب

1- Freeze-Thaw

2- Coagulation

سر خوردن اتومبیل‌ها و افزایش حوادث و تصادفات جاده‌ای می‌گردد. در ضمیمه D از استاندارد EN 1436، مقاومت اصطکاکی به وجود آمده بین نوسانگر مجهز به وزنه در دستگاه مربوطه و سطح خط‌کشی و روش اندازه‌گیری آن توضیح داده شده است. میزان مقاومت در برابر سر خوردگی در خط‌کشیها بر حسب واحد SRT بیان می‌گردد. دستگاه تعیین‌کننده مقاومت در برابر سر خوردگی، عملکرد یک خودروی دارای لاستیکی آج‌دار را که با سرعت ۵۰ کیلومتر بر ساعت روی یک جاده خیس در حال حرکت است شبیه‌سازی می‌نماید [۱۲].

نتیجه قابل قبول: باید حداقل مقاومت در برابر سر خوردگی در رنگهای سرد، SRT ۴۵ باشد.

### ۳-۴-۱۹- زمان خشک شدن کامل

زمان خشک شدن کامل، زمانی پس از اجرای رنگ است که با فشار انگشت دست، هیچ اثری روی سطح ایجاد نشود. به عبارت دیگر رنگ به طور کامل و عمقی خشک و سخت شده باشد. زمان خشک شدن کامل بر اساس استاندارد ASTM D 1640 تعیین می‌شود.

در خط‌کشیهای روسازی، زمان خشک شدن ترافیکی، از زمان خشک شدن کامل رنگ اهمیت بیشتری دارد. خشک شدن عمقی رنگ سرد ترافیکی معمولی، عموماً ساعت‌ها به طول می‌انجامد در حالی که خشک شدن ترافیکی رنگ در زمان بسیار کمتری صورت می‌گیرد.

### ۳-۴-۲۰- جمع‌بندی آزمونهای آزمایشگاهی متداول در کنترل کیفی رنگ سرد

در جدول (۳-۶) آزمونهای استاندارد آزمایشگاهی متداول برای آنالیز کیفیت هر دو نوع رنگ (پایه حلالی و پایه آبی) فهرست شده است.

جدول ۳-۶: آزمونهای آزمایشگاهی متداول برای بررسی خواص رنگ به کاررفته در خط کشی روسازیها

ویژگی مورد آزمون	ASTM	AS	ISO	سایر
• نمونه برداری از رنگ مایع			1513, 15528	FED.141, Method 1022
• ویسکوزیته	D 562, D 1200	1580, 301,1	2884-1	
• دانسیته رنگ مایع	D 1475	1580, 202,1	2811-401	BS 3900 - A22 و A19
• درصد وزنی پیگمنت کرومات سرب	D 126			
• درصد وزنی پیگمنت های اکسید تیتان	D 1394			
• مقدار پیگمنت در سیستم لاتکسی	D 3723			FED.141, Method 4021
• مقدار پیگمنت در سیستم حلالی	D 2698, D 2371			FED.141, Method 4021
• تعیین مقدار پیگمنت های معدنی	D 4451			
• درصد جامد و درصد مواد فرار	D 2369		11890-13251	AASHTO M249
• جدا سازی محمل از رنگ پایه حلالی	D 2372			
• درصد جامد محمل				FED.141, Method 4053.1
• طیف مادون قرمز محمل	D 2621			
• ثبات انبارداری	D 1309	1580, 211,1		
• میزان رسوب یا ته نشینی	D 869			
• نقطه اشتعال <sup>۱</sup>	D 92, D 93			BS 3900 - A11
• رویه بستن	D 154			FED.141, Method 811 3021
• اندازه ذرات یا دانه بندی <sup>۳</sup>	D 1210	1580, 240,1	8780-2	Tex-806-B
• فام <sup>۲</sup> و اختلاف رنگ	D1729, D 5531, D 2244, E 308	1580, 601,1	7724-2, 2668	BS 3900 - D9
• رنگ سنجی بازتابنده های برگشتی در شب	E 811			
• قدرت پوشانندگی تر و خشک	D 2805 D 5007, D 344		6504/1, 2814 8504-3	BS 3900 - D4, D7, D11
• زمان خشک شدن ترافیکی رنگ	D 711	1580, 401,8		
• زمان خشک شدن کامل	D 1640		1517, 9117	BS3900-C3, BS EN 29117
• مقاومت در برابر آب و رطوبت	D 870		6270-1, 2812	
• سختی <sup>۴</sup>	D 1474, D 3363			BS EN ISO 1518
• مقاومت فرسایشی رنگ ترافیکی	D 913			
• مقاومت در برابر حلالها و مواد سوختنی	D 2792, D 1308		2812-1	
• مقاومت سایشی <sup>۵</sup> توسط پرتاب ساینده ها	D 968			BS 6044: Appendix F
• مقاومت سایشی توسط دستگاه تبر <sup>۶</sup>	D 4060		7784-2	BS 3900-E15
ویژگی مورد آزمون	ASTM	AS	ISO	سایر

BS 6044: Appendix G			D 868, D 969	• مقاومت در برابر قیرزدگی <sup>۷</sup>
			D 4061	• بازتابش نور برگشتی پوشش‌های افقی
	1147		D 2243	• مقاومت در برابر چرخه گرما-سرما <sup>۸</sup>
BS EN 13036-4, EN 1436 : Appendix D				• مقاومت در برابر سرخوردگی
			D 4061, E97	• بازتاب نور برگشتی
	2808	1580, 107,2		• ضخامت فیلم تر
			D 2370	• ویژگی کششی فیلم
	2813	1580, 602,2	D 523	• براقیت آینه‌ای با قاعده
	7142			• مشخصات رنگ پایه آبی
		4049,1		• مشخصات رنگ پایه حلالی

- |             |                    |                   |                          |
|-------------|--------------------|-------------------|--------------------------|
| 1. Vehicle  | 2. Flash Point     | 3. Fineness Grind | 4. Hardness              |
| 5. Abrasion | 6. Wear Resistance | 7. Bleeding       | 8. Freeze-Thaw Stability |

### ۳-۵- آزمونهای میدانی [۱۵]

اگرچه آزمونهای متعدد آزمایشگاهی توضیح داده شده در قسمتهای قبل، کیفیت کلی مواد و همچنین یکنواختی بچ‌های مختلف را نشان می‌دهد اما، با انجام این آزمونها نمی‌توان عمر دقیق سرویس‌دهی خط‌کشی را برای تمام شرایط و متغیرها پیش‌بینی کرد. بنابراین، نمونه مواد مورد آزمون باید تحت شرایط ثابت و کنترل شده و با قابلیت تکرارپذیری بر سطح جاده اجرا و با در نظر گرفتن شرایط کاربرد واقعی آزمایش شود. برای این منظور با به کارگیری روش استاندارد ASTM D 713 می‌توان تمام متغیرها را به دقت کنترل و نتایج را ثبت کرد. برای تعیین خواص مواد به کار رفته در خط‌کشها در شرایط واقعی تر از شرایط آزمایشگاهی و تایید نتایج آزمایشگاهی در شرایط عملی (در زمان اجرا و در هنگام سرویس‌دهی)، انجام آزمونهای میدانی ضروری است.

آزمونهای میدانی در قسمتی از جاده بر روی خط‌کشی‌های اجرا شده، در شرایط واقعی آب و هوایی و ترافیکی، انجام می‌گیرد. مزیت آزمون میدانی واقعی بودن شرایط و عیب آن متغیر بودن شرایط آزمون می‌باشد. معمولاً اگر مواد خط‌کشی صحیح انتخاب

شوند، انجام آزمون‌های میدانی منجر به تفسیر بهتر از نظر تاثیر آب و هوایی، حجم ترافیک و پارامترهای سطح جاده می‌گردند.

برای انجام آزمونهای میدانی، ابتدا باید مکان مناسبی انتخاب شود. بهتر است برای انتخاب مکان ارزیابیهای میدانی، از چهار مکان با شرایط آب و هوایی زیر استفاده شود:

- سرد و مرطوب
- گرم و مرطوب
- سرد و خشک
- گرم و خشک

نتایج ارزیابیهای میدانی باید به صورت یک گزارش حاوی اطلاعات زیر عرضه

شود:

- ۱- موقعیت مکانی شامل میزان متوسط تردد روزانه، نوع روسازی و نوع آماده‌سازی سطح برای هر رنگ،
- ۲- شرایط آب و هوایی،
- ۳- اطلاعات شرکتی شامل نام، کد و طبقه محصول و فام رنگی،
- ۴- اطلاعات اجرایی شامل شرح عملکرد تجهیزات اجرا کننده، ضخامت و دمای اجرای خط‌کشی، محدودیتهای دمایی و رطوبت نسبی محیط کار، زمان خشک شدن، نوع و سرعت اجرای دانه‌های شیشه‌ای،
- ۵- بازتاب نور برگشتی،
- ۶- دوام،
- ۷- شکل ظاهری یا جلوه،
- ۸- اطلاعات صدمات ناشی از برف‌روبی و غیره.

**توجه!** می‌توان از داده‌های آب و هوایی نزدیکترین ایستگاه اندازه‌گیری شرایط جوی (اداره هواشناسی) یا اطلاعات به دست آمده از مکان مورد آزمون استفاده کرد. در گزارش آب و هوا باید جنبه‌هایی از شرایط آب و هوایی که بر روی نتایج این نوع آزمونها تاثیر می‌گذارند، حتماً قید شود.

**توجه ۲:** در گزارش شرایط آب و هوایی باید حداقل و حداکثر میانگین دمای روز و مقدار آب جمع‌آوری شده بر حسب میلی‌متر، به طور ماهانه ذکر گردد. در صورتی که مکان انتخابی برای انجام آزمون، در نواحی دارای زمستان سخت باشد، باید تعداد دوره‌های سرما ثبت گردد. هنگام آزمون در مناطق دارای تابستان سخت، تعداد ساعتهای تابش نور خورشید و تعداد روزهای بدون بارش در نظر گرفته شود.

**توجه ۳:** حجم ترافیک نیز در انتخاب مکان آزمون میدانی دخالت دارد. با انتخاب مکان مناسب می‌توان حجم ترافیک را در مکان آزمون میدانی شبیه‌سازی کرد. در پایان این آزمون، باید گزارشی از وضعیت ترافیکی طی انجام آزمون نیز تهیه شود. گزارش ترافیک باید شامل تعداد چرخ عبوری در ناحیه اندازه‌گیری طبق ضمیمه A از استاندارد EN 1824 و درصد خودروهای سنگین به همراه روش شمارش خودروها باشد. برای مناطقی که از لاستیک‌های یخ‌شکن استفاده می‌شود، باید درصد تقریبی عبور چرخ لاستیک‌های یخ‌شکن نیز ارائه شود. با توجه به اینکه، شرایط ترافیکی در میزان فرسایش خط‌کشی‌ها موثر می‌باشند، لذا ذکر اطلاعات بیشتر در مورد ترافیک از قبیل میانگین سرعت رانندگی نیز مفید خواهد بود [۱۵].

**توجه ۴:** از لحاظ شرایط سطح جاده، آزمونهای میدانی باید بر روی جاده‌هایی با عمر یکسال یا بیشتر که وضعیت مناسبی دارند و به وسیله اثر چرخ، شکاف، ترک‌ها یا موارد مشابه، آسیب ندیده باشند، صورت گیرد تا در طول آزمونهای میدانی نیاز به تغییر مکان نباشد. لازم به ذکر است که آزمونهای میدانی بر روی سطح بتن سیمانی به علت پیشرفت واکنش‌های شیمیایی سطح، نتایج تکرارپذیری ندارد.

در هر آزمون میدانی باید شرایط سطح جاده در مدت آزمون نیز در گزارش ارائه شود. منظور از شرایط سطح جاده اطلاعات کلی در مورد ویژگیهای سطحی و اندازه عمق بافت سطحی<sup>۱</sup> است که مطابق ضمیمه B از EN 1824 با روش پچ شنی<sup>۲</sup> (بند ۳-۶-۱-۵ دستورالعمل) تعیین می‌شود. البته شواهد موجود نشان می‌دهند که عمق بافت سطحی که

1 - Texture Depth

2 - Sand Patch

به وسیله روش پچ شنی تعیین می‌شود، حداقل برای مواردی که با لایه‌های نازک اعمال می‌گردند بر نتایج آزمونهای میدانی تاثیر می‌گذارد [۱۶].

برای تهیه دستورالعمل انتخاب و انجام آزمایشات میدانی، توجه به موقعیت مکانی، نوع مواد، ارزیابی و کنترل‌های اجرایی و مشاهدات نتایج آزمون‌های میدانی ضروری است.

### ۳-۵-۱- موقعیت مکانی برای انجام آزمایشها

آزمونهای میدانی بر روی هر دو نوع روسازی آسفالتی و بتنی انجام می‌شود. برای انتخاب سطح مورد آزمایش باید ویژگیهای درج شده در استاندارد ASTM D 713 مورد توجه قرار گیرد. شرایط درج شده در استاندارد فوق عبارتند از:

- باید قسمتهایی با ترافیک روزانه ۵۰۰۰ یا بیشتر انتخاب شوند.
- سطح انتخاب شده غلتک نخورده باشد و هیچ‌گونه دانه، انحنای یا نقطه‌ای که حرکات چرخشی یا گردش اضافی ایجاد کند، نداشته باشد.
- مکان مورد نظر به طور کامل و در تمام ساعتهای روز در معرض تابش نور خورشید قرار داشته و فرسایش یکنواختی در آنجا پیش‌بینی شده باشد.
- منطقه مذکور از زهکشی مناسبی برخوردار باشد.

سطوح انتخاب شده باید نماینده و شاخص واقعی از روسازی‌هایی باشد که مواد خط‌کشی بر روی آن اجرا خواهد شد. منطقه سطح آزمون باید شامل قسمتهایی باشد که حداقل یک سال در معرض تردد و ترافیک قرار گیرد.

### ۳-۵-۲- شرایط مناسب برای اجرای خط‌کشی در آزمونهای میدانی

شرایط مناسب وقتی حاصل می‌شود که اولاً سطح جاده خشک بوده و هیچ‌گونه شبنم (و یا رطوبت) روی آن تشکیل نشده؛ ثانیاً دمای سطح جاده مطابق شرایط توافق شده بین مجری و کارفرما باشد؛ ثالثاً سرعت باد کمتر از حداکثر توافق شده بین مجری و کارفرما باشد. البته مواد خاص را می‌توان در شرایط آب و هوایی خاص نیز اجرا کرد که مستلزم قید شدن در گزارش جداگانه‌ای از آزمون است.



به طور کلی عملیات خط‌کشی باید زمانی اجرا شود که دمای سطح جاده حداقل ۳ درجه سانتی‌گراد بالاتر از نقطه شبنم هوا و در محدوده بین ۱۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد بوده و حداکثر سرعت باد نیز کمتر از ۱۰ متر بر ثانیه باشد. همچنین خط‌کشی باید در فاصله زمانی بین ۱۰ صبح تا ۳ بعد از ظهر انجام شود. هیچ کدام از مواد انتخاب شده برای خط‌کشی روسازی نباید بر روی سطوح خیس یا آسیب‌دیده، و یا در دمای هوای کمتر از ۱۰ سانتی‌گراد یا بیشتر از ۳۵ سانتی‌گراد اجرا گردند. در هنگام اجرا باید دمای مواد، دما و رطوبت نسبی هوا در هر ساعت ثبت شود.

### ۳-۵-۳- نمونه برداری

برای تهیه نمونه از مواد مصرفی در خط‌کشیها، باید از تمام اجزاء آن مواد (یک، دو یا چند جزئی) و همچنین از دانه‌های شیشه‌ای نیز نمونه برداری شود. **تذکرا:** اگر بیش از یک بار کاربرد مورد نظر باشد، ضروری است که برای هر کاربرد، نمونه برداری به صورت مجزا انجام گیرد. **تذکرا ۲:** نمونه برداری با روش توافقی بین مجری و کارفرما انجام شود.

### ۳-۵-۴- مقدار مواد انتخاب شده

در این قسمت انواع مواد مختلف مورد استفاده در انواع خط‌کشی اعم از سرد، گرم و دو جزئی (اپوکسیهای صد درصد جامد، متیل متاکریلات‌ها، پلی‌استرها و سایر فیلم‌های پلیمری) و هم ویژگیهای خط‌کشیهای اجرا شده در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین در فصلی دیگر از راهنمای دستورالعمل آزمونهای شرح داده شده در این قسمت استفاده می‌شود.

در صورتی که سازنده‌ای استفاده از یک نوع خاص از دانه‌های شیشه‌ای یا دانه‌های آماده‌سازی سطح شده<sup>۱</sup> را به عنوان بخشی از یک سیستم خط‌کشی روسازی توصیه کند،

---

1- Treated Bead

باید آزمونهای ویژه آن را نیز معرفی نماید. دانه‌های شیشه‌ای پوشش داده شده خاص باید با سرعت توصیه شده توسط سازنده بر سطح اعمال گردند و سرعت در نظر گرفته شده در مستندات ثبت شود. این روشها برای شناسایی مواد باید به سازمان ذیربط ارسال گردد تا در آنالیز آزمایشگاهی برای آن مکان میدانی خاص مورد استفاده قرار گیرد. سرعت اعمال یا اجرای دانه‌های شیشه‌ای برای مواد مایع طبق استاندارد ASTM D 713 تعیین می‌شود.

هر تولید کننده باید حداقل ۵ گالن (۱۸/۷۵ لیتر) از هر ماده را برای ارزیابی میدانی در اختیار مجری قرار دهد. این نمونه‌ها باید در اولین روز آزمون میدانی به مکان مورد نظر ارسال گردد. همچنین مقادیر مواد ارسالی باید برای انجام آزمونهای آزمایشگاهی و میدانی کافی باشد. زمان انجام آزمونهای میدانی مهم است. اجرای مواد خط‌کشی برای انجام آزمونهای میدانی بهتر است در ماههای اردیبهشت تا مهر ماه هر سال صورت گیرد.

### ۳-۵-۵- ارزیابی و کنترلهای اجرای میدانی

تمام ارزیابیها و کنترلهای هنگام اجرا طبق روشهای شرح داده شده در استاندارد ASTM D 713 انجام می‌شود. توجه به نکات زیر حائز اهمیت می‌باشد:

**نکته ۱:** برای هر نمونه از مواد، می‌توان چهار خط عرضی حاوی دانه‌های شیشه‌ای را بر سطح اجرا کرد. برای بررسی وزن و ضخامت واقعی، ۹۰ سانتیمتر اولیه هر یک از این خطوط از هیچ نوع دانه شیشه‌ای روپاشی استفاده نمی‌شود. مگر آنکه سازنده‌ای درخواست استفاده از یک دانه شیشه‌ای خاص را داشته باشد که در آن صورت می‌توان دانه‌های شیشه‌ای مورد نظر را بر روی باقیمانده خطوط مورد نظر اجرا کرد. این دانه‌های شیشه‌ای با سرعت معین روی رنگ اعمال شده و در آزمونهای میدانی به کار گرفته می‌شوند.

دانه‌های شیشه‌ای اضافی که به مواد نمی‌چسبند، باید قبل از ثبت اولین اعداد انعکاسی از سطح ماده زدوده شوند. دانه‌های شیشه‌ای حاوی پوششهای خاص نیز باید طبق پیشنهاد سازنده و با سرعت مناسب اعمال گردند.

**نکته ۲:** خط‌کشی سرد با ضخامت ۶۲۵ - ۳۷۵ میکرون باید توسط یک دستگاه پاشنده مناسب اجرا شود. اجرای سایر مواد باید طبق دستورالعمل توصیه شده توسط سازندگان آنها و تا حد ممکن توسط دستگاههای معمول در خط‌کشی‌های روسازی انجام گیرد. رنگ سرد پایه آبی، اپوکسی‌ها و سایر مواد نیز باید با سرعت پیشنهادی توسط سازندگان آنها اجرا شده و از حداقل ضخامت  $375 \pm 25$  میکرون برخوردار باشند. ضخامتهای خارج از محدوده نیز در مواردی خاص مجاز است، ولی در هر صورت، ضخامت باید اندازه‌گیری و گزارش شود.

**نکته ۳:** پهنای خطوط آزمایشی مواد با ضخامت کمتر از ۵۰۰ میکرون و تمام نوارهای قابل برداشتن باید ۱۰ الی ۱۶ سانتیمتر باشد. پهنای خطوط مواد با ضخامت بیشتر از ۵۰۰ میکرون (به استثناء نوارهای قابل برداشتن)، باید ۱۵ الی ۲۴ سانتیمتر باشد.

**نکته ۴:** ضخامت و فام رنگی نمونه‌ها (به غیر از نوارها) باید در ۹۰ سانتیمتر اولیه (سه فوت) این خطوط (که دانه‌های شیشه‌ای روپاشی ندارند) بررسی شود. اگر ضخامت خط‌کشی کمتر از ۵۰۰ میکرون باشد، باید ضخامت را به صورت وزنی اندازه‌گیری کرد. اگر ضخامتهای بیش از ۵۰۰ میکرون را باید با دستگاه تعیین کرد. با استفاده از یک صفحه آزمایشگاهی طبق بند ۳-۵-۱۰ ضخامت تعیین می‌شود.

### ۳-۵-۶- برنامه زمان‌بندی ارزیابی آزمونهای میدانی

عملیات مطالعه و بررسی آزمون‌های میدانی باید طبق یک برنامه زمان‌بندی مشخص و حتی‌الامکان در یک دوره آب و هوایی کامل انجام شود و نتایج آزمون برای استفاده در اختیار شرکت‌های مرتبط قرار گیرد. ارزیابی میدانی محصولات با عمر کوتاه مانند خط‌کشیهای سرد، معمولاً پس از هفت روز از شروع اجرا و تقریباً هر ۳۰ روز یک بار پس از آن تا یک سال انجام می‌گیرد. البته در صورت درخواست سازنده، رنگ سرد بادوام را می‌توان تا دو سال مورد ارزیابی میدانی قرار داد. برای مواد مورد استفاده در خط‌کشیهای دائم زمان یک سال و برای مواد به کار رفته در خط‌کشیهای موقت تا شش ماه هم توصیه

شده است. تمدید مدت انجام آزمونهای میدانی در هر یک آزمونها، بستگی به توافق بین مجری و کارفرما دارد.

### ۳-۵-۷- الگوی خطوط طولی و عرضی در آزمونهای میدانی [۱۵]

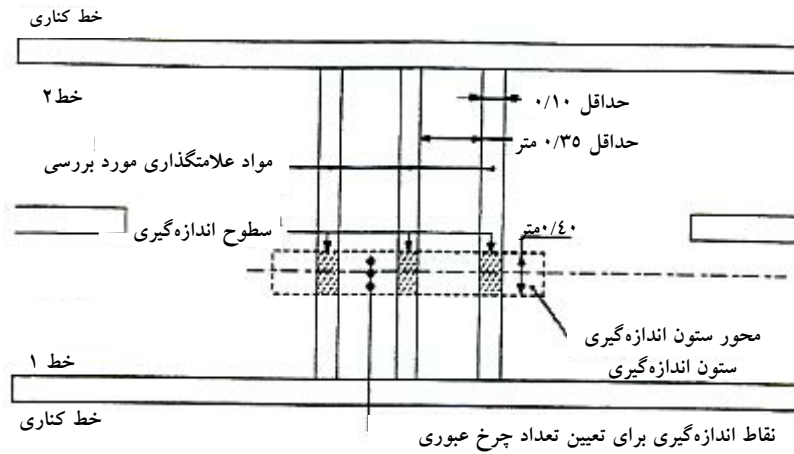
به طور کلی خطکشی باید مطابق الگوهای خطی (به صورت طولی یا عرضی) روی جاده اجرا شوند. البته در صورت نیاز به یک ناحیه اندازه‌گیری طولانی (بیش از ۴۰ سانتی‌متر)، نمی‌توان از الگوی عرضی استفاده کرد. در صورت نیاز به بررسی الگوهای طولی و عرضی به طور همزمان، باید آزمون در قسمتهای جداگانه‌ای انجام شود.

#### • الگوی عرضی

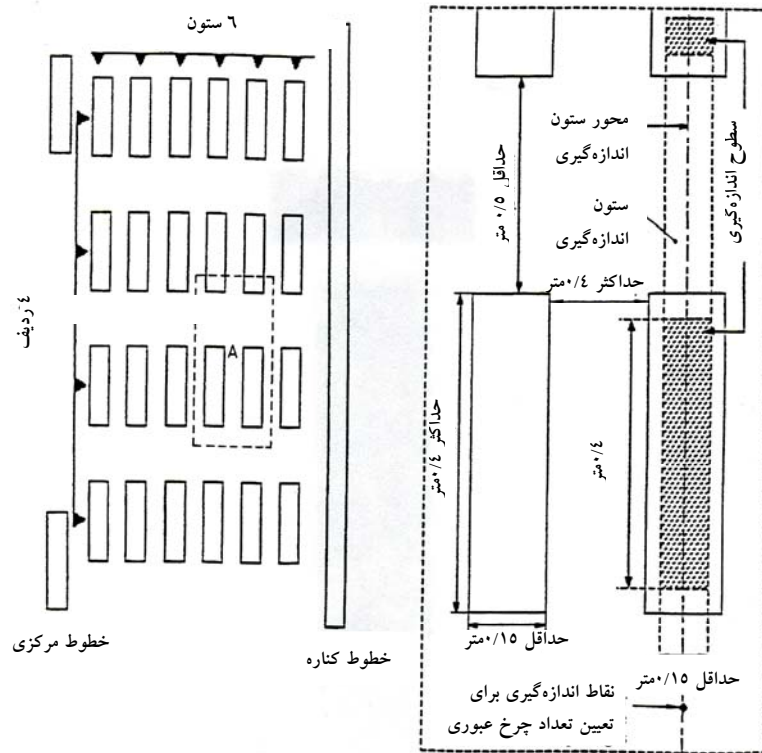
برای هر یک از مواد خطکشی باید حداقل سه خط اجرا کرد. همانگونه که در شکل (۳-۳) نشان داده شده است، حداقل فاصله بین دو خط مجاور باید ۰/۳۵ متر و حداقل عرض ۰/۱۰ متر باشد.

#### • الگوی طولی

خطوط به صورت ردیفهای عرضی و ستونهای طولی اجرا می‌شوند. برای هر یک از مواد خطکشی باید یک خط در هر ستون از نواحی اندازه‌گیری قرار گیرد. هر خط همانطور که در شکل (۴-۳) نشان داده شده است باید حداقل ۰/۱۵ متر عرض و حداقل ۲ متر طول داشته باشد. فضای خالی بین خطوط باید حداکثر ۰/۴ متر در جهت عرض و حداقل ۰/۵ متر در جهت طول باشد.



شکل ۳-۳: مثال الگوی عرضی نشان دهنده یک ستون اندازه گیری [۱۵]



شکل ۳-۴: مثالی از الگوی طولی نشان دهنده یک ستون اندازه گیری [۱۵]

### ۳-۵-۸- مشخصات فنی هنگام اجرای خط‌کشی برای آزمونهای میدانی

قبل از آغاز آزمونهای میدانی، مجری باید مشخصات فنی اجرای مواد مورد نظر را در اختیار داشته باشد.

**تذکره ۱:** مشخصات فنی اجرا شامل روشهای آماده‌سازی، اجرا، نوع ماشین آلات خط‌کشی، الگوی اجرای خطوط، مقدار مواد اجرا شونده (گرم بر متر مربع)، نوع دانه‌های شیشه‌ای مصرفی، سرعت اجرا و روش مورد استفاده است. در صورت امکان باید مواد خط‌کشی با استفاده از دستگاه خط‌کشی اتوماتیک<sup>۱</sup> اجرا شده و دانه‌های شیشه‌ای به صورت مکانیکی بر روی خط روپاشی شوند.

**تذکره ۲:** بجز مواد پیش‌ساخته، اکثر مواد را می‌توان با استفاده از دستگاه خط‌کشی اتوماتیک و با تکرارپذیری خوب اجرا کرد.

**تذکره ۳:** دستگاههای خط‌کشی کننده در انواع تجاری و عمومی یا وسایل خاص در دسترس هستند. سرعت اجرای مواد خط‌کشی و سرعت روپاشی دانه‌های شیشه را می‌توان با ضمیمه C استاندارد EN 1824 تنظیم کرد [۱۵].

### ۳-۵-۹- اندازه‌گیری زمان خشک شدن و شرایط آب و هوایی در آزمونهای میدانی

زمان خشک شدن باید مطابق ضمیمه D از استاندارد EN 1824 برای هر خط در محدوده اندازه‌گیری تعیین شود. در ثبت زمان خشک شدن باید شرایط آب و هوایی شامل دمای محیط، دمای سطح جاده، رطوبت نسبی هوا و سرعت باد در زمان اجرا (اندازه‌گیری شده طبق روش ضمیمه F از استاندارد EN 1824) نیز قید شود [ ] .

**توجه ۱:** چهار عامل آب و هوایی ذکر شده برای تصمیم‌گیری در مورد مناسب بودن شرایط آب و هوا برای اجرای مواد خط‌کشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین اندازه‌گیری پیوسته این عوامل ضروری است.

**توجه ۲:** زمان خشک شدن، به شرایط آب و هوایی و مقدار مواد اعمال شده بستگی دارد.

---

1- Self-Propelled

## ۳-۵-۱۰- اندازه‌گیری ضخامت فیلم تر و وزن دانه‌های شیشه‌ای [۱۶]

برای اندازه‌گیری ضخامت صحیح حین اجرای خط‌کشی (مطابق شکل ۳-۵)، می‌توان کاغذ مخصوصی<sup>۱</sup> را با طول مشخص روی سطح جاده و در مسیر خط‌کشی گذاشت و سپس یک صفحه فلزی با ابعاد  $30 \times 30$  سانتیمتر و ضخامت  $1/5$  میلیمتر روی آن قرار داد. بلافاصله پس از اجرای خط‌کشی آزمایشی، ضخامت فیلم تر اندازه‌گیری می‌شود و در صورت نامناسب بودن، فشار اسپری تا رسیدن به ضخامت مورد نظر تنظیم می‌گردد. جهت جلوگیری از بروز خطا، تنظیم ضخامت خط‌کشی باید بدون دانه‌های شیشه‌ای انجام شود. پس از تنظیم ضخامت فیلم تر، یک خط آزمایشی بر روی صفحه فلزی اجرا و بلافاصله وزن می‌شود. برای تعیین مقدار میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای، وزن یک خط از رنگ در ابعاد  $10 \times 30$  سانتیمتر بدون دانه‌های شیشه‌ای مطابق با رابطه ۳-۶ محاسبه می‌شود:

$$W=0.03 \times t \times \rho \quad (3-6)$$

$W$  = وزن خط رنگ بر حسب گرم،  $t$  = ضخامت بر حسب میکرون و  $\rho$  = دانسیته بر

حسب گرم بر سانتیمتر مکعب



شکل ۳-۵: قرارگیری صفحه مخصوص اندازه‌گیری ضخامت فیلم رنگ در اجرای خط‌کشی [۱۶]

پس از آن یک خط آزمایشی دیگر با افزودن دانه‌های شیشه‌ای توسط دستگاه خط‌کشی بر روی صفحه مورد نظر اجرا و بلافاصله وزن می‌شود. اختلاف وزن بین دو اندازه‌گیری متوالی، مقدار دانه‌های شیشه‌ای مصرفی بر روی صفحه را نشان می‌دهد. وزن دانه‌های شیشه‌ای اعمال شده را می‌توان از رابطه ۳-۷ محاسبه کرد:

$$W = 170/16 \times B \quad (6-3)$$

$W$  = وزن دانه‌های شیشه‌ای بر حسب گرم و  $B$  = دانه‌های شیشه‌ای بر حسب گرم در هر لیتر رنگ می‌باشد.

### ۳-۵-۱۱- تعیین سرعت اجرای خط‌کشی [۱۵]

برای تعیین سرعت اجرای خط‌کشی یعنی سرعت اعمال رنگ و دانه‌های شیشه‌ای می‌توان از ضمیمه C در استاندارد EN 1824 استفاده کرد. معیار و حدود مقبولیت اجرای خط‌کشی، با توافق مجری و کارفرما تعیین می‌شود. برای مثال، اگر سرعت اجرای خط‌کشی بیش از ۱۰ درصد از سرعت میانگین انحراف داشته باشد، یا اگر سرعت متوسط اجرا بیش از ۱۵ یا ۱۰ درصد با سرعت ثبت شده در برگه مشخصات فنی مواد تفاوت داشته باشد، اجرا مورد قبول واقع نمی‌شود. هدف اصلی از تنظیم و رعایت صحیح سرعت اجرای خط‌کشی، دستیابی به ضخامت مناسب و یکنواخت خط‌کشی است.

### ۳-۵-۱۲- اندازه‌گیریهای مربوط به عملکرد مواد در آزمون‌های میدانی

ویژگیهای متداول مربوط به عملکرد مواد پس از خط‌کشی عبارت است از:

۱. ضریب بازتاب نور برگشتی،  $R_L$  در شرایط خشک،
۲. ضریب بازتاب نور برگشتی،  $R_L$  در شرایط تر،
۳. ضریب بازتاب نور برگشتی،  $R_L$  در زمان بارندگی،
۴. فام رنگی شامل: فاکتور روشنایی  $\beta$  و محورهای رنگی  $x$  و  $y$ ،
۵. مقاومت در برابر سرخوردگی،



۶. قابلیت زدودن از سطح (فقط برای مواد موقت)،

۷. ضریب سایش.

پارامترهای ۱ الی ۳ در استانداردهای ASTM E 2176، ASTM E 1710 و ASTM E 2177 تعریف شده‌اند و طبق بند ۲-۶-۴ در فصل دوم دستورالعمل و فام رنگی و مقاومت در برابر سرخوردگی طبق با روش ذکر شده در استاندارد EN 1436 اندازه‌گیری می‌شوند [۱۲].

برای تعیین قابلیت برداشته شدن، باید دو خط از الگوی عرضی و نیمه نخست خط یک خط از الگوی طولی مطابق ضمیمه F مورد آزمون قرار گیرد.

**توجه ۱:** در صورتی که عمق بافت سطح جاده بیشتر از ۱/۵ میلیمتر باشد، تعیین ضریب مقاومت سایشی صحیح امکان پذیر نیست.

**توجه ۲:** طبق توافق پیمانکار و کارفرما می‌توان تعیین کرد که کدام یک از پارامترهای اندازه‌گیری شده، فاکتور تعیین کننده برای انتخاب نوع مواد خط‌کشی جاده باشند.

**توجه ۳:** در نقاط تعیین شده، کمیت‌های مذکور اندازه‌گیری و نتیجه به صورت مقدار میانگین گزارش می‌شود.

**توجه ۴:** برای تعیین ضریب روشنایی و محورهای رنگی، حداقل باید چهار نقطه به گونه‌ای انتخاب شود که سطح مورد نظر حداقل ۱۰۰ سانتیمتر مربع مساحت داشته باشد.

**توجه ۵:** برای تعیین  $R_L$  (خشک، تر، هنگام باران)، تعداد نقاط اندازه‌گیری باید طوری انتخاب شوند که مساحت سطح اندازه‌گیری برای سطوح همگن حداقل ۴۰۰ سانتیمتر مربع و برای سطوح ناهمگن، حداقل ۸۰۰ سانتیمتر مربع باشد. در مورد خطوط برجسته، طول کل سطح اندازه‌گیری باید حداقل شامل ۴ پروفیل یا برجستگی باشد. برای تعیین مقاومت در برابر سرخوردگی و ضریب سایش نیز حداقل باید دو نقطه انتخاب شود. اندازه‌گیری ضریب سایش نیز باید مطابق ضمیمه G استاندارد EN 1436 یا بند ۳-۶-۳-۶ این دستورالعمل صورت گیرد [۱۲].

## ۳-۵-۱۳- ثبت مشاهدات آزمونهای میدانی

در طول اجرای خط‌کشی برای ارزیابیهای میدانی، مشاهدات مختلف زیر را باید

ثبت کرد:

- رطوبت نسبی و نقطه شبنم<sup>۱</sup> نقش مهمی را در آزمون و به کاربری مواد پایه آبی ایفا می‌کنند. علاوه بر این دو عامل، مقدار خشکی سطح روسازی نیز در اجرای مواد ترموپلاستیک اهمیت دارد. رطوبت نسبی، دمای محیط و دمای جاده باید در هر ساعت از زمان اجرا ثبت گردند.
- توجه به این نکته ضروری است که تمام دستگاههای خط‌کشی باید با سرعتی مشابه با سرعت اجرای عملیات واقعی، خطوط آزمایشی را بر سطح اجرا نمایند.
- کثیفی، رطوبت و آلاینده‌های شیمیایی روی خط‌کشیهای حاوی دانه‌های شیشه‌ای می‌توانند اعداد خوانده شده از دستگاه بازتاب‌سنج را تغییر دهند. حتی رطوبت زیاد نیز می‌تواند باعث ایجاد تغییر در ثبت اعداد مورد نظر در دستگاه گردد.

## ۳-۵-۱۴- گزارش نهایی آزمون میدانی

در پایان سال اول یک گزارش موقت و در پایان سال دوم باید یک گزارش نهایی از نتایج آزمون میدانی تهیه شود. این گزارش باید نتایج دید در شب، دید در روز و آزمون عملکرد دوام را مستند کرده باشد. بهتر است نتایج آزمونهای عملکرد به شکل جدول ارائه شود. گزارش آزمون جداگانه برای یک ماده خط‌کشی باید شامل موارد زیر باشد:

- نام محصول و اطلاعات فنی آن؛
- داده‌های فنی مربوط به خصوصیات اجرا شامل وسایل خط‌کشی مورد استفاده، زمان خشک شدن و سرعت اجرا؛
- نتایج اندازه‌گیریها؛
- خلاصه شرایط آب و هوا، ترافیک و وضعیت سطح جاده طی مدت آزمون.

---

1- Dew Point

### ۳-۶- نظارت‌های اجرایی و آزمونها [۱۵]

#### ▪ عوامل موثر در دستیابی به یک خط‌کشی صحیح

هدف از کنترل و نظارت بر مراحل اجرای خط‌کشی، توسط پرسنل تعلیم‌دیده، تضمین کیفیت خط‌کشی روسازی است که باعث دستیابی به طول عمر سرویس دهی مورد انتظار می‌شود. نظارت منطقه‌ای بر اجرای خط‌کشی را می‌توان به سه بخش جداگانه تقسیم کرد:

(۱) **نظارت قبل از اجرا:** بررسی شرایط جاده و هوا از جمله تمیز بودن سطح جاده، تعیین عمق بافت سطح آسفالت و کنترل آکس یابی، دمای هوا، رطوبت نسبی محیط و سرعت وزش باد؛

(۲) **نظارت بر مراحل اجرای خط‌کشی:** از جمله اندازه‌گیری ضخامت، طول و عرض، کنترل دمای اجرا، کنترل فام خط‌کشی، اندازه‌گیری بازتاب نور برگشتی و ...؛

(۳) **نظارت پس از اجرا:** عمدتاً شامل بررسی پایان طول عمر سرویس دهی برای مشخص کردن زمان تجدید خط‌کشی.

#### ۳-۶-۱- قبل از اجرا

نظارت قبل از اجرای خط‌کشی شامل بررسی وضعیت جاده، شرایط آب و هوایی، بررسی ماشین‌آلات خط‌کشی و طرح دقیق خط‌کشی، می‌باشد. نظارت قبل از اجرا برای تضمین چسبندگی مناسب بین خط‌کشی و سطح روسازی مهم و ضروری است.

#### ۳-۶-۱-۱- توافقات قبل از اجرا

در بیشتر قراردادهای منعقد شده اجرای خط‌کشی، کارفرما و مجری، باید قبل از

اجرای خط‌کشی در موارد زیر به توافق برسند:

- زمان شروع و خاتمه اجرا
- تیپ و نقشه خط‌کشی
- موقعیت راههای خط‌کشی شونده

- سازنده یا سازندگان مواد
- نوع مواد مورد استفاده
- حداقل ضخامت خط‌کشی
- مسافت تخمینی خط‌کشی
- حداقل بازتاب نور برگشتی مورد نیاز
- مقادیر رنگ و دانه‌های شیشه‌ای مصرفی
- دمای هوا و سطح روسازی
- طول و عرض خطوط
- گواهی تأیید کیفیت مواد

### ۳-۶-۱-۲- رطوبت سطح

وجود رطوبت و نم بر روی سطح روسازی قبل از اجرای خط‌کشی، تاثیر منفی بر چسبندگی بین سطح روسازی و خط‌کشی دارد. وجود رطوبت بر روی سطح روسازی باید در هر زمان که شرایط مشکوک به نظر می‌رسد، بررسی شود. بررسی شود که به روش زیر صورت می‌گیرد:

یک ورقه پلاستیکی مربع شکل در ابعاد  $12 \times 12$  اینچ بر روی سطح روسازی قرار داده شده و از نوار برای چسباندن لبه‌ها استفاده می‌گردد. تقریباً پس از ۱۵ دقیقه می‌توان حباب‌های آب را در داخل پوشش پلاستیکی بررسی کرد. اگر حباب‌های درون سطح پلاستیک بزرگتر از اندازه یک مداد پاک‌کن باشد، سطح روسازی حاوی مقادیر بیش از حد آب است. در چنین شرایطی باید عملیات خط‌کشی را تا زمانی که سطح روسازی به اندازه کافی خشک شود و حباب‌های بزرگ در زیر پلاستیک دیده نشود، به تعویق انداخت.

## ۳-۱-۶-۳- گرد و خاک و اضافات (آشغال)

چسبندگی نامناسب خط‌کشی به سطح روسازی، در بسیاری از موارد به دلیل تمیز نبودن سطح روسازی قبل از اجرا است. باید گرد و خاک، اضافات، ترکیبات و ماسه‌های ریخته شده و مواد آسیب رسان دیگر را که باعث چسبندگی نامناسب خط‌کشی به سطح روسازی می‌شوند، پاک کرد. علاوه بر آن قبل از انجام عملیات خط‌کشی مجدد روی خطوط قبلی و خط‌کشی‌های پوسته شده یا حاوی دانه‌های شیشه‌ای با اتصال ضعیف، باید خط‌کشی اولیه پاک شود. روشهای زیر برای تمیز کردن سطح روسازی‌ها پذیرفته شده است:

- سند بلاست،
- شستشو با مواد شیمیایی،
- استفاده از ماشینهای برس‌زنی،
- اسپری هوای فشرده و آب پر فشار.

## ۳-۱-۶-۴- دمای هوا و دمای سطح روسازی

در شرایط آب و هوایی مشکوک، دمای سطح روسازی و دمای محیط باید جهت اطمینان از مطابقت با شرایط توصیه شده، بررسی و کنترل شود. دمای سطح روسازی غالباً بوسیله ترمومتر لیزری اندازه‌گیری می‌شود. مواد مختلف برای ایجاد چسبندگی و یا پخت مناسب به دماهای مختلفی در سطح روسازی و هوا نیاز دارند.

هنگام اجرای رنگ سرد توصیه می‌شود که حداقل تفاوت دمای سطح روسازی و دمای هوا ۵ درجه سانتیگراد باشد. حداقل دمای سطح و هوا برای اجرای رنگهای پایه آبی ۱۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. البته این پیشنهادها عمومی است و بهتر است که در هر مورد دمای توصیه شده توسط سازندگان مواد در نظر گرفته شود.

۳-۶-۱-۵- اندازه‌گیری عمق بافت سطحی توسط روش پیچ شنی<sup>۱</sup> [۱۷]

نظر به اینکه تعیین عمق بافت سطحی جاده در تعیین مقدار مصرف مواد و ضخامت آنها و بسیاری از ویژگیهای خط‌کشی اهمیت دارد، تشریح روش کار در این اندازه‌گیری بسیار مفید به نظر می‌رسد.

مواد و تجهیزات مورد نیاز برای این اندازه‌گیری به شرح زیر است:

- پرگاری با قابلیت اندازه‌گیری تا شعاع ۲۰۰ میلی‌متر؛
- خط‌کش مدرج (بر حسب میلی‌متر)؛
- استوانه‌ای به ارتفاع ۸۰ میلی‌متر و قطر داخلی ۲۰ میلی‌متر؛
- یک دیسک چوبی مسطح به قطر ۶۵ میلی‌متر که به یک طرف آن یک دیسک لاستیکی سخت با همان قطر متصل است. دیسک لاستیکی باید ضخامتی حدود ۱/۵ میلی‌متر داشته باشد. معمولاً به سمت دیگر آن یک دسته وصل می‌گردد؛
- مخزنی برای شن (یک ظرف لاستیکی ۲۵۰ میلی‌لیتری برای این منظور مناسب است)؛
- یک قلم موی دستی نرم؛
- مقداری شن، (می‌توان از شن طبیعی استفاده کرد).

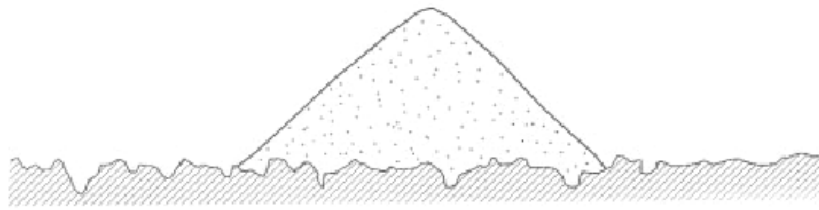
## • روش آزمون

سطحی که قرار است عمق بافت آن اندازه‌گیری شود باید خشک بوده و با یک قلم موی نرم جاروب شود. سپس استوانه روی مکان مورد نظر قرار داده شده و با شن پر می‌شود. با زدن ضربات آرام به قسمت انتهایی استوانه که بر روی سطح جاده قرار گرفته شن‌ها در داخل استوانه کمی فشرده‌تر می‌گردند. در صورت خالی شدن فضای بالای استوانه آن را با شن پر کرده و با کمک یک تیغه، سطح بالایی را صاف و همتراز می‌کنند. سپس با جدا کردن استوانه از سطح (به صورت عمودی)، شن بصورت کپه‌ای روی سطح

---

1- Sand Patch

مورد آزمون می‌ریزد. در صورت وجود باد در محیط می‌توان از یک تایلر یا حفاظ برای احاطه مسیر ریزش روی سطح شن استفاده کرد. سپس با استفاده از دیسک مخصوص در یک حرکت دایره‌ای شن بصورت مدور بر روی سطح جاده پخش می‌گردد به طوری‌که ناهمواریهای سطح تا ارتفاع نوک برجستگیها به طور کامل با شن پوشیده شود. شعاع پیچ تشکیل شده توسط شن با پرگار اندازه‌گیری و برحسب میلی‌متر یادداشت می‌گردد. سپس عمق بافت سطحی با استفاده از فرمول TD محاسبه می‌شود. این آزمون در چند نقطه از یک خط که به طور موازی با حاشیه جاده قرار گرفته تکرار می‌گردد. روش این آزمون فوق در شکل (۳-۶) به صورت خلاصه نشان داده شده است.



الف: حجم معینی از شن ریز با اندازه ذره‌ای یکنواخت که بر سطح جاده ریخته می‌شود.



ب: شن به گونه‌ای بر سطح پخش می‌شود که یک پیچ مدور بر سطح تشکیل شده و فرورفتگی سطح تا حداکثر ارتفاع ناهمواری در سطح با شن پر شود.



a: پخش ذرات شن روی سطح



b: اندازه‌گیری قطر پیچ توسط خط‌کش

شکل ۳-۶: مراحل مختلف اندازه‌گیری عمق سطح به روش پیچ شنی [۱۷]

$$(۷-۳) \quad \text{عمق بافت (سانتی متر)} = \frac{\text{حجم شن (سانتیمتر مکعب)}}{\text{مساحت سطح پیچ (سانتیمتر مربع)}}$$

ج: محاسبه

برای محاسبه عمق بافت که با علامت اختصاری TD نشان داده می شود، ابتدا حجم دقیق استوانه محاسبه می گردد. اگر حجم شن بکار رفته در آزمون معادل حجم استوانه در نظر گرفته شود، عمق بافت سطحیِ روسازی که با TD نشان داده می شود توسط رابطه (۸-۳) تعیین می گردد:

$$TD = \frac{V}{\pi R^2} \quad (۸-۳)$$

R، شعاع پیچ شنی است

می توان جدولی بر اساس رابطه (۸-۳) از عمقهای بافتهای مختلف TD را برای مقادیر مختلف R از ۵۰ میلی متر تا ۱۸۰ میلی متر با فاصله افزایشی یک میلیمتر تهیه کرد. این عمل فقط برای عمقهایی با بافت بیشتر از ۰/۲۵ میلیمتر مناسب است. برای اندازه گیری عمق بافت سطوح صاف تر به کارگیری یک استوانه کوچکتر و شنهای ریزتر توصیه می شود.

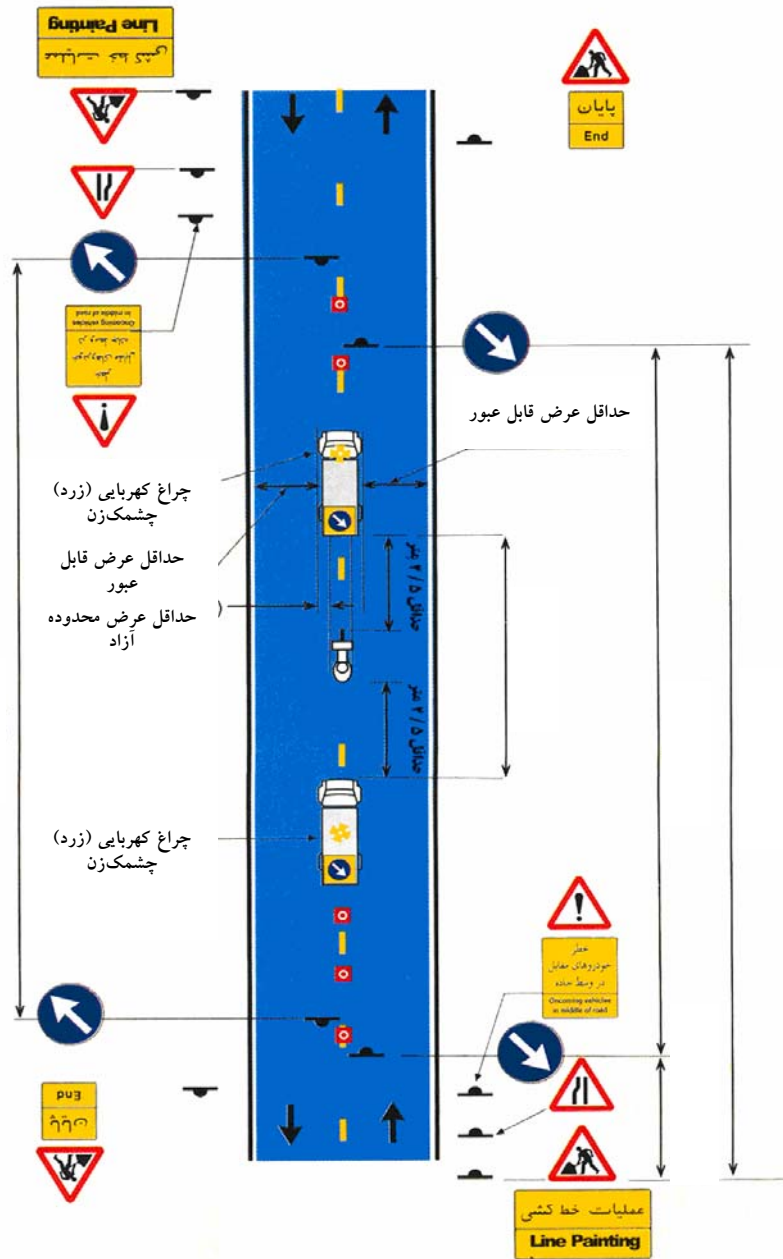
### ۶-۱-۶-۳- ایمنی ماشین آلات خط کشی

عملیات خط کشی معمولاً در قسمتهایی انجام می شود که رفت و آمد در آنجا وجود دارد و با توجه به اینکه ماشین آلات مربوطه غالباً در حال حرکت هستند، ایمنی کارگران و اتومبیلهای عبوری اهمیت زیادی دارد. ماشین آلات خط کشی باید قبل از شروع عملیات بازرسی شوند تا اجرای امن و کارای خط کشی راهها تضمین شود. هنگام بازرسی تجهیزات خط کشی، توجه به نکات ایمنی، خود ماشین خط کشی و همچنین شرایط اجرایی ضروری است:



## • نکات ایمنی [۱۸]

- تنظیم‌کننده‌هایی که روی ماشین خط‌کشی نصب شده‌اند، نباید خراب یا صدمه دیده باشند.
- حفاظ روی تنظیم‌کننده‌ها باید دارای خصوصیات خاص و استاندارد باشد.
- تنظیم‌کننده‌ها باید در ارتفاع مناسب (۳۰ سانتیمتر از زمین) نصب شده باشد.
- باید روشنایی یا چراغ مناسب بر روی ماشین‌آلات خط‌کشی (مثل چراغهای چشمک‌زن بر روی وسایل نقلیه یا فلشهای چشمک‌زن و سایر) نصب شده باشد.
- وقتی هنگام خط‌کشی راه و نصب چشم‌گربه‌ای برای عبور خودروها عرض کافی وجود داشته باشد، ممکن است استفاده از علائم آگاهی و علائم اختطاری نصب شده بر روی وسیله نقلیه کافی باشد. در غیر این صورت باید ضمن مشورت با ناظر اجرا، مخروط‌گذاری و استفاده از علائم "از راست و یا چپ برانید" (با و یا بدون کنترل ترافیک و مسدود کردن کامل مسیر) لازم باشد.
- در عملیات خط‌کشی و نصب چشم‌گربه‌ایها، مشکلات متفاوت‌تری از انواع معمول کارهای راهداری و راهسازی وجود دارد. اولاً پرسنل، وسایل نقلیه و ماشین‌آلات در حین انجام کار به طور مستمر در امتداد سواره رو در حال حرکت می‌باشند و به طور خطرناکی با ترافیک در حال عبور تماس دارند، ممکن است لازم باشد یک خط یا خطوط حرکت را مسدود کرد. به طور مثال وقتی که عرض خطوط عبوری کمتر از حد استاندارد بوده و ترافیک عبوری شامل تعداد قابل توجهی وسایل نقلیه سنگین باشد و یا اگر به علت اشغال شدن قسمتی از عرض راه در قسمت میانی سواره رو، عبور وسایل نقلیه غیر ممکن باشد، برای حفاظت از کارگران، کاربران راه و تجهیزات و ماشین‌آلات باید علامتگذاری و مخروط‌گذاری مناسبی انجام شود (همان گونه که در شکل ۳-۷ نشان داده شده است).



شکل ۳-۷: چگونگی علامت گذاری راه برای حفاظت از کارگران، کاربران راه، تجهیزات و ماشین آلات در هنگام اجرای خط کشی [۱۸]

- در عملیات خط‌کشی طولی راه به روش اسپری و یا اسکرید، که ماشین خط‌کشی با سرعت مشخصی حرکت می‌کند، نمی‌توان از علائم ثابت در کناره راه استفاده کرد. در این صورت علائم در جلوی وسیله نقلیه ای که قبل از ماشین خط‌کشی حرکت می‌نماید، نصب می‌شود. البته این روش در راههای باریک سواره‌رو برای سبقت گرفتن مشکل ایجاد می‌کند. در این حالت می‌توان با نصب علائم مناسب بر بدنه ماشین خط‌کشی، ایمنی لازم را فراهم کرد.

#### • نکاتی در مورد اجرا

- ماشینها دچار چکه کردن و ریزش مایعات نبوده و در شرایط کاری مناسب باشند.
- ماشینها مجوز فنی معتبر داشته باشند.
- محوریابی جاده باید در شرایط مناسب انجام شده و از مشخصات تعریف شده برخوردار باشد.
- قسمتهای مختلف تجهیزات خط‌کشی (مخزن بنزین، روغن، ترمومتر،...) مدرج باشد.
- پیستوله اجرای دانه‌های شیشه‌ای درست عمل کند.
- شلنگها به طور مناسب عایق‌بندی شده و از هر گونه عیب عاری باشند.
- مخازن ذوب باید قبل از تغییر رنگ به طور کامل تمیز شده باشند.

#### • کنترل ترافیک

- یکی از مهمترین جنبه‌های ایمنی در عملیات خط‌کشی روسازی، کنترل رفت و آمد ترافیکی است که در محل عملیات وجود دارد. اطلاع پیمانکار از میزان کنترل ترافیک (رفت و آمد) مورد نیاز در محل عملیات، امری ضروری است. تجهیزات و ابزار کنترل ترافیک باید قبل و در طول اجرا بازرسی شوند تا عملکرد درست و ایمنی دستگاهها تضمین شود.

## ۳-۶-۲- نظارت و کنترل در زمان اجرا

منظور از بازرسی و نظارت طی اجرا، بازرسی در مکان خط‌کشی روسازی حین انجام کار است. این بازرسی شامل اندازه‌گیری ضخامت، پهنا، فام رنگی، پراکندگی توزیع دانه‌های شیشه‌ای و شکل ظاهری در شب می‌باشد. بازرسی هنگام اجرا بسیار اهمیت دارد، زیرا باعث می‌شود که مشکلات اجرا بلافاصله مشخص شوند و این کار بسیار مفید و سودمند است. مصرف درست مواد بوسیله پیمانکار هم باید بررسی شود.

## ۳-۶-۲-۱- ضخامت

بررسی ضخامت خط‌کشی برای تعیین مقدار مصرف مواد خط‌کشی بر سطح جاده، بسیار مهم است. تجربه نشان داده که ضخامت خط‌کشی به ویژه در روسازی‌هایی که آماده‌سازی شده‌اند، فاکتور مهمی در عملکرد بلند مدت خط‌کشی است. نمونه‌ها باید با استفاده از یک صفحه فلزی در طول عملیات خط‌کشی تهیه شوند. صفحه فلزی حتماً باید به صورت پنهان بر سطح روسازی قرار گیرد. این حالت قرارگیری باعث می‌شود که پیمانکار به منظور ایجاد نمونه ضخیم‌تر حرکت دستگاه را قبل از رسیدن به نوار و یا ورقه فلزی آهسته نکند. ضخامت فیلم رنگ را هم به صورت مایع (قبل از خشک شدن) و هم به صورت فیلم خشک می‌توان اندازه گرفت که ضخامت فیلم خشک نهایی بر دوام و سرویس‌دهی خط‌کشی مؤثر است. ضخامت فیلم رنگ مایع مطابق استاندارد ASTM D 1212 و ضخامت فیلم رنگ خشک مطابق استانداردهای ASTM D 7091 و ASTM D 1005 و ASTM D 6132 تعیین می‌شود. با اندازه‌گیری ضخامت فیلم رنگ مایع و دانستن درصد جامد حجمی رنگ، می‌توان از طریق رابطه ۳-۹ ضخامت فیلم خشک را تعیین کرد.

$$\text{ضخامت فیلم خشک} = \text{ضخامت فیلم تر} \times \text{درصد جامد حجمی رنگ} \quad (۳-۹)$$

اندازه‌گیری ضخامت فیلم رنگ مایع از آن جهت حائز اهمیت است که می‌توان آن را حین عملیات خط‌کشی تعیین کرد و در صورت عدم رعایت ضخامت مناسب توسط

پیمانکار، بلافاصله وی را مطلع ساخت تا با تغییر سرعت ماشین و تنظیمات لازم، ضخامت مناسبی از رنگ بر روی سطح اجرا شود.

### ۳-۲-۶-۲-۲- ابعاد خط‌کشی

اگر چه روش استاندارد برای اندازه‌گیری دستی پهنا وجود ندارد، ولی بازرسی پهنا امری ضروریست. برای این منظور عمدتاً عرض خط‌کشی توسط یک خط‌کش مدرج اندازه‌گیری می‌شود.

معمولاً در صورت منقطع بودن طول و عرض ممتد بودن خطوط عرض خطوط بایستی کنترل گردد. با توجه به اینکه امکان خط‌کشی دقیق طبق ابعاد پیشنهادی وجود ندارد و علاوه بر محدودیتهای ماشین‌آلات، پخش شدن رنگ نیز می‌تواند مزید بر علت شود، میزان انحراف از ابعاد طبق جدول ۳-۷ مجاز است.

جدول ۳-۷: میزان انحراف مجاز ابعاد طولی [۷]

ابعاد طولی مشخص شده	حداکثر میزان انحراف مجاز
۳ متر یا بیشتر	$\pm 5\%$
۳۰ سانتیمتر یا بیشتر تا ۳ متر	$\pm 10\%$
کمتر از ۳۰ سانتیمتر	$+20\%$ یا $-10\%$

میزان انحراف مجاز برای پهنای خط:  $10 +$  تا  $5 -$  درصد می‌باشد

### ۳-۲-۶-۳- رنگهای پایه آبی [۱۹]

هنگام اجرا مشکلات متعددی در مورد سرعت خشک شدن رنگهای پایه آبی یا لاتکسی به ویژه در آب و هوای مرطوب یا مه‌آلود وجود دارد. زمان خشک شدن رنگهای پایه آبی به طور قابل توجهی تحت تأثیر شرایط آب و هوایی قرار دارد. تغییرات دمایی و رطوبتی، عواملی هستند که موجب بروز محدودیت در اجرای خط‌کشی راه‌ها می‌شوند. برای یک اکریلیک پایه آبی متداول، زمان خشک شدن بین ۱۰ دقیقه (گرم و خشک، نسیم‌دار) تا ۳ ساعت (سرد، مرطوب و بدون نسیم) متغیر است. برای یک رنگ اکریلیک

پایه آبی سریع خشک شونده زمان خشک شدن بین ۵ دقیقه (گرم، خشک و نسیم‌دار) تا ۴۰ دقیقه (سرد، تر، بدون نسیم) تغییر می‌کند. برای این نوع رنگها تأثیر دما حداقل است. از سوی دیگر، اثر باد (سرعت هوای روی زمین) قابل توجه بوده زیرا وقتی سرعت از ۰/۴۷ کیلومتر بر ساعت به ۴/۱۳ کیلومتر بر ساعت می‌رسد، زمان خشک شدن با ضریب ۳ کاهش می‌یابد. برای اطمینان از اجرای صحیح و سرویس‌دهی مناسب خط‌کشی، دستورالعمل زیر در شرایط جوئی گوناگون توصیه می‌شود:

### شرایط بهینه برای اجرای رنگهای پایه آبی

برای دستیابی به بالاترین کارایی و دوام، رنگهای پایه آبی باید تحت شرایط زیر

اجرا شوند:

- دمای هوا و دمای سطح روسازی بیش از ۲۰ درجه سانتیگراد باشد.
- رطوبت نسبی محیط کمتر از ۷۰ درصد باشد.
- سرعت باد بیشتر از ۱۰ کیلومتر در ساعت باشد.
- محافظت کافی از خطوط در طول فرایند خشک شدن انجام پذیرد.

#### • دمای هوا

به طور ایده‌آل رنگهای پایه آبی باید در دمایی بالاتر از ۲۰ درجه سانتیگراد اجرا شوند. همچنین می‌توان این رنگها را در صورتی که رطوبت نسبی محیط، کمتر از ۵۰ درصد و سرعت باد مناسب و بیش از ۱۰ کیلومتر در ساعت باشد، در دمای بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز اجرا کرد. پس از اجرا خطوط باید برای مدت طولانی که ممکن است به چند ساعت هم برسد، در معرض عبور و مرور قرار نگیرند تا کاملاً خشک شوند. رنگهای بر پایه آبی هرگز نباید در دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد اجرا شوند.

#### • رطوبت نسبی

به طور ایده‌آل رنگهای پایه آبی باید در رطوبت نسبی کمتر از ۷۰ درصد اجرا شوند. همچنین می‌توان این رنگها را در زمانی که دمای هوا بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد

و سرعت باد مناسب و بیش از ۱۰ کیلومتر در ساعت باشد، در رطوبت نسبی بین ۷۰ تا ۸۰ درصد نیز اجرا کرد. رعایت این شرایط نیز برای اجتناب از بطول انجامیدن تثبیت رنگ ضروری است. در هر حال هرگز نباید رنگ سرد در رطوبت نسبی بیش از ۱۵ درصد اعمال شود.

#### • سرعت جریان هوا

اگر سرعت جریان هوا کم باشد (مثلاً کمتر از ۵ کیلومتر در ساعت)، برای دستیابی به زمان خشک شدن مناسب باید دمای هوا بیش از ۲۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی کمتر از ۷۰ درصد باشد.

#### • مراقبت پس از اجرا

تمام خطوط رنگ باید تا تثبیت کامل دانه‌های شیشه‌ای در داخل فیلم رنگ، از معرض عبور و مرور خودروها دور نگه داشته شوند. در صورتی که دمای هوا کمتر از ۲۰ درجه سانتیگراد یا رطوبت نسبی بیش از ۷۰ درصد باشد، ضروری است که خطوط برای رسیدن به وضعیت خشک شدن ترفیکی تا زمان قابل توجهی مورد مراقبت قرار گیرند که می‌تواند تا چند ساعت طول بکشد. برای سهولت در استفاده از این اطلاعات هنگام اجرا، شرایط انجام کار به صورت کاربردی در شکل ۳-۹ نشان داده شده است [۱۹].

روش استفاده از نمودار بشرح زیر می‌باشد:

۱- اندازه‌گیری دمای هوا و رطوبت نسبی هوا و تعیین آنها در نمودار

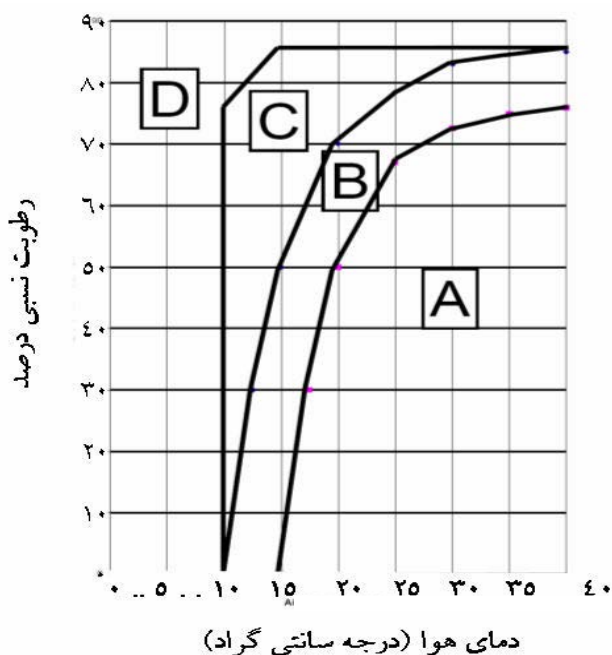
۲- تعیین یا تخمین سرعت وزش باد

۳- تخمین میزان مراقبت مورد نیاز برای تثبیت دانه‌های شیشه‌ای

ناحیه A: نشان‌دهنده شرایط مطلوب برای اجرای رنگهای پایه آبی است. برای مراقبت از خط‌کشی برای تثبیت دانه‌های شیشه‌ای به زمان کوتاهی نیاز است.

ناحیه B: نشان‌دهنده شرایط مناسب، در صورت وجود وزش باد ملایم، برای اجرای رنگهای پایه آبی است. تحت این شرایط زمان کوتاهی برای مراقبت از خط‌کشی

نیاز است. در صورت نبود جریان باد یا نسیم بسیار آرام، رنگ دیرتر خشک خواهد شد و در نتیجه زمان مراقبت تا خشک شدن رنگ و تثبیت دانه‌های شیشه‌ای افزایش می‌یابد.



شکل ۳-۸: تقسیم‌بندی شرایط کاری بر اساس شرایط محیطی [۱۹]

ناحیه C: نشان می‌دهد که در صورت عدم وزش باد، رنگ بسیار دیر خشک خواهد شد. خشک شدن کامل رنگ ممکن است تا سه ساعت هم طول بکشد. در صورتی که باد به صورت ملایم بوزد، زمان خشک شدن به کمتر از یک ساعت کاهش می‌یابد. برای اطمینان از تثبیت دانه‌های شیشه‌ای، خط‌کشی تا یک ساعت باید مراقبت شود.

ناحیه D: بیانگر مناسب نبودن شرایط برای اجرای رنگهای پایه آبی می‌باشد. وقتی که دما کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد و رطوبت محیط بالای ۸۵ درصد است نباید رنگ اعمال شود.



**توجه ۱:** با انتقال از یک ناحیه به ناحیه دیگر، شرایط به طور ناگهانی تغییر نمی‌کند. در نقاط نزدیک مرز بین دو ناحیه، زمان خشک شدن و نیاز به مراقبت نیز مطابق با شرایط بین دو ناحیه است.

**توجه ۲:** این نمودار فقط جنبه راهنمایی دارد. در عمل باید حتماً پیش از اتمام مراقبت و شروع عبور و مرور از تثبیت دانه‌های شیشه‌ای اطمینان حاصل شود.

**توجه ۳:** زمانی که سطح روسازی در اثر شبنم، باران یا سایر موارد مرطوب است، نباید رنگ اجرا شود. همچنین از اجرای خط‌کشی در شب خودداری شود.

#### - بارش باران

با وجود شرایط مطلوب، در صورتی که تا دو ساعت بعد، احتمال بارندگی وجود داشته باشد، نباید رنگ‌های پایه آبی را اجرا کرد.

#### - کار در شب

عموماً به هنگام شب دمای هوا کاهش یافته و رطوبت نسبی محیط افزایش می‌یابد، در نتیجه خط‌کشی‌های اجرا شده در شب کندتر خشک شده و برای اطمینان از تثبیت دانه‌های شیشه‌ای نیاز به مراقبت طولانی مدت دارند. بنابراین به طور کلی اجرای خط‌کشی سرد پایه آبی در شب و یا صبح خیلی زود توصیه نمی‌شود.

#### ۳-۶-۲-۴- ضخامت فیلم

ضخامت فیلم رنگ باید به حدی باشد که ۶۰ درصد از قطر دانه‌های شیشه‌ای در آن فرو رود. بعنوان مثال وقتی که از دانه‌های شیشه‌ای بزرگ استفاده می‌شود، ضخامت فیلم بدون دانه‌های شیشه‌ای نباید کمتر از ۳۰۰ میکرون باشد. از طرفی برای دستیابی به زمان خشک شدن مناسب، فیلم رنگ نباید بیش از حد ضخیم شود. بهترین حد ضخامت فیلم تر برای رنگ‌هایی با درصد جامد حدود ۶۰ درصد ۵۰۰ الی ۶۰۰ میکرون است.

## ۳-۶-۲-۵- تأمین چسبندگی

برای اطمینان از دوام مناسب خط‌کشی، چسبندگی مناسب خط‌کشی بر روی سطح روسازی اهمیت بسیار زیادی دارد. چسبندگی رنگ سرد با سطح روسازی از طریق ایجاد درگیری‌های مکانیکی با حفرات و تخلخل سطح روسازی ایجاد می‌شود. گرچه رنگ سرد نسبت به مواد ترموپلاستیک حساسیت کمتری نسبت به تغییرات دما، رطوبت یا سایر ویژگی‌های محیطی دارد، ولی در اینجا نیز آماده سازی سطح بسیار مهم می‌باشد. برای دستیابی به پیوند صحیح بین سطح روسازی و خط‌کشی سرد، شرایط زیر باید برقرار باشد:

- سطح روسازی باید عاری از هر گونه گرد و غبار و سایر آلودگی‌ها باشد.
- سطح روسازی باید عاری از هر گونه مواد خط‌کشی قدیمی با استحکام چسبندگی ضعیف، دانه‌های شیشه‌ای و ترکیبات پخت شده باشد.
- سطح روسازی باید عاری از رطوبت بوده و خشک باشد.
- سطوح دارای گرد و غبار باید توسط فشار آب تمیز شده و قبل از اجرای خط‌کشی خشک شوند.
- برای اجرای خط‌کشی بر روی روسازی‌های تازه اجرا شده، باید حداقل دو هفته از اجرای آسفالت روسازی گذشته باشد.

## ۳-۶-۲-۶- حفاظت از خط‌کشی برای اطمینان از تثبیت خط‌کشی

رنگهای سریع خشک شونده سرد نیازی به محافظت در مقابل ترافیک جاده ندارند، اما سیستمهای خط‌کشی عادی که آهسته تر خشک می‌شوند، به محافظت نیاز دارند. رایج‌ترین نوع محافظت از خط‌کشی‌های تازه اجرا شده، استفاده از روش مخروط‌گذاری است که به صورت دستی انجام می‌شود.

## ۳-۶-۳- نظارت در زمان سرویس‌دهی و آزمون‌های مربوطه

با توجه به اینکه معمولاً عمر و دوام رنگهای سرد در شرایط مناسب حداکثر تا یک سال پیش‌بینی شده است، باید نظارت‌هایی بر خط‌کشی‌های انجام شده در فواصل

زمانی معین صورت پذیرد. فواصل زمانی توصیه شده جهت نظارت و بررسی کیفیت عمدتاً به عمر مفید تخمین زده شده برای هر سیستم خط‌کشی بستگی دارد. در صورتی که عمر مفید یک سال پیش‌بینی شده باشد، فواصل زمانی ۳ ماه و در صورتی که عمر مفید ۶ الی ۹ ماه پیش‌بینی شده باشد، فواصل زمانی ۲ ماه برای نظارت بر کیفیت خط‌کشی در نظر گرفته می‌شود.

برای بررسی و انجام آزمون بر روی خط‌کشی‌های ترافیکی اجرا شده می‌توان از دستورالعمل زیر برای شستشو و تمیز کردن مقدماتی خط‌کشی‌ها استفاده کرد. (لازم به ذکر است که این دستورالعمل بیشتر برای انجام آزمون‌های انعکاس، روشنایی و رنگ‌سنجی توصیه شده و برای آزمون‌های میدانی نیز کاربرد دارد).

۱. ابتدا یک محلول حاوی ۲ درصد مایع شوینده خانگی و ۹۸ درصد آب تمیز را در دمای معمولی تهیه شود.
۲. محلول شستشوی آماده شده را بر روی منطقه آزمون ریخته شود.
۳. با استفاده از یک قلم موی نرم و با فشار دست به مدت ۳۰ الی ۶۰ ثانیه سطح پاک می‌شود.
۴. سطح مورد نظر با آب تمیز آبکشی شود (معمولاً ۵ لیتر آب به ازای هر متر خط‌کشی مصرف می‌شود).
۵. یک اسفنج یا دستمال کاغذی به آرامی روی سطح مورد نظر قرار گرفته تا آب اضافی جذب شود.
۶. پس از گذشت ۱۵ الی ۳۰ دقیقه که سطح به طور طبیعی خشک شد، آزمون مورد نظر انجام گیرد (قابل توجه است که ایجاد صدمه و آسیب به سطح خط می‌تواند بر اعداد و نتایج انجام آزمون‌ها تاثیر گذارد).
۷. در گزارش نهایی باید حتماً قید شود که خط قبل از انجام آزمون شستشو شده یا خیر.

**۳-۶-۳-۱- تعیین پایان عمر مفید**

از یک دیدگاه، تمامی خط‌کشی‌های روسازی با فرسوده شدن به پایان عمر سرویس‌دهی خود می‌رسند. پایان عمر سرویس‌دهی زمانی است که خط‌کشی در اثر فرسودگی، دید کافی را برای رانندگان فراهم نمی‌کند. این پایان عمر سرویس‌دهی، که ممکن است هر زمانی بعد از چند هفته تا چند سال از زمان اجرا باشد، مشخص می‌کند که چه زمانی باید خط‌کشی تجدید شود.

از آنجا که دید علائم در شب برای تشخیص ایمن مسیر توسط رانندگان بسیار مهم است، پایان عمر سرویس‌دهی معمولاً بر اساس میزان دید در شب سنجیده می‌شود. معمولاً سه روش برای تعیین پایان عمر مفید خط‌کشی‌های روسازی توصیه می‌شود:

- ارزیابی بصری خط‌کشی در روز
- ارزیابی بصری خط‌کشی در شب
- تعیین بازتاب نور برگشتی

**• برآورد بصری میزان دید در روز**

این روش شامل تعیین بیشترین فاصله‌ای است که در روز و از درون خودرو علائم دیده می‌شوند. بازرسی قابلیت دیده شدن علائم روسازی حداقل می‌بایست یک بار در هر ماه انجام شود.

**• برآورد بصری میزان دید در شب**

این روش شامل تعیین بیشترین فاصله‌ای است که در شب و از درون خودرو با چراغهای روشن، دیده می‌شوند. بازرسی قابل رویت بودن خط‌کشی‌ها در شب حداقل می‌بایست یک بار در هر ماه انجام شود.

**• برآورد میزان بازتاب نور برگشتی**

یکی از معیارهای اصلی ارزیابی کارایی یک خط‌کشی روسازی، میزان تغییرات بازتاب نور برگشتی می‌باشد.

در صورتی که حداقل بازتاب نور برگشتی با اندازه‌گیری به وسیله بازتاب سنجی در فواصل ۳۰ و ۱۵ متری برای خط‌کشی با فام سفید به ترتیب کمتر از ۱۰۰ و ۱۲۵ میلی‌کندلا بر متر مربع بر لوکس و در فاصله ۳۰ متر برای خط‌کشی با فام زرد کمتر از ۸۰ میلی‌کندلا بر متر مربع بر لوکس باشد، بلافاصله باید خط‌کشی تجدید شود.

قابل توجه است که عموماً ضریب روشنایی بازتابش نور برگشتی،  $R_L$ ، برای هندسه ۱۵ متری مطابق با استاندارد ASTM E 1743 و برای هندسه ۳۰ متری مطابق با استاندارد ASTM E 1710 تعیین می‌شود.

محل‌هایی که برای اندازه‌گیری میزان بازتاب انتخاب می‌شوند باید با توجه به قسمت‌هایی انتخاب شوند که علائم در آن قسمت‌ها در شب کمتر دیده شوند. به این نکته باید توجه شود که بازتاب تنها یکی از عواملی است که در هنگام تشخیص جایگزینی علائم باید در نظر گرفته شود.

### ۳-۶-۳-۲- جلوه یا ظاهر<sup>۱</sup>

منظور از ظاهر خط‌کشی، شرایط کلی و ظاهری خط‌کشی از فاصله حدود سه متری است. این شرایط شامل تغییر فام رنگی، قیرزدگی، جمع شدن چرک و آلودگی، تیرگی و رنگ پریدگی می‌باشد. پس از مشاهده، با در نظر گرفتن کلیه عوامل، یک نمره از صفر تا ۱۰ به خط‌کشی داده می‌شود. عدد ۱۰ مربوط به بهترین کیفیت و عدد صفر مربوط به پایین‌ترین کیفیت می‌باشد.

### ۳-۶-۳-۳- دوام

دوام خط‌کشی به عنوان درصد باقی مانده خط‌کشی بر سطح راه تعریف می‌گردد. ابتدا خط‌کشی باید در معرض یک آزمون کاربری جاده‌ای شش ماهه قرار گیرد. برای انجام این آزمون باید یک یا بیشتر خطوط جاده با ابعاد پیشنهاد شده توسط کارفرما بر روی

1- Appearance

سطوح آسفالت بزرگراه‌های مشخص، اجرا شوند. این قسمت از آزمون باید بر روی بزرگراه‌های چهار مسیره با حداقل متوسط تردد روزانه ۱۵۰۰۰ صورت گیرد.

برای تعیین میزان دوام، مقدار باقی ماندن فیلم رنگ ترافیکی از نزدیک و با چشم غیر مسلح بازرسی می‌شود. معمولاً میزان دوام بر اساس معیار صفر تا ۱۰ درجه‌بندی می‌شود که عدد ۱۰ نشان دهنده بیشترین دوام و عدد صفر نشان دهنده بدترین دوام می‌باشد. میزان دوام خط‌کشی سرد روی هر دو سطح آسفالتی و بتنی (در دو مکان مختلف آزمایشی)، باید حداقل ۴ باشد. این میزان معادل این است که در هر ۱۰۰ متر از طول خط‌کشی‌های ممتد یا منقطع، حداقل ۷۵ الی ۹۰ درصد سطح خط‌کشی باید یک پوشش یکنواخت از رنگ خط‌کشی داشته باشد. در خطوط ممتد، جدا شدگی از پهنای خط، در اثر فرسایش نباید مورد پذیرش قرار گیرد.

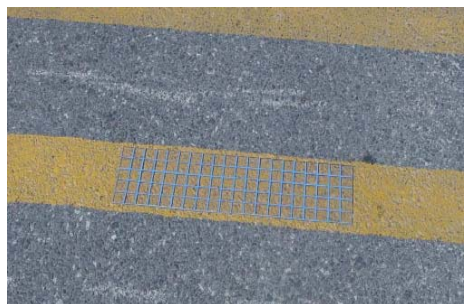
برای انجام دقیق ارزیابی‌ها می‌توان از استانداردهای ASTM D 821 (ارزیابی میزان فرسایش و سایش) و ASTM D 913 (روش استاندارد تعیین میزان مقاومت در برابر فرسایش) استفاده کرد.

در روشی دیگر برای بررسی میزان فرسایش خط‌کشی‌های روسازی بر اساس استانداردهای EN 1824 و BS 6044، می‌توان "اندیس فرسایش" را محاسبه کرد. در این روش یک شابلون با ابعاد مشخص (شکل ۳-۹) روی سطح خط‌کشی مورد نظر قرار داده شده و سپس از آن عکس گرفته می‌شود. ضریب سایش بر اساس سیستم درجه‌بندی زیر تعیین می‌شود [۱۴].

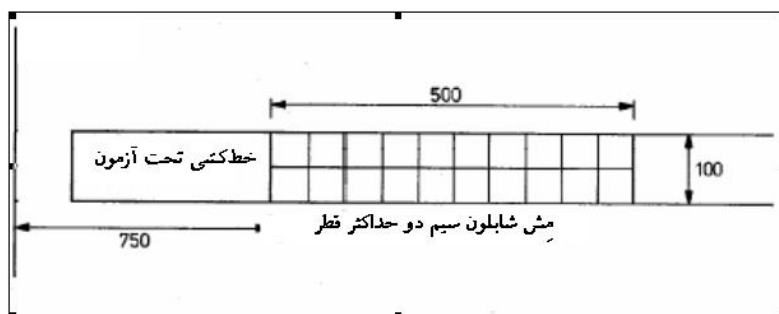
روش کار بدین ترتیب است که ابتدا سطح خط‌کشی پاک می‌شود و سپس شابلونی با ابعاد مشخص (۵۰×۱۰۰ میلی‌متر، متشکل از ۲۰ مربع ۵۰×۵۰ میلی‌متری طبق استاندارد BS 6044 و یا با ابعاد ۱۵۰×۲۰۰ میلی‌متر، متشکل از ۱۲ خانه مربع ۵۰×۵۰ میلی‌متری طبق استاندارد EN 1824) بر روی سطح قرار داده می‌شود. میزان فرسایش رنگ در هر یک از مربع‌های شابلون طبق درجه‌بندی نشان داده شده در جدول ۳-۸ ارزیابی شده و تعداد مربع‌های مربوط به هر یک از درجه‌های a, b, c, d ثبت می‌گردد [۱۱ و ۱۵].



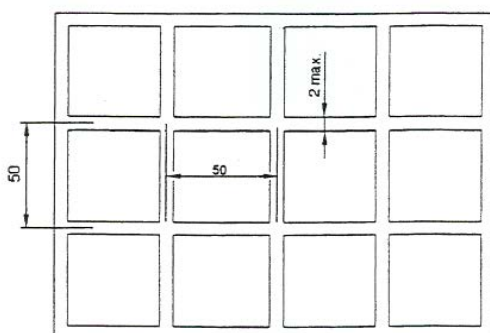
۲. شابلون ۱۵ سانتی متری



۱. شابلون ۳۰ سانتی متری



الف: ابعاد شابلون آزمون بر روی خط‌کشی طبق استاندارد BS 6044 متشکل از ۲۰ خانه مربع شکل [۱۱]



ب: ابعاد شابلون آزمون بر روی خط‌کشی طبق استاندارد EN 1824 متشکل از ۱۲ مربع [۱۵]

شکل ۳-۹: نحوه قرارگیری شابلون آزمون روی خط‌کشی برای بررسی میزان فرسایش

جدول ۳-۸: ارزیابی درجه بندی مربع های شابلون مورد استفاده در آزمون تعیین اندیس فرسایش [۱۵]

درجه	مساحت رنگ باقیمانده	فاکتور وزن داده شده
a	بیشتر یا مساوی ۷۵ درصد	۱ ×
b	بیشتر یا مساوی ۵۰ درصد و کمتر از ۷۵ درصد	۲ ×
c	بیشتر یا مساوی ۲۵ درصد و کمتر از ۵۰ درصد	۳ ×
d	کمتر از ۲۵ درصد	۴ ×

برای محاسبه اندیس فرسایش کلی، طبق جدول (۳-۹) تعداد مربع های هر درجه در فاکتور وزن داده شده آن ضرب شده و اعداد حاصله با یکدیگر جمع می گردند و به عنوان عدد اندیس فرسایش در نظر گرفته می شود.

جدول ۳-۹: "اندیس فرسایش" نمونه مورد آزمون [۱۵]

درجه	تعداد مربعات	فاکتور وزن داده شده	اندیس فرسایش
a		۱ ×	
b		۲ ×	
c		۳ ×	
d		۴ ×	
	کل = ۲۰ (یا ۱۲)		کل =

ضریب سایش به طور مستقل بوسیله سه ارزیاب بررسی می شود. در صورتی که یکی از اندیس ها بیش از ۰/۶ از دو ضریب دیگر تفاوت داشته باشد، اندیس ها باید دوباره ارزیابی شوند. نتایج به صورت میانگین سه اندیس فرسایش به صورت گرد شده تا اولین رقم دهگانی بیان می شود.



در صورت بکار بردن تینر برای رسیدن به قابلیت اجرا، باید از حداقل مقدار ممکن تینر استفاده شود و مقدار تینر به کار رفته نیز ثبت شود.

### ۳-۶-۳-۴- قابلیت دید در شب یا بازتاب نور برگشتی

بازتاب نور برگشتی چنانچه در قسمت‌های قبل اشاره شد توسط بازتاب‌سنج‌های دستی یا متحرک سنجیده می‌شود. برای داشتن یک معیار از صفر تا ۱۰، در روز اجرای خط‌کشی، میزان بازتاب نور برگشتی خطوط تازه اجرا شده حاوی دانه‌های شیشه‌ای را اندازه‌گیری و عدد حاصل برابر ۱۰ قرار داده می‌شود. همچنین برای خطوط فاقد دانه‌های شیشه‌ای نیز اندازه‌گیری انجام می‌شود و عدد حاصل برابر صفر قرار داده می‌شود. اندازه‌گیری‌های بعدی نشانگر اعدادی بین صفر تا ۱۰ می‌باشند. بدین ترتیب بیشترین میزان بازتاب نور برگشتی ۱۰ و کمترین آن صفر است و هر اندازه‌گیری دیگر در زمان‌های بعدی حاکی از کاهش بازتاب نور برگشتی و دارای درجه کمتر از ۱۰ می‌باشد.

### ۳-۶-۳-۵- روش ارزیابی خط‌کشی‌ها

بازرسی از خطوط معمولاً بصورت ماهانه و در صورت لزوم هر دو هفته یک بار انجام می‌شود. این ارزیابی معمولاً تا تخریب یا فرسوده شدن خط‌کشی‌ها ادامه خواهند داشت. در هر بازرسی فاکتورهای کاربردی ظاهر در روز (۳-۶-۳-۲)، دوام (۳-۶-۳-۳) و بازتاب نور برگشتی (۳-۶-۳-۴) ارزیابی شده و در هر بازرسی جلوه (شامل رنگ) شده، شرایط فیلم و بازتاب نور برگشتی ثبت می‌گردد.

### ۳-۶-۳-۶- تعیین عملکرد نسبی یا فاکتور ارزش در خط‌کشی

یک روش بسیار مناسب برای مقایسه عملکرد نسبی یک خط‌کشی برآورد فاکتورهای کاربردی در قالب یک فاکتور کلی ارزش است. طبق استاندارد ASTM D 713، هر کدام از معیارهای کارایی ظاهر (۳-۶-۳-۲)، دوام (۳-۶-۳-۳) و بازتاب نور برگشتی

(۳-۶-۳-۴) درصدی از ارزش یک خط‌کشی را تشکیل می‌دهند. فرمول رایجی که از طریق آن می‌توان فاکتور کلی ارزش را تعیین کرد به شرح زیر تعریف می‌شود:

$$R = 0.3 A + 0.3 D + 0.4 N \quad (۱۰-۳)$$

R: فاکتور کلی ارزش

A: ظاهر در روز (طبق بند ۳-۶-۳-۲)

D: دوام (طبق بند ۳-۶-۳-۳)

N: بازتاب نور برگشتی (طبق بند ۳-۶-۳-۴)

لازم به ذکر است که در فصل ۶۶ کتاب "روش آزمون رنگ" فرمول ۳-۱۰ به صورت زیر تعریف شده است [۲۰]:

$$R = 0.1 A + 0.2 D + 0.7 N \quad (۱۱-۳)$$

یعنی ضرایب ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۷ به ترتیب به ظاهر رنگ، دوام و بازتاب نور برگشتی مربوط می‌باشند. با توجه به اینکه آنچه در عملکرد خط‌کشی (بویژه راهها) مورد اهمیت می‌باشد، دوام و میزان بازتاب نور برگشتی است. بنابراین به نظر می‌رسد برای بررسی خواص اجرایی خط‌کشی‌ها رابطه ۳-۱۱ برای شرایط کشور، کاربردی‌تر باشد. البته می‌توان بر حسب ضرورت، فاکتورهای دیگری را نیز در فرمولاسیون وارد کرد.

### ۳-۶-۳-۷- تعیین طول عمر مفید

منظور از طول عمر مفید خط‌کشی، مدت زمان (بر حسب روز) بین زمان اجرای خط‌کشی و زمانی است که فاکتور دوام به عدد ۴ برسد و یا زمانی که هر یک از فاکتورهای کارایی (ظاهر، دوام و یا بازتابش نور برگشتی) از لحاظ درجه‌بندی به عدد ۳ برسد. در صورتی که کارایی خط‌کشی پایان یافته ولی هیچ یک از شرایط فوق محقق نشده باشد، طول عمر مفید از رابطه ۳-۱۲ تعیین می‌گردد.

$$L=D(10-4)/10-R=6D/10-R \quad (۱۲-۳)$$

L: طول عمر مفید

D: تعداد روزهایی که از زمان اجرای خط‌کشی گذشته است

R: فاکتور کلی ارزش در روز پایانی

### ۳-۶-۳-۸- تعیین و محاسبه فاکتور وزن به هزینه

فاکتور وزن به هزینه، برای تعیین اینکه کدام ماده بهترین کارایی را با کمترین

قیمت دارد، مفید است. این فاکتور طبق رابطه ۳-۱۳ محاسبه می‌شود.

$$WCF = R [(C+AC)/L] \quad (۱۳-۳)$$

WCF: عامل وزن به هزینه

C: قیمت مواد

AC: هزینه اجرای مقدار معینی از مواد

L: طول عمر مفید

R: فاکتور ارزش کلی

### ۳-۶-۳-۹- مقاومت در برابر سرخوردگی

حداقل میزان مقاومت در برابر سرخوردگی برای خط‌کشی‌های سرد SRT ۴۵

می‌باشد. روش اندازه‌گیری مقاومت در برابر سرخوردگی مشابه بند ۳-۴-۱۸ می‌باشد، ولی

در اینجا آزمون برای خط‌کشی جاده انجام می‌شود.

### ۳-۶-۳-۱۰- رنگ‌سنجی

مطابق بند ۳-۴-۶ انجام می‌شود.

## ۳-۶-۱۱- حد مجاز تغییرات ابعاد خطوط

**پهنای خط:** حداکثر انحراف مجاز در ابعاد خط نسبت به ابعاد مورد توافق  $\pm 10$

درصد یا ۵ - درصد می باشد.

**طول خط:** متوسط طول قطعات در خطوط منقطع نباید بیش از  $\pm 50$  میلی متر از

طول تعریف شده انحراف داشته باشند (برای این منظور می توان طول ۱۰ قطعه متوالی را اندازه گیری و متوسط طول آنها را محاسبه کرد). در ضمن طول هیچیک از قطعات درون ۱۰ قطعه تعیین شده نباید ۷۵ میلی متر کمتر از طول تعریف شده باشد. در صورتی که طول قطعات از طول تعریف شده در پروژه کمتر باشد باید خط کشی انجام شده از سطح زدوده می شود و مجدداً با طول صحیح اجرا گردد.

**محل قرارگیری خطوط:** خط کشی راه های تازه ساخته شده باید حد  $\pm 10$  میلی متر

از موقعیت طراحی شده (آکس) توسط کارفرما یا پیمانکار اجرا شوند.

**تذکره ۱:** با وجود اینکه برای ابعاد خط کشی ها، حد و حدود مجازی تعریف شده

است، ولیکن جریان یابی اضافی و بیش از حد مواد در لبه ها و گوشه ها و نقاط آغازین و پایانی خط کشی های اجرا شده نامطلوب است. البته مشکل جریان یابی مواد در خطوط سفید و زرد منقطع بیشتر از خطوط ممتد است. در جاهایی که این پدیده مشاهده می شود، به ویژه در جاهایی که خط کشی جدید باید روی خط کشی قدیمی انجام شود، به پیمانکار باید برگه عدم تایید کار داده شود.

**تذکره ۲:** تعیین بصری ابعاد خطوط خط کشی مورد قبول نمی باشد و گوشه های

خطوط باید به دقت و وضوح تعیین گردد.

## ۳-۷- چک لیست خرید رنگ و کنترل های لازم در هنگام خرید

آزمون های کلی برای تعیین خصوصیات به همراه نتیجه مطلوب رنگ های ترافیکی

سرد در جدول (۳-۱۰) آورده شده است. همچنین خصوصیات الزامی رنگ های ترافیکی در

جدول (۳-۱۱) درج شده است.

پس از کنترل خصوصیات الزامی توسط سازمان‌ها و موسسات علمی مورد تایید کارفرما، پیمانکار موظف است کیفیت رنگ سرد مصرفی را در هنگام خرید و قبل از اجرا کنترل کند و مشخصات فنی محصول را با چک‌لیست زیر مطابقت دهد و در صورت تطابق نتایج حاصله با نتایج توصیه شده اقدام به اجرای خط‌کشی نماید.

- نام شرکت تولید کننده محصول (رنگ ترافیکی)
- تاریخ تولید
- تاریخ انقضاء
- کد محصول
- رنگ (فام) محصول
- شماره بیج تولیدی
- حجم بیج تولیدی
- شماره نمونه مورد آزمایش
- روش نمونه برداری

### ۳-۸- عیوب موجود در خط‌کشی‌های سرد و روش‌های برطرف کردن آنها [ ]

می‌توان با تدابیر خاصی مشکلاتی را که در حین اجرای خط‌کشی پیش می‌آید برطرف کرد. چنین مشکلاتی در جدول (۳-۱۱) درج شده و راه‌حل‌های پیشنهادی برای حل آنها نیز ارائه شده است. برخی معایب عمدتاً پس از اجرای خط‌کشی و بیشتر در زمان سرویس‌دهی در خط‌کشی‌ها مشاهده می‌شوند. برای اطلاع بیشتر در این خصوص به بند ۳-۸ از راهنمای دستورالعمل مراجعه شود.

جدول ۳-۱۰: آزمون‌های کلی برای تأیید خصوصیات رنگ سرد ترافیکی

رد	نتیجه		روش آزمون	خصوصیت مورد بررسی	رد
	قبول	نتیجه مطلوب			
		۱/۶ ± ۱/۵ گرم بر لیتر	ASTM D 1475	دانسیته	۱
		۸۰ - ۹۵ کربس	ASTM D 562	ویسکوزیته	۲
		حداکثر ۱۵۰ دقیقه	ASTM D 1640	زمان خشک شدن کامل	۳
		حداکثر ۳۰ دقیقه	ASTM D 711	زمان خشک شدن ترافیکی	۴
		بیش از ۷۰ درصد	ASTM D 1644	درصد جامد	۵
		حداکثر تا ۱۵۰ گرم بر لیتر	ASTM D 3960	درصد مواد آلی فرار	۶
		بیش از ۵۰ درصد	ASTM D 2371	میزان پیگمنت	۷
		عدم مشاهده پوسته و رسوب	ASTM D 154	رویه بستن	۸
		حداکثر تا ۰/۰۵ درصد وزنی	BS 3900: Part B3	درصد وزنی سرب	۹
		۵۰ میکرون	ASTM D 1210	دانه‌بندی رنگ	۱۰
		درجه ۶ و بالاتر	ASTM D 869	میزان رسوب	۱۱
		حداکثر تا ۱ درصد وزنی	ASTM D 185	ذرات درشت	۱۲
		فام سفید - عدم تخریب (تاویل، ترک، پوسته) - فاکتور روشنایی بالاتر از ۷۵ درصد	BS 3900, Part F3 (۵۰۰ ساعت)	مقاومت در برابر شرایط جوی تسریع شده	۱۳
		فام زرد - عدم تخریب (تاویل، ترک، پوسته) - فاکتور روشنایی بالاتر از ۵۰ درصد			
		بیشتر از ۶۰ درجه سانتی گراد	ASTM D 3278 و ASTM D93,	نقطه اشتعال	۱۴
		بین ۳۰۰ الی ۸۰۰ سیکل	ASTM D 2486	مقاومت سایشی	۱۵
		توافق بین کارفرما و پیمانکار	EN 1436	فام رنگی	۱۶
		حداقل ۶,۱۵ متر مربع بر لیتر	ASTM D 344	پشت پوشی	۱۷
		- عدم مشاهده ترک خوردگی و - ورقه ای شدن فیلم رنگ	BS 3900: Part E1	انعطاف پذیری	۱۸
		فام سفید حداقل ۸۴ درصد	ASTM E 1347	انعکاس	۱۹
		فام زرد حداقل ۵۰ درصد			
		حداکثر ۳ واحد تغییر در فاکتور روشنایی	BS 6044: Ap. G	فیرزدگی	۲۰
		فام سفید ۱۲۵ میلی‌کندها بر متر مربع بر لوکس	ASTM D 4061	ضریب بازتابش نور برگشتی در شب (R <sub>L</sub> ) با هندسه ۱۵ متری	۲۱
		فام زرد ۱۰۰ میلی‌کندها بر متر مربع بر لوکس			
		۶۵ لیتر ماسه برای سایش ۷۵ میکرون	ASTM D 968	مقاومت در برابر سایش با ذرات شن	۲۲
		- عدم تخریب و تاویل زدگی فیلم رنگ - عدم کاهش بیش از ۳ واحد فاکتور روشنایی	BS 6044: Ap. J	مقاومت در برابر محلول نمک	۲۳
		- عدم کاهش سختی، چسبندگی - عدم مشاهده تاویل زدگی پس از ۲۴ ساعت	ASTM D 870	مقاومت در برابر آب و رطوبت	۲۴
		فام سفید حداقل ۸۳ درصد	BS 6044: Ap. C EN 1436	فاکتور روشنایی	۲۵
		فام زرد حداقل ۵۸ درصد			

رد	نتیجه		نتیجه مطلوب	روش آزمون	خصوصیت مورد بررسی	رد
	قبول	رد				
			- عدم تخریب و تاول زدگی فیلم رنگ - عدم کاهش بیش از ۳ واحد فاکتور روشنایی	BS 6044: Ap. H	مقاومت در برابر حلالها و سوخت	۲۶
			- عدم مشاهده انعقاد و تجمع ذرات - عدم تغییر ویسکوزیته بیش از ۱۰ کربس - عدم تغییر خصوصیات ظاهری فیلم حاصله	ASTM D 2243	مقاومت در برابر چرخه گرما-سرما	۲۷
			حداقل ۴۵	EN 1436 : Ap.D	مقاومت در برابر سرخوردگی	۲۸
			بیش از ۹۰ درصد	BS 6044: Ap. B	قدرت نگهداری دانه های شیشه ای	۲۹

جدول ۳-۱۱: خصوصیات الزامی برای رنگ سرد ترافیکی

رد	نتیجه قابل قبول		روش آزمون	خصوصیت مورد آزمون	رد	
	قبول	رد				
			۸۰ - ۹۵ کربس	ASTM D 562	ویسکوزیته	۱
			حداکثر تا ۱۵۰ گرم بر لیتر	ASTM D 3960	درصد مواد فرار	۲
				ASTM D 4541	چسبندگی	۳
			۶،۱۵ مترمربع بر لیتر	ASTM D 344	پشت پوشی	۴
			- عدم کاهش سختی، چسبندگی - عدم مشاهده تاول زدگی پس از ۲۴ ساعت	ASTM D 870	مقاومت در برابر آب و رطوبت	۵
			حداکثر ۳ واحد تغییر در فاکتور روشنایی	BS 6044: Appendix G	قیر زدگی	۶
			۱۰۰ میلی کندلا بر متر مربع بر لوکس	ASTM D 4061	ضریب بازتابش نور برگشتی در شب (R <sub>L</sub> )، با هندسه ۳۰ متری	۷
			۸۰ میلی کندلا بر متر مربع بر لوکس			
			حداقل ۴۵	EN 1436 : Appendix D	مقاومت در برابر سرخوردگی (SRT)	۸
			بیش از ۹۰ درصد	BS 6044: Appendix B	قدرت نگهداری دانه های شیشه ای	۹
			۶۵ لیتر ماسه برای سایش ۷۵ میکرون	ASTM D 968	مقاومت در برابر سایش با ذرات شن	۱۰

جدول ۳-۱۲: مشکلات و راه‌حل‌های آن در عملیات خط‌کشی با رنگ سرد [ ]

مشکلات	راه‌حل‌ها
• ضخامت زیاد در قسمت مرکزی خط‌کشی (کاهش چسبندگی و احتمال ترک خوردن خط‌کشی)	- کاهش فشار محفظه رنگ
	- بستن تدریجی پیچ کنترل
	- افزایش فشار هوای اتمیزه شده
	- کاهش فشار پمپ
	- افزایش دمای مواد
• ضخامت کم در قسمت مرکزی خط‌کشی	- کاهش فشار هوای اتمیزه شده/تمیز کردن نازل‌های اسپری
	- افزایش فشار محفظه رنگ
	- کاهش دمای مواد
• نازک بودن یک لبه خط‌کشی و ضخیم بودن لبه دیگر آن	- تعویض یا پاک کردن سرهای خروجی رنگ سرد
• پهن بودن بیش از حد خط‌کشی	- پایین آوردن پیستوله پاشش
	- انتخاب اندازه مناسب در سر خروجی
	- تنظیم زاویه نازل خروجی
• باریک بودن بیش از حد خط‌کشی	- بالا آوردن پیستوله پاشش
	- انتخاب اندازه مناسب در سر خروجی
	- تنظیم زاویه سر خروجی
	- تمیز کردن نازل پاشنده
• نازک بودن بیش از حد (ضخامت) خط‌کشی	- باز کردن تدریجی پیچ کنترل
	- افزایش فشار پمپ
	- افزایش فشار هوا
	- کاهش سرعت حرکت ماشین خط‌کشی کننده
• زیاد بودن ضخامت خط‌کشی (ترک خوردگی)	- بستن پیچ کنترل
	- کاهش فشار پمپ
	- کاهش فشار هوا
	- افزایش سرعت حرکت ماشین خط‌کشی کننده
• رنگ پدیدگی رنگ سرد روی مسیرهای آسفالت جدید	- اجرای لایه دوم رنگ سرد



برخی معایب عمدتاً از اجرای خط‌کشی و بیشتر زمان سرویس‌دهی در خط‌کشی‌ها مشاهده می‌شوند. از جمله این معایب، راههای پیشنهادی جهت برطرف کردن یا تقلیل معضل ایجاد شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

### ۳-۸-۱- کاهش بازتاب نور برگشتی

کاهش بازتاب نور برگشتی به طور مستقیم به کمیت و کیفیت دانه‌ی شیشه‌ای به کار رفته در خط‌کشی راه مربوط می‌شود. کم یا زیاد بودن بیش از حد دانه‌ی شیشه‌ای استفاده از دانه‌ی شیشه‌ای نامناسب و نامرغوب، چسبندگی ضعیف دانه‌ی شیشه‌ای به بیندر خط‌کشی، جدا شدن آنها از خط‌کشی و چرک‌پذیری خطوط از جمله عوامل اصلی تاثیرگذار بر کاهش میزان بازتاب نور برگشتی خط‌کشی راهها در شب می‌باشند.

### ۳-۸-۲- کاهش انعکاس نور در روز

کاهش انعکاس نور در روز، به طور عمده به جذب گرد و غبار و آلودگی توسط خط‌کشی مربوط می‌شود. عوامل موثر در کاهش انعکاس نور در روز عمدتاً با عوامل موثر در بروز پدیده سیاه شدگی خط‌کشی یکسان می‌باشد.

### ۳-۸-۳- سیاه شدگی

پدیده سیاه شدگی خط‌کشی یکی از معضلاتی است که در اغلب راههای کشور وجود دارد. شرایط آب و هوایی ایران بگونه‌ای است که جزء مناطق خشک و کم باران جهان محسوب می‌شود، زمانی که هوا به مدت طولانی خوب و بدون بارندگی است، خط‌کشی جاده‌ها در اثر عبور ترافیک سیاه می‌شود. این پدیده در مناطقی که دارای بارندگی مناسبی هستند (مانند استان‌های گیلان و مازندران) کمتر دیده می‌شود. از جمله عوامل موثر در بروز پدیده سیاه شدگی خط‌کشی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- عبور و مرور خودروها،
- آلودگی موجود در محیط،

- دوده ناشی از سوخت خودروها،
  - مصرف زیاد دانه‌های شیشه ای،
  - نامناسب بودن رنگ مصرفی،
  - عدم سازگاری و تناسب رنگ مصرفی با شرایط جوی و ترافیکی،
  - نامناسب بودن وضعیت رویه راه،
  - عدم رعایت دمای مجاز سطح و رویه و هوا بهنگام اجرای خط کشی،
  - روغن و سوخت ریزش کننده از خودروها،
  - انتقال قیر و سیاهی آسفالت به وسیله لاستیک خودروها به روی خط کشی راهها.
- علت دیگری که در بروز پدیده سیاه شدگی خط کشی نقش دارد، این است که وقتی خط کشی اجرا می شود، هنوز سطح خطوط چسبناک است و در اثر آمد و شد خودروها، سطح خط کشی ها سیاه، کثیف و کدر می شود. پاشش آب بر روی خط کشی های تازه، پیش از شروع آمد و شد خودروها و باز شدن ترافیک جاده و یا کنترل تردد بر روی خطوطی که به تازگی اجرا شده اند، تا حدی موجب کاهش معضل سیاه شدگی خطوط می شود. همچنین شستشوی خط کشی ها در فواصل زمانی مشخص نیز به عنوان یکی از راههای کاهش مشکل سیاه شدگی توصیه می شود.

### ۳-۸-۴- قیرزدگی

قیرزدگی در راههای آسفالت عبارت است از: نفوذ قیر از سمت داخل به طرف سطح راه و تشکیل یک لایه قیر در سطح قشر آسفالت. از مهمترین علل قیرزدگی که معمولاً در هوای گرم دیده می شود، می توان به وجود مقدار زیادی قیر در یکی از قشرهای آسفالت، پریمکت کردن با قیر بیش از اندازه و یا انجام تککت بیش از حد با قیر، اشاره کرد. پخش قشر آسفالت، قبل از عمل آمدن قیر (خشک شدن و تبخیر حلال) باعث حبس فیزیکی حلال در زیر لایه روسازی می شود و در هنگام خروج تدریجی حلال حبس شده

از درون منافذ آسفالت، در اثر وجود نیروی کشش بخار، مقادیری از قیر نیز همراه حلال به سطح آسفالت نفوذ می‌کند.

در خط‌کشی جاده‌هایی که دچار قیرزدگی شده باشند، نیز مشکل نفوذ بیندر روسازی به درون لایه خط‌کشی و تغییر رنگ و کاهش راندمان خط‌کشی وجود دارد. خط‌کشی سطحی که رویه آن به تازگی ترمیم شده‌اند نیز مشکلاتی را بوجود می‌آورند، زیرا مواد خط‌کشی و بیندر تازه روسازی اثرات متقابلی بر هم دارند. در خط‌کشی با رنگ سرد پایه حلالی، نفوذ حلال و در مورد خط‌کشی با رنگ گرم نیز نفوذ بیندر آسفالت به درون لایه خط‌کشی موجب بروز مشکل در عملکرد خط‌کشی می‌شود. در موقعی که چنین مشکلی رخ می‌دهد، باید ابتدا خط‌کشی‌های موقت بر سطح روسازی اجرا شود و تا زمانی که سطح روسازی جاده محکم نشده است، از خط‌کشی‌های دائم استفاده نگردد. اجرای خط‌کشی‌های موقت روی سطوحی که به تازگی آسفالت شده‌اند، موجب افزایش عمر مفید خط‌کشی‌های دائمی روسازی می‌شود. توصیه می‌شود که به محض اجرای آسفالت جاده، مشروط بر آنکه سطح جاده تمیز باشد، خط‌کشی موقت انجام شود.

### ۳-۸-۵- ترک‌های طولی و عرضی

بروز مشکل ترک خوردن در خط‌کشی‌های سرد در اثر موارد زیر می‌باشد:

- ضخامت زیاد در قسمت مرکزی خط‌کشی
- وجود ترک در سطح آسفالت
- نقص در مواد خط‌کشی
- دمای پایین سطح روسازی و هوا در هنگام اجرای خط‌کشی

### ۳-۸-۶- جدا شدن خط‌کشی از سطح روسازی

جدا شدن مواد خط‌کشی از سطح روسازی به دلیل نقص در چسبندگی، از جمله مشکلاتی است که معمولاً متولیان امر خط‌کشی با آن روبرو هستند. چسبندگی رنگ سرد با

سطح روسازی از طریق ایجاد درگیری‌های مکانیکی با حفرات و تخلخل سطح روسازی ایجاد می‌شود. جدا شدن مواد خط‌کشی از سطح روسازی در خط‌کشیهای سرد در اثر عوامل زیر بروز می‌نماید:

- تمیز نبودن سطح جاده
- وجود رطوبت در روسازی در هنگام اجرای خط‌کشی
- نقص در فرمولاسیون مواد
- بالا بودن بیش از حد سرعت خط‌کشی
- ضخامت بیش از حد خط‌کشی
- عدم تناسب رنگ مصرفی با شرایط جوی

### ۳-۹- نحوه و درصد مصرف دانه‌های شیشه‌ای

در طول اجرای رنگ سرد، دانه‌های شیشه‌ای به روش اسپری (پاشش با فشار) و روپاشی (جاذبه) روی خط‌کشی تر اعمال می‌شوند. تمام انواع دانه‌های شیشه‌ای را می‌توان برای رنگ سرد استفاده کرد. بازتاب نور برگشتی را می‌توان به وسیله اعمال دانه‌های شیشه‌ای روی سطح با روش روپاشی تا حدی کنترل کرد. دو عامل مهم، در اجرای دانه‌های شیشه‌ای به روش روپاشی عبارتند از:

- ۱- مقدار و نحوه توزیع دانه‌های شیشه‌ای در معرض دید قرار گرفته در سراسر خط؛
- ۲- عمق فرورفتگی دانه‌های شیشه‌ای.

این خواص از ویژگیهایی از قبیل سرعت روپاشی دانه‌های شیشه‌ای، سرعت ماشین اجرا، دما و ویسکوزیته رنگ، تأثیر می‌پذیرند.

طبق توصیه برخی سازندگان دانه‌های شیشه‌ای (مانند شرکت Swarco) میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای نوع B یا روپاشی شونده بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ گرم بر متر مربع گزارش شده است.

در اسناد مناقصه خط‌کشی، حداقل میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای نوع روپاشی،

۴۰۰ گرم بر متر مربع در نظر گرفته شده است.

پاشش دانه‌های شیشه‌ای نوع روپاشی شونده باید به طور مستقیم و بلافاصله پس از اجرای خط‌کشی صورت گیرد، تا به طور مناسب در لایه خط‌کشی فرو رفته و یا غوطه‌ور شوند. برای اجرای همزمان خط‌کشی و ریزش دانه‌های شیشه‌ای استفاده از سیستم‌های پر فشار بدون هوا برای خط‌کشی سرد و بکارگیری دو پیستوله همزمان توصیه می‌شود. میزان غوطه‌وری مطلوب ۶۰ درصد عمق دانه است.

باز کردن مسیر تردد پس از خط‌کشی باید تا خشک شدن کافی خط‌کشی اجرا شده به تعویق بیافتد تا دانه‌های شیشه‌ای در مکان خود تثبیت شوند. زمان خشک شدن وابستگی زیادی به نوع مواد و ضخامت خط‌کشی اجرا شده دارد.

مصرف بیش از حد دانه‌های شیشه‌ای نیز ممکن است از میزان موثر بودن خط‌کشی بکاهد، زیرا در اثر تجمع جرم و آلودگی در بین ذرات، دانه‌های قرار گرفته در اطراف آنها سایه‌دار می‌شود و در نتیجه بازتاب نور برگشتی بخوبی انجام نمی‌شود. حداقل میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای نوع پیش مخلوط در رنگ سرد ۳۰ درصد وزنی کل خط‌کشی است.

### ۳-۹-۱- ویژگی‌های اجرایی دانه‌های شیشه‌ای

- دانه‌های شیشه‌ای باید تمیز و خشک نگه داشته شوند تا در حین فرآیند روپاشی از جریان پذیری ثابت و یکنواختی داشته باشند.

- معمولاً دانه‌های نوع روپاشی تحت فشار پائین حدود ۱۰ Psi (که توسط کمپرسور هوا تامین می‌شود)، با یک اپلیکاتور مناسب اجرا می‌شوند. طراحی اپلیکاتور باید بگونه‌ای باشد که دانه‌های شیشه‌ای به طور یکنواخت و با حداقل ضایعات در عرض خط‌کشی اجرا شوند.

- دانه‌های شیشه‌ای نوع درشت (ویژه شرایط آب و هوایی مرطوب) معمولاً تحت فشار پایین حدود ۲۰ Psi (که توسط کمپرسور هوا تامین می‌شود)، توسط یک اپلیکاتور صحیح طراحی شده، اجرا می‌شوند.

(برای اطلاع بیشتر به فصل دوم مراجعه شود.)

۳-۱۰- مراجع

## 1- EN 1871:2000, Road Marking Materials-Physical Properties.

- ۲- نشریه آئین نامه علائم راههای ایران، فصل پنجم، خط کشی راهها، وزارت راه و ترابری ایران، ۱۳۸۳.
- ۳- استاندارد ملی ایران به شماره ۳۳۹ "رنگ های ترافیک الکید-کلروکائوچو"، موسسه تحقیقات صنعتی و اداره کل استاندارد ایران، بهمن ۱۳۷۱.
- 4- Timothy J. Gates, H. Gene Hawkins, Jr., and Elisabeth R. Rose, "*Effective Pavement Marking Materials and Applications for Portland Cement Concrete Roadways*". Texas Department of Transportation in Cooperation with the U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, TEXAS Transportation Institute, The Texas A&M University System, 2003.
- ۵- استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷۵۸ "مشخصات رنگهای اکریلیک سرد" موسسه تحقیقات صنعتی و اداره کل استاندارد ایران، بهمن ۱۳۷۱.
- 6- "*Traffic Marking Paint*", M.A.P.O. BID-04-132, February 12, 2004.
- 7- Carlos A. Lopez, P.E., "*Pavement Marking Handbook*", Copyright © 2004 by Texas Department of Transportation.
- 8- J. Migletz, J. k. Fish and J. L. Graham, "*Roadway delineation Practices Handbook*". Office of Safety and Office of Technology Applications, Federal Highway Administration, FHWA-SA-93-001, August 1994.
- 9- Saskatchewan Highways and Transportation, Report SMM1301-3, "*Specifications for Manufactured Materials, Conventional Alkyd-White and Yellow*", 1999.
- 10- BS 3900-J6:1993: Methods of test for paints. Testing of coating powders. *Determination of Density of Coating Powders by Gas Comparison Pyknometer* (referee method), ISBN: 0 580 22119 9.
- 11- "*British Standard Specification for Pavement Marking Paints*", BS 6044, 1987.
- 12- EN 1436:2003: "*Road Marking Materials-Road Marking Performance for Road Users*".

- 
- 13- **ISO 7784-2:1997**, "*Paints and Varnishes -- Determination of Resistance to Abrasion - Part 2: Rotating Abrasive Rubber Wheel Method*".
- 14- **ISO 2814: "Paints and varnishes"** - Comparison of Contrast Ratio (Hiding Power) of Paints of the Same Type and Colour. 1999-07-24. Copyright © ISO, 1999
- 15- **EN 1824:2003**: Road marking materials - Road trials.
- 16- "*Paint and Bead Durability Study*"; Final Report, William J. Hughes technical Center, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, March 2003.
- 17- John Tiernan and et al "*Road Marking Guidelines in Irland*", 1998.
- ۱۸- آیین نامه ایمنی راهها، نشریه شماره ۷-۲۶۷، "*ایمنی در عملیات اجرایی*"، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۴.
- 19- "*The Use Of Waterborne Paints With Large Glass Beads*", Roads and Traffic Authority (RTA) , NSW , Number 98/7 , File TSS 136.6 , 12 June 1998.
- 20- "*Paint and Coating Testing Manua*"l, Fourteenth Edition of the Gardner-Sward Handbook, Joseph V.Koleske Editor, 1995.









## فصل چهارم

### رنگ گرم (ترموپلاستیک)

#### ۴-۱- تعریف

رنگ گرم یا مواد ترموپلاستیک مطابق با استاندارد EN 1871، موادی عاری از حلال هستند که به شکل‌های گرانول، پودر و بلوکی<sup>۱</sup> تهیه می‌شوند [۱]. مواد ترموپلاستیک با حرارت دیدن به صورت مذاب و روان در می‌آیند و با استفاده از روش‌های مناسب دستی یا مکانیکی روی سطح جاده اجرا می‌شوند و پس از سرد شدن به صورت یک فیلم پیوسته و چسبنده روی سطح تبدیل می‌شوند. به بیان دیگر رنگ ترموپلاستیک گرم، ماده‌ای است جامد و متشکل از اگریگیت، پیگمنت، اکستندر، پیونده و دانه‌های شیشه‌ای که پس از ذوب شدن بر روی سطح اجرا می‌گردد.

اگریگیت‌ها که با نام مواد گوشه‌دار<sup>۲</sup> نیز شناخته شده‌اند، موادی با شکل هندسی نامنظم و گوشه‌دار هستند که در مواد خط‌کشی بکار می‌روند تا مقاومت در برابر سرخوردگی را در شرایط کاربردی مختلف بهبود بخشند. شن‌های سیلیکا<sup>۳</sup>، کلسیت، کوارتز، و سنگریزه‌های آهکی<sup>۴</sup> جزو این دسته از مواد محسوب می‌شوند.

---

1 - Block

2 - Angular Material

3 - Silica Sand

4 - Calcined Flint

پیگمنت، پودر ریزی است که جهت ایجاد فام رنگی و پشت پوشی مخلوط اضافه می‌شود. از جمله متداول ترین پیگمنت‌های سفید مصرفی دی اکسید تیتان است.

اکستندر، ماده‌ای است پودری شکل که برای ایجاد خواص ویژه‌ای از قبیل خواص فیزیکی مکانیکی، حجیم کردن رنگ و کاهش قیمت در ترکیب مواد استفاده می‌شود. از جمله اکستندرهای پر مصرف می‌توان به کربنات کلسیم اشاره کرد.

در مقایسه با رنگ سرد، در مقابل عوامل محیطی از قبیل حجم ترافیک، زبری سطح روسازی و فرسایش محیطی، رنگ گرم از دوام بیشتر و عمر سرویس‌دهی طولانی‌تری برخوردار است. عمر مفید رنگ گرم بر اساس نوع راه، شرایط آب و هوایی و میزان تردد وسایل نقلیه، بین سه تا پنج سال متغیر است. به علت عمر مفید مناسب، از رنگ گرم بیشتر برای خط‌کشی جاده‌هایی با عمر متوسط تا زیاد و پر تردد استفاده می‌شود. ارزیابی کیفی رنگ گرم بر اساس استانداردهای EN 1871 و BS 3262 انجام می‌گیرد [۱-۲].

رنگ گرم معمولاً به روشهای اسپری، اسکرید و اکستروژن و با ضخامت بین ۱۵۰۰ میکرون الی ۳۰۰۰ میکرون روی سطح روسازی اجرا می‌شود. معمولاً در خط‌کشی با رنگ گرم از دانه‌های شیشه‌ای به منظور ایجاد قابلیت انعکاس نور و قابلیت دید خط‌کشی در شب، بصورت دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط و روپاشی شونده استفاده می‌گردد. میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط حدود ۲۵ درصد ترکیب رنگ گرم می‌باشد.

در حال حاضر بدلیل کارایی و دوام مناسب، استفاده و به کارگیری رنگ گرم در سیستم خط‌کشی راه‌های کشور، بویژه بزرگراهها و آزادراهها، رو به افزایش می‌باشد. در جدول (۴-۱) توصیه‌های کاربردی رنگ گرم برای خط‌کشی سطوح روسازیهای مختلف آورده شده است.

جدول ۴-۱: کاربردهای رنگ گرم در خط‌کشی روسازی‌های مختلف

نوع روسازی									کاربردها
آسفالت گرم			بتنی			آسفالت سطحی			
میزان تردد روزانه (AADT)									
کمتر از ۱۰۰۰			۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰			کمتر از ۱۰۰۰			
Y	Y	Y	N	L	L	Y	Y	Y	
استاندارد			فرمولاسیون مخصوص بتن			استاندارد			مواد پیشنهادی
۲۵۰۰			۲۲۵۰			۱۵۰۰			حداقل ضخامت متداول (جدید) (میکرون)
۱۵۰۰			۱۵۰۰						حداقل ضخامت متداول برای خط‌کشی مجدد (میکرون)
تمیز، خشک و عاری از شن‌های رها و گرد و غبار			تمیز، خشک و آستر سیلر			تمیز و خشک			آماده‌سازی سطح
تا ۴ سال			تا ۳ سال			تا ۴ سال			عمر مفید مورد انتظار
۲۰۱۰۰			۲۰۱۰۰			۲۰۱۰۰			هزینه مواد و اجرای هر متر خط‌کشی با ضخامت ۳۰۰۰ میکرون و به روش اسکرید با رنگ گرم با عرض ۱۲ سانتی‌متر به همراه دانه‌های شیشه‌ای بر اساس فهرست بهای سال ۱۳۸۴ (ریال) (دوام سه ساله)
۹۸۳۰			۹۸۳۰			۹۸۳۰			هزینه مواد و اجرای هر متر خط‌کشی منقطع رنگ گرم با عرض ۱۲ سانتی‌متر به همراه دانه‌های شیشه‌ای بر اساس فهرست بهای سال ۱۳۸۴ (ریال) (دوام ۱/۵ ساله)
۹۳۲۰			۹۳۲۰			۹۳۲۰			هزینه مواد و اجرای هر متر خط‌کشی ممتد رنگ گرم با عرض ۱۲ سانتی‌متر به همراه دانه‌های شیشه‌ای بر اساس فهرست بهای سال ۱۳۸۴ (ریال) (دوام ۱/۵ ساله)
۲۰۷۰۰			۲۰۷۰۰			۲۰۷۰۰			هزینه مواد و اجرای هر متر خط‌کشی منقطع رنگ گرم به روش اسکرید با عرض ۱۲ سانتی‌متر به همراه دانه‌های شیشه‌ای بر اساس فهرست بهای سال ۱۳۸۴ (ریال) (دوام ۳ ساله)

پی نوشتها: Y: مناسب برای استفاده، N: توصیه نشده است و L: استفاده محدود

#### ۴-۲- انواع مواد ترموپلاستیک (خط کشی گرم)

رزین‌ها جزء اصلی بکار رفته در رنگ ترموپلاستیک گرم هستند و در اثر حرارت تغییر حالت می‌دهند. به عبارت دیگر به علت ماهیت گرما نرم بودن آنها، بر اثر حرارت ذوب شده و پس از سرد شدن مجدداً جامد و سخت می‌شوند. در این نوع سیستم‌ها پدیده تشکیل فیلم جامد، یک فرآیند کاملاً فیزیکی است. اتصالات بین زنجیرهای پلیمری در ترکیب رزین، فیزیکی و یا از نوع پیوندهای ثانویه است. بنابراین ترکیبات فوق از انعطاف پذیری بسیار خوبی برخوردار هستند. به علت عدم استفاده از حلال و تینر و همچنین وزن مولکولی بیشتر، ویسکوزیته مذاب ترکیبات ترموپلاست در مقایسه با ویسکوزیته رنگ سرد (همراه با تینر) بیشتر است، در نتیجه با یک بار خط کشی می‌توان به ضخامت مورد نظر دست یافت. مواد ترموپلاستیک بر اساس نوع پیوندها مصرفی به سه نوع الکییدی، هیدروکربنی و اپوکسی ترموپلاست تقسیم بندی می‌شوند. خط کشی های ترموپلاستیک پایه الکییدی که رزین‌های سنتزی هستند و بیشترین مصرف را دارند، نسبت به نوع هیدروکربنی در برابر مواد نفتی، سوخت‌ها و روغن موتور اتومبیل از مقاومت بیشتری برخوردار هستند. به همین دلیل رنگ گرم الکییدی بیشتر برای "خطوط عرضی" و رنگ گرم هیدروکربنی بیشتر برای "خطوط طولی" استفاده می‌شوند.

#### ۴-۲-۱- مواد ترموپلاستیک بر پایه رزینهای الکییدی و هیدروکربنی [۳ و ۴]

ترموپلاستیک‌های الکییدی و هیدروکربنی معمولاً حاوی ۱۸ درصد وزنی رزین، ۲۵ درصد وزنی دانه‌های شیشه‌ای، ۲۵ درصد وزنی فیلر و ۳۲ درصد وزنی پیگمنت می‌باشند. مواد ترموپلاستیک سرعت خشک شدن سریع‌تر، ماندگاری طولانی‌تر و بازتاب نور برگشتی بیشتری نسبت به سایر رنگهای ترافیکی دارند، اما در مقابل هزینه بالاتر و نیاز به تجهیزات ویژه‌ای برای اجرا دارند. در مقایسه با رنگ سرد پایه حلالی، مواد ترموپلاستیک دارای ویسکوزیته بالاتر (در حالت مذاب)، تنش سطحی بیشتر و اتصالات ضعیف‌تر به سطح روسازی هستند.

برحسب نوع مواد<sup>۱</sup>، ضخامت مورد نظر، الگوی خط‌کشی و همچنین نوع راه و وضعیت رویه آن، خط‌کشی‌های گرم به روش‌های اکستروژن، اسکرید ماشینی (تحت نیروی وزن) و اسپری تحت فشار، به صورت مذاب و با استفاده از تجهیزات کوچک و دستی و یا تجهیزات اتوماتیک و بزرگ، اجرا می‌شوند.

دمای سطح روسازی پارامتر بسیار مهمی در ایجاد استحکام لازم بین مواد ترموپلاستیک و سطح روسازی می‌باشد. دمای خط‌کشی و اجرای مواد ترموپلاستیک بین ۲۰۵ الی ۲۲۰ درجه سانتیگراد توصیه می‌شود. چنانچه سطح روسازی تمیز و خشک باشد، ماندگاری و دوام خط‌کشی بهتر خواهد بود. وجود رطوبت روی سطح، باعث تاول زدگی در فصل مشترک مواد ترموپلاستیک و سطح روسازی و در نهایت موجب کاهش استحکام چسبندگی بین سطح روسازی و مواد خط‌کشی می‌شود.

#### ۴-۲-۲- مواد ترموپلاستیک بر پایه رزینهای اپوکسی ترموپلاستیک

اپوکسی‌های ترموپلاستیک مخصوص خط‌کشی از رزینهای اپوکسی ترموپلاست، پیگمنت، پرکننده و دانه‌های شیشه‌ای تشکیل شده‌اند. به طور معمول دو نوع فرمولاسیون اپوکسی ترموپلاست در خط‌کشی‌های گرم استفاده می‌شوند که تفاوت عمده آنها در نسبت دو نوع رزین اپوکسی (یکی جامد و دیگری مایع) مصرفی در ترکیب می‌باشد. علت استفاده از دو رزین با خواص فیزیکی متفاوت، تنظیم خواص ویسکوالاستیک مواد خط‌کشی است. هر قدر میزان رزین مایع در ترکیب بیشتر باشد، خواص انعطاف پذیری و مقاومت در برابر شرایط سخت و سرد بیشتر می‌شود، ولی در مقابل استحکام مواد در مقابل گرما کاهش می‌یابد. از ترکیب حاوی نسبت رزین جامد به رزین مایع یک به یک برای مناطق با شرایط سرد و زمستانی متوسط تا شدید استفاده می‌شود. برای مناطق با شرایط آب و هوایی گرم و خشک تابستانی که نیاز به سختی و استحکام بیشتر است، از ترکیب با

۱- بر حسب شرایط آب و هوایی، نوع مواد مصرفی متفاوت می‌باشد. معمولاً مواد ترموپلاستیک آلکیدی در نواحی سردسیر و به روش اکستروژن مذاب اجرا می‌شوند، در حالی که از مواد ترموپلاستیک گرم هیدروکربنی به روش اسپری و در نواحی نسبتاً گرم استفاده می‌شود.

نسبت رزین جامد به رزین مایع سه به دو استفاده می‌شود [۳]. البته آزمون در شرایط کاربری نشان داده است که هر دو فرمولاسیون در شرایط سخت زمستانی مناسب هستند. اپوکسی ترموپلاستیک در مقایسه با رنگهای ترافیک سرد الکییدی تحت شرایط مشابه از نظر حجم ترافیک و شرایط آب و هوایی، دارای ماندگاری حدود شش برابر هستند. در حالی که هزینه این نوع مواد حدود ۴/۵ الی ۵ برابر رنگهای سرد استاندارد می‌باشد. چنانچه نسبت فوق قابل حصول باشد، اپوکسی‌های ترموپلاستیک سریع خشک شونده می‌توانند جایگزین‌های سیستمهای رنگ سرد متداول باشند.

اپوکسی‌های ترموپلاستیک در شرایط اسپری داغ در دمای ۲۱۷ الی ۲۳۲ درجه سانتیگراد و با ضخامت بین ۴۰۰ الی ۶۴۰ میکرون خط‌کشی می‌شوند. به طور همزمان با اسپری مواد ترموپلاستیک، پاشش دانه‌های شیشه‌ای روی خط‌کشی انجام می‌گیرد. با توجه به اینکه زمان تشکیل فیلم، بدون خاصیت ردگذاری در شرایط اجرا بسیار کوتاه و در حد دقیقه می‌باشد، لازم است تا دانه‌های شیشه‌ای از قبل پیش گرم شده تا در عمق مناسب در داخل لایه خط‌کشی فرو روند. در هنگام اجرا، برای انتقال مواد به دریچه خروجی مخزن، نیاز به یک مخزن حرارت‌دهی با فشار هوای حداقل ۳۴۰ الی ۴۱۰ کیلو پاسکال جهت می‌باشد. پاشش مواد ترموپلاستیک اپوکسی بدون ایجاد دود و با حداقل آلودگی همراه است. پس از پایان خط‌کشی و با سرد شدن مواد، راه آماده عبور ترافیک می‌باشد. در جدول (۴-۲) نمونه‌ای از ترکیب مواد اپوکسی ترموپلاستیک مصرفی در خط‌کشی‌های گرم آورده شده است.

جدول ۴-۲: نمونه اجزای یک اپوکسی ترموپلاستیک [۳]

درصد وزنی در ترکیب		اجزاء
فام سفید	فام زرد	
۳۰	۳۰	رزین اپوکسی جامد
۲۰	۲۰	رزین اپوکسی مایع
۰	۱۰	دی اکسید تیتانیوم
۹,۳	۰	کرومات سرب
۱۰	۱۰	کربنات کلسیم
۱۴	۱۴	دانه‌های شیشه‌ای
۱۶,۷	۱۶	پرکننده



### ۴-۳- چک‌لیست کنترل مواد در هنگام خرید و قبل از اجرای خط‌کشی

چک‌لیست کنترل مواد در هنگام خرید باید حاوی موارد زیر باشد:

- فام خط‌کشی (سفید، زرد یا سیاه)
- ترکیب شیمیایی و نوع رزین (رزین مصنوعی، طبیعی یا رزین‌ها)
- آیا انعکاس نور برگشتی مورد نظر است یا خیر؟ در صورت نیاز به این ویژگی نوع دانه‌های شیشه‌ای اعم از روپاشی یا درون مخلوط باید قید گردد.
- آیا نیاز به اجرای آستر قبل خط‌کشی هست یا خیر؟

**تذکر:** لازم به ذکر است که از آنجا که مواد ترموپلاستیک به صورت گرم اجرا می‌شوند و معمولاً اتصال و چسبندگی خوبی به سطح آسفالت دارند، برای سطوح بتنی و آسفالتی که اگرگیت‌های سطحی آنها پولیش شده و در معرض هوازدهی قرار گرفته‌اند باید از یک لایه آستر قبل از اجرای خط‌کشی گرم استفاده شود. برای سطوح بتنی تازه، قبل از اجرای خط‌کشی باید مواد اضافی از سطح زدوده شوند.

- روش اجرا (اسکرید، اسپری و یا اکستروژن)
- مشخصات دقیق نمونه مورد نیاز جهت انجام آزمون‌ها

اطلاعات زیر باید توسط خریدار از سازنده رنگ گرم استعلام شود:

- حداکثر دمای اجرا و حداکثر دمای مجاز جهت حرارت‌دهی بدون تخریب و آسیب دیدن مواد

- محدوده دمایی برای تجهیزات و دستورالعمل اجرای خط‌کشی

نام تولیدکننده محصول (رنگ ترافیکی):

تاریخ تولید:

تاریخ انقضاء:

کد محصول:

رنگ (فام) محصول:

شمارهٔ بیج تولیدی:

حجم بیج تولیدی:

دمای اجرایی مواد:

نوع مواد (الکیدی یا هیدروکربنی):

وزن بسته بندی:

#### ۴-۴-۴- آزمون‌های آزمایشگاهی و ویژگی‌های مواد خط‌کشی گرم

##### ۴-۴-۱- نمونه‌برداری

اطمینان به نتایج حاصل از آزمونهای تلف مستلزم این است که نمونه مورد آزمون شاخصی از کل محصول باشد، به همین دلیل توجه به روش نمونه‌برداری از اهمیت بسزایی برخوردار است. معمولاً نمونه‌برداری به روشهای زیر صورت می‌گیرد:

##### • نمونه‌برداری از مادهٔ پودری شکل

در این روش ابتدا باید از هر بیج محصول به طور تصادفی سه کیسه انتخاب و از هر کیسه به کمک یک جعبه تقسیم<sup>۱</sup>، نمونه‌ای با وزن حداقل ۴ کیلوگرم تهیه می‌شود. سپس سه نمونه ۴ کیلوگرمی تهیه شده را با یکدیگر مخلوط کرده و مشخصات کامل آنها از قبیل تاریخ تولید، شمارهٔ بیج تولیدی هر کیسه، نام و کد محصول، شرکت تولید کننده و سایر اطلاعات موجود را روی ظرف محتوی مخلوط نمونه‌ها درج شده و به آزمایشگاه ارسال می‌شود. در صورت نامشخص بودن نقطهٔ نرم شوندگی نمونه باید ابتدا نقطهٔ نرم شوندگی (S) آنها را تعیین کرد. سپس مادهٔ مورد آزمون را داخل یک ظرف شیشه‌ای مقاوم به حرارت یا یک ظرف فلزی تمیز ریخته می‌شود و سپس در آونسی با دمای  $70 \pm 10$  S درجهٔ سانتیگراد قرار داده می‌شود. پس از ۲۰ دقیقه در فواصل زمانی ۱۰ الی ۱۵ دقیقه نمونه از آون بیرون آورده شده و همزده می‌شود تا به طور کامل یکنواخت گردد. وقتی

1- Riffle Box

دمای نمونه به  $S+50 \pm 5$  درجه سانتیگراد رسید، بر روی یک سطح مناسب (مانند ورقه‌های تفلون) ریخته می‌شود.

#### • نمونه برداری از مخلوط مذاب

در این روش باید سه نمونه هر یک به وزن حداقل ۴ کیلوگرم از خروجی پیش گرم کن یا نازل اجرای مواد مذاب گرفته شود. نمونه نباید از ۵ درصد اول و ۵ درصد آخر خروجی مواد مذاب گرفته شوند. سپس این نمونه‌ها در یک ظرف فلزی تمیز با یکدیگر مخلوط می‌گردند. پس از سرد شدن باید درب ظرف به طور کامل بسته شود و اطلاعات مورد نیاز از قبیل مکان نمونه‌گیری، تاریخ، نام پیمانکار، نوع ماده، نام شرکت سازنده مواد، وزن دقیق نمونه، فام، خصوصیات شیمیایی و نوع رزین و حداکثر دمای مطمئن برای حرارت دهی بر روی برچسب آن قید گردد. پیمانکار موظف است از هر نمونه قسمتی را برای شناسایی و بخش دیگر را برای کنترل کیفی در نظر گیرد.

پس از نمونه برداری از مواد خط‌کشی، مطابق با استاندارد EN 1871، آزمون‌های آزمایشگاهی برای تعیین خواص فیزیکی مواد خط‌کشی در سه مرحله انجام می‌شود [۱]:

۱- پیش از حرارت‌دهی،

۲- حرارت دهی و تعیین ثابت دمایی،

۳- پس از حرارت‌دهی.

۴-۲-۴-۲- آزمونهای پیش از انجام آزمون تعیین ثابت حرارتی

۴-۲-۴-۱- تعیین ترکیب درصد و نوع اجزاء در فرمولاسیون

مواد خط‌کشی ترموپلاستیک با فام‌های سفید و زرد باید دارای خصوصیات قید شده در استانداردهای AASHTO M 249 و BS 3262 باشند [۲ و ۵]. برای دستیابی به ویژگی‌های کاربردی مورد نظر باید نوع و ترکیب درصد اجزاء در فرمولاسیون این ترکیبات صحیح باشد. ترکیب درصد مناسب برای فرمولاسیون مواد ترموپلاستیک گرم در جدول (۴-۳) آورده شده است. استفاده از ترکیبات حاوی سرب، کادمیوم و کروم شش ظرفیتی در

این مواد ممنوع می‌باشد و میزان مجاز این عناصر در ترکیب مواد، زمانی که توسط آزمون X-Ray فلورنس یا ICR و یا هر تکنیک دستگاهی مناسب دیگری ارزیابی می‌شوند، نباید بیش از ۱۰۰ ppm باشد.

پیگمنت‌های اصلی و کمکی (فیلرها) باید از مش ۲۰۰ برخوردار بوده و در پیونده حل نشوند. کلیه پیگمنت‌ها و پرکننده‌ها باید به طور ۱۰۰ درصد از الک ۲/۸۰ میلیمتر رد شوند و ۶۵ تا ۹۵ درصد از الک ۶۰۰ میکرون رد شوند.

مطابق با استاندارد *ASTM D 476* پیگمنت سفید مصرفی باید حداقل حاوی ۸۰ درصد دی اکسید تیتان نوع روتیل باشد. پیگمنت‌های زرد مصرفی، زرد کروم و یا سایر پیگمنت‌ها نیز از نوع مقاوم حرارتی باشند. نباید مقدار پیگمنت زرد کرومات سرب در کل ترکیب مواد بیش از ۵ درصد باشد.

مواد خط‌کشی ترموپلاستیک باید حداقل حاوی ۲۵ درصد دانه‌ی شیشه‌ای مطابق با نوع I که استاندارد *AASHTO M 247, Type 1* آنرا تأیید کرده باشد، باشند. دانه‌های شیشه‌ای باید دارای ۸۰ درصد گردی واقعی و ضریب شکست ۱/۵ باشند [۶].

پیونده باید از مخلوط رزین‌هایی تهیه شده باشد که حداقل یکی از آنها در دمای محیط جامد بوده و دارای نقطه ذوب بالایی باشد و حداقل یک قسمت از سه قسمت ترکیب پیونده، ترکیب گلیسرول استر رزین اصلاح شده با مالئیک باشد و مقدار آن در کل ترکیب ماده خط‌کشی کمتر از ۸ درصد نباشد. همچنین پیونده باید عاری از هر گونه مواد خارجی یا ترکیباتی باشد که موجب قیرزدگی، لکه گذاری و یا تغییر رنگ خط‌کشی شود.

جدول ۴-۳: ترکیب درصد تقریبی اجزاء در فرمولاسیون مواد ترموپلاستیک

درصد وزنی	اجزاء
۲۰±۲	پیونده یا رزین
حداقل ۲۰	دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط شده
۶۰±۲	پیگمنت‌ها (دی‌اکسید تیتان، کربن بلک، کرومات سرب) و سایر پرکننده‌ها (سیلیکا، کلسیت، کوارتز، کربنات کلسیم و ...)
۱۰۰	جمع کل

## ۴-۲-۴-۴- تعیین میزان پیونده یا رزین

طبق روش آزمون شرح داده شده در استاندارد BS 3262: Appendix C3،

درصد رزین در کل ترکیب مطابق با رابطه ۴-۱ تعیین می‌شود [۲]:

$$(۴-۱)$$

$۱۰۰ \times \text{وزن نمونه اولیه} / (\text{وزن مواد جامد حاصل از فیلتراسیون} - \text{وزن نمونه اولیه}) = \text{درصد رزین}$

## ۴-۲-۴-۳- خصوصیات فیزیکی

محصول نهایی باید به صورت پودر، گرانول و یا بلوکی باشد تا به راحتی قابل انتقال به مخزن پیش‌گرم‌کن باشد. این مواد باید پس از حداقل ۶ ماه نگهداری در انبار قابلیت جریان پذیری مناسب داشته باشند. دمای انبار به هنگام نگهداری باید ۳۸ درجه سانتی‌گراد یا کمتر باشد. مواد تهیه شده باید توسط ماشین‌آلات و تجهیزات عمومی متداول جهت اجرای خط‌کشی گرم (اکستروژن، اسکرید دستی و اتوماتیک، و اسپری داغ)، به راحتی در دمای ۲۰۵ الی ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد اجرا شوند. از جمله ویژگی‌های فیزیکی مورد نظر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

## ۴-۲-۴-۴- وزن مخصوص

وزن مخصوص مواد خط‌کشی با فام‌های سفید و زرد باید بین ۱/۹ تا ۲/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد. وزن مخصوص بر اساس استاندارد ASTM D 153، روش A و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعیین می‌شود [۷].

مطابق با استاندارد AASHTO M 249، وزن مخصوص مواد خط‌کشی گرم برای اجرای اسکرید یا اکستروژن نباید بیش از ۲/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و برای اجرای اسپری گرم نباید بیش از ۲/۱۵ باشد [۵].

## ۴-۲-۴-۵- سمیت

مواد ترموپلاستیک در حالت مذاب و دماهای بالا نباید هیچ گونه گاز سمی از خود متصاعد کنند. زیرا آزاد سازی گازهای سمی موجب آسیب رساندن به شخص اپراتور،

محیط زیست و به تجهیزات اجرا می‌شود. برای این منظور سازنده مواد باید توصیه‌های ایمنی هنگام اجرا را همراه با برگه مشخصات فنی محصول در اختیار پیمانکار قرار دهد. مواد ترموپلاستیک پس از ذوب و اجرا، نباید ترکیبات سرب یا کروم با غلظت بیش از ۴ ppm آزاد کنند.

#### ۴-۲-۶- اندازه‌گیری فاکتور روشنایی و فام رنگی (محورهای رنگی)

میزان روشنایی مواد ترموپلاستیک در آزمایشگاه بر اساس استاندارد EN 1871; Appendix E تعیین می‌شود [۱]. در این روش ابتدا نمونه به مدت ۴ ساعت ( $\pm 5$  دقیقه) در دمای  $190 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد حرارت داده می‌شود و پس از اجرا روی صفحات فلزی تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود. میزان روشنایی نمونه‌ها، با استفاده از یک اسپکتروفتومتر و با هندسه  $0/45$ ، منبع نوری C، اندازه‌گیری می‌شود. محاسبات طبق استاندارد ASTM E 308 تحت زاویه دید  $2^\circ$  انجام می‌شود.

حداقل نتیجه قابل قبول:

فاکتور روشنایی مواد با فام سفید نباید کمتر از ۶۵ باشد.

فاکتور روشنایی مواد با فام زرد نباید کمتر از ۴۰ باشد.

فاکتور روشنایی مواد با فام سیاه نباید بیش از ۱۰ باشد.

مطابق با استاندارد EN 1871 حداقلی ممکن نتایج آزمون باید بصورت موارد

درج شده در جدول ۴-۴ باشد.

جدول ۴-۴: نتایج قابل قبول برای داده‌های حاصل از آزمون تعیین فاکتور روشنایی [۱]

فاکتور روشنایی $\beta$	دسته	فام
$0/65 <$	LF3	سفید
$0/70 <$	LF4	
$0/80 <$	LF6	
$0/40 <$	LF1	زرد
$0/50 <$	LF2	

واضح است که حداقل فاکتور روشنایی برای فام سفید ۰/۶۵ (دسته LF3) و برای فام زرد ۰/۴۰ (دسته LF1) است. همچنین داده‌ی رنگی قابل قبول آزمون اندازه‌گیری فام برای مواد خط‌کشی گرم باید مطابق با جدول (۴-۵) باشد:

جدول ۴-۵: داده‌های رنگی قابل قبول آزمون اندازه‌گیری فام برای مواد خط‌کشی گرم [۱]

۴	۳	۲	۱	فام خط‌کشی	
۰/۳۳۵	۰/۲۸۵	۰/۳۰۵	۰/۳۵۵	x	سفید
۰/۳۷۵	۰/۳۲۵	۰/۳۰۵	۰/۳۵۵	y	
۰/۴۲۷	۰/۴۶۵	۰/۵۴۵	۰/۴۹۴	x	زرد
۰/۴۸۳	۰/۵۳۵	۰/۴۵۵	۰/۴۲۷	y	

#### ۴-۴-۲-۷- نقطه نرم شوندگی

حداقل دمای نرم‌شوندگی مواد ترموپلاستیک پس از حرارت‌دهی به مدت ۴ ساعت ( $\pm 5$  دقیقه) در دمای  $190 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و با انجام آزمایش طبق روش گوی و حلقه در مطابق با ضمیمه F از استاندارد EN 1871 تعیین می‌شود [۱].  
نتیجه قابل قبول: نقطه نرم‌شوندگی نباید کمتر از ۶۵ درجه سانتی‌گراد باشد.

#### ۴-۴-۲-۸- مقاومت شیمیایی

مواد خط‌کشی باید در مقابل تماس با مواد شیمیایی از قبیل کلرید سدیم، کلرید کلسیم و سایر مواد مشابه روی سطح روسازی، روغن موجود در مواد روسازی و یا روغن‌ها و مواد سوختی که هنگام رفت و آمد خودروها از آنها روی سطح جاده ریخته می‌شود، مقاومت کافی داشته باشند. برای بررسی مقاومت مواد خط‌کشی در برابر مواد شیمیایی از روش شرح داده شده در استاندارد ASTM D 2792 استفاده می‌شود.  
نتیجه قابل قبول: پس از انجام آزمون نباید هیچگونه تخریبی روی نمونه‌ها صورت گرفته باشد.

## ۴-۲-۹- مقاومت در برابر ضربه

در این آزمون مقاومت نمونه در دمای پائین در برابر برخورد گوی‌های فلزی، بر اساس روش آزمون شرح داده شده در ضمیمه H از استاندارد EN 1871، تعیین می‌گردد [۱]. برای ۱۰ نمونه آزمون در دماهای مختلف انجام می‌شود و در نهایت تعداد نمونه‌هایی که هیچ گونه ترک خوردگی یا شکستگی پیدا نکرده‌اند به عنوان نتیجه نهایی گزارش می‌گردد. نتایج حاصل از این آزمون باید مطابق نتایج درج شده در جدول (۴-۶) باشد. حداقل نتیجه قابل قبول واقع شدن نمونه در دسته CI 1 است.

جدول ۴-۶: تقسیم‌بندی نتایج مربوط به آزمون مقاومت نمونه سرد در برابر ضربه [۱]

دسته	دمای آزمون (درجه سانتیگراد)	نوع گوی فلزی	تعداد نمونه‌های سالم پس از انجام آزمون
CI 0	---	---	کمتر از ۶
CI 1	صفر	a	۶
CI 2	-۱۰	a	۶
CI 3	-۱۰	b	۶

## ۴-۳-۴- آزمون تعیین پایداری حرارتی

این آزمون بر اساس روش شرح داده شده در ضمیمه G از استاندارد EN 1871 انجام می‌شود [۱]. برای این منظور نمونه به مدت ۶ ساعت در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شده و سپس به آرامی تا دمای اتاق سرد می‌گردد. باید حداکثر دمای حرارت‌دهی اعلام شده توسط تولید کننده مواد به عنوان حداکثر دمای آزمون انتخاب گردد. پس از انجام آزمون خواص نمونه از جمله تغییرات در فام و فاکتور روشنایی، مقاومت در برابر نفوذ، ضریب سایش، مقاومت در برابر UV و نقطه نرم شوندگی نمونه اندازه‌گیری می‌شود. کلیه خواص باید در حد استاندارد و قابل قبول باشد.



۴-۴-۴-۴- آزموهای پس از انجام آزمون حرارت دهی و تعیین پایداری حرارتی

۴-۴-۴-۱- فاکتور روشنایی و فام رنگی

پس از انجام آزمون حرارت دهی، فاکتور روشنایی و محورهای رنگی نمونه طبق

بند ۴-۲-۶ راهنمای دستورالعمل تعیین می‌شود.

نتیجه قابل قبول:

تغییر در فاکتور روشنایی نباید بیش از ۰/۱۰ باشد.

اعداد مربوط به محورهای رنگی باید بدون تغییر باشد.

۴-۴-۴-۲- نقطه نرم شونده

نتیجه قابل قبول: مطابق با ضمیمه F از استاندارد EN 1871، تغییر در نقطه نرم

شوندگی نباید بیش از ۱۰ درجه سانتی‌گراد باشد [۱].

۴-۴-۴-۳- مقاومت در برابر نفوذ

طبق روش آزمون شرح داده شده در ضمیمه J از استاندارد EN 1871، زمان

مورد نیاز برای میزان نفوذ مشخص یک استوانه فلزی در نمونه ترموپلاستیک به عنوان

مقاومت در برابر نفوذ در نظر گرفته می‌شود [۱]. نتایج قابل پذیرش در این آزمون در

جدول ۴-۷ درج شده است.

حداقل نتیجه قابل قبول: واقع شدن نمونه در دسته IN1 می‌باشد.

جدول ۴-۷: نتایج مربوط به آزمون مقاومت در برابر نفوذ [۱]

زمان نفوذ	دسته
کمتر از ۵ ثانیه (غیر قابل قبول)	IN0
۵ تا ۴۵ ثانیه	IN1
۴۶ تا ۵ دقیقه	IN2
۲ تا ۵ دقیقه	IN3
۶ تا ۲۰ دقیقه	IN4
بیش از ۲۰ دقیقه	IN5

#### ۴-۴-۴-۴- مقاومت در برابر پرتوهای UV

طبق آزمون شرح داده شده در استاندارد ISO 4892-2 نمونه به مدت ۱۰۰۰ ساعت در معرض تابش اشعه UV ( $500\text{W/m}^2$ ) و سیکل رطوبت و خشکی (۱۸ دقیقه غوطه وری و ۱۰۲ دقیقه خشک) قرار می‌گیرد [۸]. دمای محفظه ۴۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد می‌باشد.

نتیجه قابل قبول: فاکتور روشنایی و فام با توجه به بند ۴-۴-۲-۱ باید در حد قابل قبول باشند. جهت بررسی نمونه‌های مواد ترموپلاستیک انجام آزمونهای فوق کافی است. در موارد خاص یا با توجه به کاربرد ویژه مواد ترموپلاستیک می‌توان از آزمونهای زیر نیز جهت انجام آزمون تکمیلی کنترل کیفی استفاده کرد.

#### ۴-۴-۴-۵- مقاومت در برابر جریان پذیری

مقاومت در برابر جریان پذیری بر اساس روش استاندارد BS 3262; Appendix H تعیین می‌شود [۲]. برای این منظور ابتدا نمونه یک مخروط با ارتفاع ۱۰۰ میلیمتر از مواد ترموپلاستیک، در دمای ۲۳ درجه سانتیگراد قرار داده می‌شود. میزان کاهش ارتفاع مخروط بعد از ۴۸ ساعت به عنوان معیاری از فاکتور جریان‌پذیری در نظر گرفته می‌شود.

نتیجه قابل قبول: میانگین جریان پذیری (کاهش ارتفاع مخروط) نباید بیش از ۲۵ درصد باشد.

#### ۴-۴-۴-۶- مقاومت در برابر سرخوردگی

برای تعیین مقاومت در برابر سرخوردگی از روش شرح داده شده در استاندارد BS 3262; Appendix J یا EN 1436 استفاده می‌شود [۲ و ۹]. در خط‌کشی گرم میزان مقاومت مورد نیاز در برابر سرخوردگی وابسته به شرایط آب و هوایی و میزان تردد است.

نتیجه قابل قبول: مقاومت در برابر سرخوردگی باید برای مواد با فامهای سفید و زرد بیش از  $SRT$  ۴۵ و برای مواد با فام سیاه بیش از  $SRT$  ۵۵ باشد.

#### ۴-۴-۷- استحکام پیوند

ابتدا مواد ترموپلاستیک به مدت ۴ ساعت ( $\pm 5$  دقیقه) در دمای  $190/6 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد حرارت داده می‌شود و سپس با ضخامت ۱۵۰۰ میکرون روی یک بلوک بتنی سند بلاست شده و بدون آستر اعمال می‌گردد. طبق روش آزمون استاندارد  $ASTM D 4796-88$  باید حداقل استحکام مناسب برای پیوند ( $1/24 MPa$ )  $180 psi$  می‌باشد [۱۰].

#### ۴-۴-۸- اندیس زردی

اندیس زردی مواد ترموپلاستیک با فام سفید مطابق با روش آزمون استاندارد  $ASTM D 1925$  و استاندارد  $AASHTO M 250$  نباید بیش از ۱۲ باشد [۱۱].  
طبق استاندارد  $ASTM E 313$  نباید اندیس زردی مواد با فام سفید، قبل از انجام آزمون  $QUV$  بیش از ۸ و پس از انجام آزمون  $QUV$  بیش از ۱۵ باشد [۱۲].

#### ۴-۴-۹- انعکاس

انعکاس نمونه‌ها با استفاده از یک دستگاه کالریمتر و بر اساس استاندارد  $ASTM E 1347$  اندازه‌گیری می‌شود. برای تعیین انعکاس در خط‌کشهایی سرد، دو جزیی سرد (پلاستیک‌های سرد) و مواد ترموپلاستیک (خط‌کشی گرم) می‌توان از استاندارد  $EN 1871$  نیز استفاده کرد [۱]. خط‌کشی‌یی با فام سفید در نور روز و تحت زاویه  $45^\circ$  باید دارای حداقل انعکاس ( $Y$ ) برابر با ۸۰ درصد و برای خط‌کشیهایی با فام زرد حداقل ۴۵ درصد باشد.

#### ۴-۴-۱۰- مقاومت در برابر ضربه

مقاومت در برابر ضربه طبق روش شرح داده شده در استاندارد  $ASTM D 256$  اندازه‌گیری می‌شود. در این آزمون یک آونگ و یا یک چکش قرار گرفته روی یک آونگ،

با سرعت ۳/۶ متر بر ثانیه به نمونه مورد آزمون برخورد می‌کند. نتیجه آزمون، عدد آیزود<sup>۱</sup> یعنی انرژی مورد نیاز بر حسب ژول بر سانتی‌متر برای شکست نمونه شکاف‌دار تحت شرایط استاندارد را مشخص می‌کند.

در روش دیگر و مطابق با استاندارد ASTM D 2794 با ضربه ۵۰ اینچ.پوند (۵/۶۵ نیوتن.متر) بر روی خط‌کشی‌های اجرا شده با ضخامت حدود ۱۵۰۰ میکرون روی سطح بلوک بتنی، نباید هیچ‌گونه جداشدگی و یا ترک خوردگی دیده شود [۱۳].

نکته ۱: سطح بلوک بدون آستر و سند بلاست شده می‌باشد.

نکته ۲: دمای اجرای مواد ۱۹۰/۶ درجه سانتی‌گراد است.

نکته ۳: آزمون در دمای  $24 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود.

#### ۴-۴-۱۱- بسته‌بندی

در انجام آزمون‌های کنترل کیفی بر روی مواد ترموپلاستیک توجه به جنس بسته‌بندی مواد حائز اهمیت است، زیرا در بسیاری از موارد مواد ترموپلاستیک همراه با بسته‌بندی خود در مخزن نگهداری ذوب می‌شوند. مواد ترموپلاستیک گرانولی باید دارای بسته‌بندی‌هایی باشند که تحت شرایط دمایی تجزیه شوند و یا اینکه پس از ذوب شدن تاثیری در خواص نهایی خط‌کشی نداشته باشند. در این گونه موارد باید کلیه آزمون‌های کنترل کیفی مواد، بر روی مواد بسته‌بندی نیز انجام شود.

مواد ترموپلاستیک باید در بلوک‌هایی با ابعاد ۳۰۰ x ۹۵۰ x ۵۰ میلیمتر و یا به صورت گرانول‌های پودری شکل در بسته‌بندی‌های پلاستیکی ارائه شده باشند. وزن هر واحد بلوکی یا کیسه گرانولی تقریباً ۲۳ کیلوگرم است.

مهندس ناظر خط‌کشی یا نماینده وزارت راه باید آزادی کامل در دسترسی به مواد و تجهیزات مورد نیاز داشته باشد. برای ارزیابی یک نمونه از هر بچ تولیدی مواد ترموپلاستیک گرفته می‌شود. معمولاً هر بچ تولیدی حداکثر حاوی ۱۰۰۰۰ کیلوگرم مواد و

یک نمونه حاوی ۵۰ پوند یا ۲۳ کیلوگرم می‌باشد. مواد باید مطابق با استانداردهای AASHTO M 249 و AASHTO T 250 مورد بررسی قرار گیرند [۵ و ۱۱].

#### ۴-۴-۱۲-آستر

پیش از اجرای خط‌کشی گرم، استفاده از آستر در صورتی توصیه می‌شود که سطح روسازی کاملاً اکسید شده و اگرگیتهای سطحی از آسفالت جدا شده باشند چنانچه استفاده از آستر قبل از اجرای خط‌کشی گرم مورد نیاز باشد، نوع آستر سازگار با رنگ گرم مورد نظر و رویه راه باید توسط سازنده و تامین کننده رنگ گرم ارائه شود. به عنوان مثال در صورتی که از یک رنگ سرد خاص یا اپوکسی‌های دوجزئی بعنوان آستر برای یک رنگ گرم مشخص استفاده شود ولی سازگاری مناسب بین رنگ گرم و آستری مورد استفاده وجود نداشته باشد، میزان چسبندگی و دوام رنگ گرم می‌تواند از حالت بدون آستر هم کمتر باشد. به طور کلی در اجرای خط‌کشی‌های گرم به روش‌های اسکرید یا اکستروژن، استفاده از آستر جهت بهبود چسبندگی مواد خط‌کشی به سطح جاده توصیه می‌شود.

#### ۴-۴-۱۳-اجرای خط‌کشی

مواد ترموپلاستیک حاوی پیونده (عمدتاً الکید) و دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط توسط اسپری با ضخامت ۱۱۵۰ تا ۱۵۰۰ میکرون و اکستروژن یا اسکرید با ضخامت ۱۵۰۰ الی ۳۰۰۰ میکرون روی سطح جاده اجرا می‌شوند. دمای اجرای خط‌کشی نباید کمتر از ۱۷۷ و بیشتر از ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد. در دماهای بیشتر ویسکوزیته مواد کاهش می‌یابد. با توجه به این موضوع قابلیت‌های ماشین اجرای رنگ اعم از اسپری یا اکستروژن، یکی از عوامل اصلی در تعیین دمای اجرا می‌باشد. در واقع هرچه دستگاه اجرای رنگ توانایی بالاتری در اجرای رنگهایی با ویسکوزیته بالاتر را داشته باشد، دماهای کمتر برای اجرا ترجیح داده می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که دماهای بالاتر از دمای مجاز حرارت‌دهی منجر به تخریب و افت خواص مواد خواهد شد. از طرفی باید توجه داشت

که اجرا در دماهای کمتر از حد مجاز منجر به عدم ایجاد پیوند مؤثر و عدم چسبندگی مناسب خواهد شد. به طور معمول با توجه به امکانات و تجهیزات، اجرای مواد به روش دستگاههای اسپری و اکستروژن در اسپری در دماهای کمتری نسبت به اجرای مواد به صورت اکستروژن در نظر گرفته می‌شود. در عین حال با توجه به خصوصیات جریان پذیری متفاوت فرمولاسیونهای متفاوت، توصیه سازنده مواد مؤثرترین توصیه در این زمینه است. معمولاً برای کنترل دمای مواد، از یک دماسنج (لیزری) کالیبره شده استفاده می‌شود. در ابتدا و حین اجرای خط‌کشی، دمای مواد باید بر اساس دمای توصیه شده کنترل شود. مواد ترموپلاستیک الکیدی نباید بیشتر از ۲۳۲ درجه سانتی‌گراد حرارت ببیند. *نباید مقدار موادی که برای خط‌کشی استفاده می‌شود بیش از ۶ ساعت بیشتر حرارت دیده و همچنین بیش از ۳ بار قبل از مصرف ذوب و جامد شوند.* هرگونه تغییر رنگ بر اثر حرارت موجب برگشت مواد می‌شود.

۴-۴-۵- جمع‌بندی آزمون‌های آزمایشگاهی متداول جهت کنترل کمی و کیفی رنگ گرم در مورد خواص کمی و کیفی و آزمون‌های آزمایشگاهی رنگ گرم، استاندارد ملی ایران با عنوان "ویژگی‌ها و روش‌های آزمون رنگ ترافیک- ترموپلاستیک گرم" با شماره ۳۷۵۷ در دسترس می‌باشد [۱۴]. اما با توجه به اینکه در تدوین استاندارد ملی فوق و از استاندارد BS 3262 استفاده شده و در تدوین دستورالعمل حاضر، استاندارد EN ملاک قرار داده شده است، لذا از ذکر مقادیر موجود در استاندارد ملی شماره ۳۷۵۷ ایران خودداری می‌شود. در جدول (۴-۸) خصوصیات ضروری مواد مصرفی در خط‌کشی با رنگ گرم فهرست و خلاصه شده است.

جدول ۴-۸: خصوصیات ضروری مواد ترموپلاستیک مصرفی در خط کشی گرم

ردیف	خصوصیات	روش آزمون	نتیجه قابل قبول	قبول	رد																				
ترکیب درصد و نوع اجزاء در فرمولاسیون																									
۱	حداقل درصد وزنی بیندر	BS 3262: Appendix C3	۲۰ ± ۲																						
		باید از مخلوط رزین‌هایی تهیه شده باشد که حداقل یکی از آنها در دمای محیط جامد بوده و دارای نقطه ذوب بالایی باشد و حداقل یک قسمت از سه قسمت پیونده، ترکیب گلیسرول استر رزین اصلاح شده با مالئیک باشد و مقدار آن در کل ترکیب مواد خط کشی کمتر از ۸ درصد نباشد.																							
۲	حداقل درصد وزنی دانه‌های شیشه‌ای مطابق با نوع I	AASHTO M 247 و آئین نامه علائم راهها	۲۰ الی ۳۰																						
۳	حداقل درصد وزنی پیگمنت دی اکسید تیتان نسبت به کل پیگمنت	ASTM D 476	زرد کرومات سرب نباید بیش از ۵ درصد باشد	- فام سفید																					
				- فام زرد																					
۴	حداقل درصد وزنی کرومات سرب از نوع مقاوم حرارتی	ASTM D 476	-	- فام سفید																					
				- فام زرد																					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• شکل محصول نهایی باید به صورت پودر، گرانول و یا بلسوکی باشد تا براحتی قابل انتقال به مخزن پیش گرمکن باشد.</li> <li>• قابلیت جریان پذیری مناسب، پس از حداقل ۶ ماه نگهداری در انبار</li> </ul>																									
۵	وزن مخصوص (گرم بر سانتی متر مکعب)	ASTM D 153 A روش غوطه وری در آب	۱/۹ الی ۲/۳۵																						
		برای اجرای اسکرید یا اکستروژن نباید بیش از ۲/۳۵ گرم بر سانتی متر مکعب و برای اجرای اسپری گرم نباید بیش از ۲/۱۵ گرم بر سانتی متر مکعب باشد																							
۶	فاکتور روشنایی	EN 1871; Appendix E	بیشتر از ۶۵	- فام سفید																					
			بیشتر از ۳۰	- فام زرد																					
			بیشتر از ۱۰	- فام سیاه																					
فام رنگی		EN 1871	<table border="1"> <thead> <tr> <th>فام خط کشی</th> <th>۱</th> <th>۲</th> <th>۳</th> <th>۴</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>سفید</td> <td>X</td> <td>۰/۳۵۵</td> <td>۰/۳۰۵</td> <td>۰/۲۸۵</td> </tr> <tr> <td>زرد</td> <td>X</td> <td>۰/۴۹۴</td> <td>۰/۵۴۵</td> <td>۰/۴۶۵</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Y</td> <td>۰/۴۲۷</td> <td>۰/۴۵۵</td> <td>۰/۴۸۳</td> </tr> </tbody> </table>	فام خط کشی	۱	۲	۳	۴	سفید	X	۰/۳۵۵	۰/۳۰۵	۰/۲۸۵	زرد	X	۰/۴۹۴	۰/۵۴۵	۰/۴۶۵		Y	۰/۴۲۷	۰/۴۵۵	۰/۴۸۳		
فام خط کشی	۱	۲	۳	۴																					
سفید	X	۰/۳۵۵	۰/۳۰۵	۰/۲۸۵																					
زرد	X	۰/۴۹۴	۰/۵۴۵	۰/۴۶۵																					
	Y	۰/۴۲۷	۰/۴۵۵	۰/۴۸۳																					
۷	نقطه نرمی به روش گوی و حلقه (درجه حرارت)	ASTM E 28 , EN 1871	بیشتر از ۶۵																						
۸	مقاومت در برابر مواد شیمیایی	ASTM D 2792	بدون هیچگونه تخریب																						
۹	مقاومت در برابر ضربه	EN 1871: Appendix H	بدون ترک خوردگی واقع شدن نمونه در دسته CI 1																						
۱۰	پایداری حرارتی (۶ ساعت حرارت دهی در °C ۲۰۰)	EN 1871 : Appendix G	بدون تغییر در ظاهر و خواص																						

## ۴-۵- آزمون‌های میدانی

در آزمون‌های میدانی، ابتدا خط‌کشی مورد نظر روی قسمتی از سطح جاده اجرا شوند و عملکرد آن در معرض شرایط واقعی آب و هوایی، ترافیکی و نگهداری جاده مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در این راستا شرایط ضروری جهت محل انجام آزمونها، روش اجرای مواد در محل آزمون، فاکتورهایی که باید اندازه‌گیری شوند، برنامه زمانبندی اندازه‌گیری و نحوه ارائه نتایج آورده شده است. برای انجام آزمونهای میدانی از استانداردهای EN 1824 و EN 1436 استفاده می‌گردد [۹ و ۱۵].

نتایج ارزیابی‌های میدانی باید به صورت یک گزارش ارائه گردد و برای تمام شرکت‌ها و سازمانهای مربوطه ارسال شود. گزارش مذکور باید در حداقل موارد، حاوی اطلاعات زیر باشد:

۱. موقعیت مکانی، میزان تردد، نوع و عمر آماده‌سازی سطح،
۲. شرایط آب و هوایی،
۳. اطلاعات شرکتی شامل نام، کد و طبقه محصول، فام رنگی، آستر یا سایر چسب‌ها (در صورت نیاز برای خط‌کشی‌های بادوام) و در صورت اشاره به وجود سرب در نمونه آزمون،
۴. اطلاعات اجرایی شامل شرح عملکرد تجهیزات اجرایی، ضخامت و دمای اجرای خط‌کشی، محدودیت‌های دمایی و رطوبت نسبی محیط کار، زمان خشک شدن و نوع و سرعت اعمال دانه‌های شیشه‌ای،
۵. بازتاب نور برگشتی،
۶. دوام،
۷. شکل ظاهری یا جلوه،
۸. اطلاعاتی در مورد صدمات ناشی از برف‌روبی و غیره.



#### ۴-۵-۱- موقعیت مکانی جهت انجام آزمایش

سطوح انتخاب شده باید نماینده و شاخص واقعی از روسازی‌هایی باشد که مواد خط‌کشی در عمل بر روی آن اجرا خواهد شد. منطقه سطح آزمون باید شامل قسمتهایی باشد که حداقل یک سال در معرض تردد و ترافیک قرار گیرد. چنین سطحی باید بر اساس ویژگی‌هایی که مطابق شرایط مندرج در استاندارد EN 1824 است، انتخاب شود:

- سطح انتخاب شده باید غلتک خورده و صاف و عاری از هرگونه برجستگی خاص باشد [۱۵].

- مکان مورد نظر به طور کامل و در تمام ساعتی روز در معرض تابش نور خورشید قرار داشته و مانع خاصی در برابر تابش نور خورشید نداشته باشد.

- سطح مورد نظر باید بدور از منابع آلودگی (مانند معادن معدنی و زیرگذرها) بوده و عاری از ترک خوردگی باشد.

نکته: در صورت امکان، وجود یک فضای آزاد در کنار جاده و مکان اجرای خطوط می‌تواند به ایمنی و راحتی کار با تجهیزات اعمال کمک کند.

#### ۴-۵-۲- شرایط آب و هوایی

در پایان دوره آزمایش‌های میدانی باید گزارش وضعیت آب و هوایی در طول مدت سرویس‌دهی خطوط ارائه شود.

- می‌توان از داده‌های شرایط آب و هوایی منطقه مورد بررسی که از نزدیک‌ترین ایستگاه اندازه‌گیری شرایط آب و هوایی (اداره هواشناسی) می‌آید، استفاده کرد. در گزارش شرایط آب و هوایی باید مواردی که بر روی نتایج این گونه آزمون‌ها تاثیر می‌گذارند، حتماً قید شود.

- در گزارش شرایط آب و هوایی باید حداقل و حداکثر میانگین دمای روز و میزان آب جمع‌آوری شده بر حسب میلی‌متر به طور ماهانه ذکر گردد. در صورتی که مکان انتخاب شده برای انجام آزمون در نواحی دارای زمستان

سخت باشد، باید تعداد دوره‌های سرما و برای سایتی مورد آزمون در نواحی دارای تابستان سخت، تعداد ساعات تابش نور خورشید و تعداد روزهای بدون بارش نیز باید ذکر شود.

#### ۴-۵-۳- شرایط ترافیک

حجم ترافیک نیز یکی از عواملی است که تأثیر بسیاری در نتایج حاصل از آزمونهای میدانی دارد. با انتخاب مکان مناسب می‌توان حجم ترافیک را در مکان آزمون میدانی شبیه‌سازی کرد. در پایان آزمون میدانی، باید گزارشی از وضعیت ترافیکی در طول انجام آزمون نیز تهیه شود. گزارش ترافیک باید شامل تعداد عبور چرخ در ناحیه اندازه‌گیری طبق ضمیمه A از استاندارد EN 1824 و درصد خودروهای سنگین به همراه روش شمارش خودروها باشد. برای مناطقی که از لاستیک‌های یخ‌شکن زیاد استفاده می‌شود، باید درصد تقریبی عبور چرخهای لاستیک‌های یخ‌شکن نیز ارائه شود [۱۵].

با توجه به اینکه، نوع عبور و مرور در میزان فرسایش خط‌کشی‌ها موثر می‌باشد، لذا ذکر اطلاعات بیشتر در مورد ترافیک از قبیل میانگین سرعت رانندگی نیز مفید خواهد بود.

#### ۴-۵-۴- خصوصیات سطح روسازی

آزمونهای میدانی باید بر سطح جاده‌هایی با عمر یکسال یا بیشتر که در وضعیت مناسبی هستند و از اثر چرخ، شکاف، ترک‌ها یا موارد مشابه آسیب ندیده‌اند، صورت گیرد تا در طول آزمونهای میدانی نیازی به تعمیر نباشد. لازم به ذکر است که از آزمونهای میدانی روی بتن سیمانی به علت پیشرفت واکنش‌های شیمیایی نتایج تکرارپذیری بدست نمی‌آید.

در گزارش هر آزمون میدانی باید شرایط سطح جاده در طول مدت آزمون، ارائه شود. منظور از شرایط سطح جاده اطلاعات کلی در مورد ویژگی‌های سطحی و اندازه عمق

بافت سطحی<sup>۱</sup> است مطابق ضمیمه B از EN 1824 با روش پیچ شنی تعیین می‌شود. شواهد موجود حاکی از آن است که عمق بافت سطحی که به وسیله روش پیچ شنی تعیین می‌شود، حداقل برای مواردی که با لایه‌های نازک سنجیده می‌شوند بر نتایج آزمون‌های میدانی تاثیر می‌گذارد [۱۵].

در صورت انجام هرگونه عملیات فصلی مانند نمک پاشی، شن پاشی یا برف روبی، عملیات انجام شده بر روی سطح خط‌کشی در مدت انجام آزمون‌ها، در گزارش نهایی آورده شود.

#### ۴-۵-۵- برنامه زمان‌بندی انجام آزمون‌های میدانی

بررسی آزمون‌های میدانی باید طبق یک برنامه زمان‌بندی مشخص و حتی‌الامکان در یک دوره آب و هوایی کامل انجام شود و نتایج آزمون‌ها برای استفاده در اختیار شرکت‌های ذیربط قرار گیرد. ارزیابی میدانی محصولات با طول عمر کوتاه مانند خط‌کشی‌های سرد معمولاً پس از هفت روز از شروع اجرا و پس از آن تقریباً هر دو ماه یک بار تا یک سال انجام می‌پذیرد. حال آنکه ارزیابی میدانی محصولات با طول عمر بیشتر مانند ترموپلاستیک‌ها، بهتر است هر سه ماه یک بار در سال اول و هر دو ماه یک بار در سالهای بعد انجام پذیرد. البته رنگ سرد بادوام نیز در صورت درخواست سازنده آن می‌تواند تا دو سال مورد ارزیابی میدانی قرار گیرند. برای مواد مورد استفاده در خط‌کشی‌های دائم زمان یک سال و برای مواد بکار رفته در خط‌کشی‌های موقت زمان تا شش ماه هم توصیه شده است. تمدید مدت زمان انجام آزمون‌های میدانی در هر یک آزمون‌های میدانی بستگی به توافق بین مجری و کارفرما دارد.

#### ۴-۵-۶- الگوی خطوط طولی و عرضی در آزمون‌های میدانی

به طور کلی خط‌کشی باید مطابق الگوهای خطی (به صورت طولی یا عرضی) بر روی جاده اجرا شود. البته در صورت نیاز به یک ناحیه اندازه‌گیری طولانی (بیش از ۴۰ سانتی‌متر)، نمی‌توان از الگوی عرضی استفاده کرد. در صورت نیاز به بررسی الگوهای طولی و عرضی بطور همزمان، این الگوها باید در قسمت‌های جداگانه‌ای مورد بررسی قرار گیرند.

##### • الگوی عرضی

برای هر یک از مواد خط‌کشی باید حداقل سه نمونه اجرا شود.

##### • الگوی طولی

خطوط به صورت ردیف‌های عرضی و طولی اجرا می‌شوند. برای هر یک از مواد خط‌کشی باید یک خط در هر ستون از نواحی اندازه‌گیری قرار گیرد. هر خط باید حداقل ۰/۱۵ متر عرض و حداقل ۲ متر طول داشته باشد، فضای خالی بین خطوط باید حداکثر ۰/۴ متر در جهت عرض و حداقل ۰/۵ متر در جهت طول باشد.

#### ۴-۵-۷- شرایط مناسب برای اجرای خط‌کشی در آزمون‌های میدانی

شرایط مناسب برای اجرای خط‌کشی عبارت است از:

- سطح جاده خشک بوده و شب‌نمی روی آن تشکیل نشده باشد،
- دمای سطح جاده مطابق محدوده توافق شده بین مجری و کارفرما باشد،
- سرعت باد کمتر از حداکثر میزان توافق شده بین مجری و کارفرما باشد.

البته مواد خاص را می‌توان در شرایط آب و هوایی خاص نیز اجرا کرد که این امر مستلزم قید شدن آن در گزارش جداگانه‌ای است.

- خط‌کشی باید در زمانی که دمای سطح و روسازی در محدوده قابل قبول است و رطوبت به میزان حداقل و روشنایی جاده مناسب می‌باشد، اجرا شود (ترجیحاً در فاصله زمانی بین ۱۰ صبح تا ۳ بعد از ظهر).

- دمای سطح جاده و دمای هوا: در زمان اجرا، دمای سطح جاده باید حداقل ۳ درجه سانتی‌گراد بالاتر از نقطه شبنم هوا و در محدوده بین ۱۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد و دمای هوا نیز در محدوده ۱۰ الی ۳۵ درجه سانتی‌گراد قرار داشته باشد.
  - حداکثر سرعت باد باید کمتر از ۱۰ متر بر ثانیه باشد.
  - رطوبت هوا کمتر از ۷۰ درصد باشد.
- معمولاً اگر خشک شدن خط‌کشی در یک شرایط خاص بیش از ۲ ساعت به طول انجامد و پیش از این زمان نیاز به باز کردن جاده جهت عبور و مرور باشد، زمان اعمال تا فراهم شدن شرایط مناسب به تعویق می‌افتد.

#### ۴-۵-۸- مشخصات فنی در حین اجرای خط‌کشی برای آزمون‌های میدانی

قبل از آغاز آزمون‌های میدانی، مجری و کارفرما باید در مورد مشخصات فنی اجرای مواد به توافق رسیده باشند. مشخصات فنی اجرا می‌تواند شامل روش‌های آماده‌سازی (از قبیل نحوه ذوب مواد ترموپلاستیک)، روش در نظر گرفته شده برای اجرا (اسپری، اسکرید، اکستروژن)، نوع دستگاه مورد نیاز جهت خط‌کشی، الگوی اجرا (برای مثال، نقشه یا یک نوع طرح)، مقدار مواد اجرا شونده (گرم بر متر مربع)، نوع دانه شیشه‌ای مصرفی، سرعت اجرا و روش استفاده باشد. در صورت امکان باید مواد خط‌کشی با استفاده از دستگاه خط‌کشی اتوماتیک<sup>۱</sup> اجرا شده و دانه‌های شیشه‌ای به صورت مکانیکی بر روی خط روپاشی شوند. دستگاه خط‌کشی اتوماتیک قابلیت تکرارپذیری بهتری نسبت به روش‌های دستی دارد.

دستگاه‌های خط‌کشی کننده در انواع تجاری و عمومی یا وسایل خاص در دسترس هستند. خط‌کشی میدانی را می‌توان توسط افراد عادی یا به وسیله افراد مجرب انجام داد. سرعت اجرای مواد خط‌کشی و سرعت روپاشی دانه‌های شیشه را می‌توان بر طبق ضمیمه C استاندارد EN 1824 تنظیم کرد [۱۵].

1- Self-Propelled

#### ۴-۵-۹- تعیین سرعت اجرای خط‌کشی

برای تعیین سرعت اجرای خط‌کشی، باید از ضمیمه C در استاندارد EN 1824 استفاده کرد [۱۵]. معیار و حدود مقبولیت سرعت اجرای خط‌کشی، با توافق مجری و کارفرما تعیین می‌شود. برای مثال، اگر سرعت اجرای خط‌کشی بیش از ۱۰ درصد با سرعت میانگین اجرا اختلاف داشته باشد، یا اگر سرعت متوسط اجرا بیش از ۱۵ یا ۱۰ درصد با سرعت اجرای ارائه شده در برگه مشخصات فنی مواد تفاوت داشته باشد، اجرا مورد قبول واقع نمی‌شود.

#### ۴-۵-۱۰- اندازه‌گیری‌های مربوط به عملکرد مواد در آزمون‌های میدانی

ویژگی‌های متداول مربوط به عملکرد مواد پس از خط‌کشی عبارت است از:

۱. ضریب بازتاب نور برگشتی،  $R_L$  در شرایط خشک، تر و در زمان بارندگی،
۲. ضریب بازتاب نور برگشتی در روز  $Q_d$ ،
۳. فام رنگی شامل: فاکتور روشنایی  $\beta$  و محورهای رنگی  $x$  و  $y$ ،
۴. مقاومت در برابر سرخوردگی،
۵. قابلیت زدودن از سطح (برداشت مواد) (فقط برای مواد موقت)،
۶. ضریب سایش،
۷. کنترل حداقل ضخامت خط‌کشی.

پارامترهای ۱ الی ۴ در استانداردهای ASTM E 2176، ASTM E 1710

و ASTM E 2177 تعریف شده‌اند و باید طبق بند ۲-۶-۴ در فصل دوم راهنمای دستورالعمل اندازه‌گیری شوند. فام رنگی و مقاومت در برابر سرخوردگی باید مطابق با روش شرح داده شده در استاندارد EN 1436 تعیین شوند [۷].

برای تعیین قابلیت برداشته‌شدن باید دو خط از الگوی عرضی و نیمه نخست یک

خط از الگوی طولی طبق ضمیمه F مورد آزمون قرار گیرد.

- در صورتی که عمق بافت سطح جاده بیشتر از ۱/۵ میلیمتر باشد، تعیین ضریب سایشی صحیح امکان‌پذیر نیست.
  - طبق توافق بین پیمانکار و کارفرما می‌توان تعیین کرد که کدام یک از پارامترهای اندازه‌گیری، فاکتور تعیین‌کننده‌ای برای انتخاب نوع مواد خط‌کشی باشد.
  - در نقاط تعیین شده در خط‌کشی‌ها، نتایج اندازه‌گیری کمیت‌های مذکور باید به صورت میانگین، ارائه شود.
  - برای تعیین فام رنگی (ضریب روشنایی و محورهای رنگی)، حداقل چهار نقطه باید به گونه‌ای انتخاب شود که سطح مورد نظر برای اندازه‌گیری دارای مساحت حداقل ۱۰۰ سانتیمتر مربع باشد.
  - برای تعیین  $R_L$  (خشک، تر، در حین بارندگی)، تعداد نقاط باید به گونه‌ای انتخاب شود که مساحت سطح اندازه‌گیری برای سطوح همگن حداقل ۴۰۰ سانتیمتر مربع و برای سطوح ناهمگن، حداقل ۸۰۰ سانتیمتر مربع باشد. در مورد خطوط برجسته (طرح‌دار)، طول کل سطح اندازه‌گیری باید حداقل شامل ۴ پروفیل یا برجستگی باشد. برای تعیین مقاومت در برابر سرخوردگی و ضریب سایش نیز حداقل باید دو نقطه انتخاب شود. لازم به ذکر است که فام و مقاومت سایشی برای خط‌کشی‌های طرح‌دار قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد. اندازه‌گیری ضریب سایش باید مطابق ضمیمه G استاندارد EN 1436 صورت گیرد [۷].
- علاوه بر موارد فوق باید متوسط ترافیک روزانه (ADT) اندازه‌گیری شود و در هنگام ارائه نتایج آزمون، ADT نیز گزارش شود. برای اندازه‌گیری ADT می‌توان از روش شمارش بصری، ویدئویی یا شماره‌گرهای خودکار استفاده کرد. روش این اندازه‌گیری در ضمیمه A از استاندارد EN 1824 آورده شده است [۱۳].
- در الگوی عرضی، باید یک ستون اندازه‌گیری به عرض ۴۰ سانتیمتر انتخاب شود که حداقل شامل دو خط یکسان از مواد خط‌کشی باشد. نقاط اندازه‌گیری باید به طور

مساوی بین دو خط (در صورت انتخاب دو خط) تقسیم شود. محدوده در نظر گرفته شده باید بگونه‌ای انتخاب شود که متوسط ترافیک روزانه اعلام شده در مورد آن صدق کند. در الگوی طولی باید یک ستون اندازه‌گیری با عرض ۱۵ سانتیمتر و طول ۱۲۰ سانتیمتر، در طول یک خط از مواد خط‌کشی انتخاب شود. محدوده در نظر گرفته شده باید به گونه‌ای تعیین گردد که متوسط ترافیک روزانه اعلام شده در مورد آن صدق کند. برای تعیین مقاومت در برابر سرخوردگی و ضریب سایش حداقل باید دو نقطه انتخاب شود. در نقاط مختلف تعیین شده در خط‌کشی‌ها کمیت‌های مذکور را اندازه‌گیری کرده و نتیجه باید به صورت مقدار میانگین برای نقاط اندازه‌گیری متفاوت، بیان شود.

#### ۴-۵-۱۰-۱- ضخامت خطوط آزمون

برای هر نمونه از مواد، چهار خط عرضی حاوی دانه‌های شیشه‌ای روی سطح اجرا می‌شود. برای بررسی وزن و ضخامت واقعی، در ۹۰ سانتی‌متر اولیه هر یک از این خطوط از دانه‌های شیشه‌ای روپاشی استفاده نمی‌شود. حداقل ضخامت خط‌کشی گرم مورد آزمون برای آسفالت گرم باید ۲۲۵۰ میکرون و برای آسفالت سرد ۲۵۰۰ میکرون باشد. ضخامت‌های خارج از محدوده فوق نیز در مواردی خاص می‌تواند مجاز باشد، ولی اندازه ضخامت باید گزارش شود. ضخامت و رنگ نمونه‌ها باید در ۹۰ سانتی‌متر این خطوط (بدون دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده) مورد بررسی قرار گیرد. ضخامت با استفاده از یک صفحه آزمایشگاهی تعیین می‌شود.

#### ۴-۵-۱۰-۲- شکل ظاهری / رنگ

در اولین اندازه‌گیری پس از اجرای خط‌کشی، قبل از ثبت اولین اعداد انعکاسی، باید دانه‌های شیشه‌ای اضافی از روی سطح خط‌کشی زدوده شوند و دانه‌های شیشه‌ای حاوی پوشش‌های خاص طبق پیشنهاد سازنده و با سرعت مناسب اجرا گردند. شکل ظاهری فام رنگی را می‌توان در شرایط آزمایشگاهی و میدانی با محورهای سه‌گانه رنگی



در سیستم CIE توسط روشهای دستگاهی تعیین کرد. تمام ارزیابی‌های مواد با فام زرد باید با اعداد CIE استاندارد مطابقت داشته باشند. این ارزیابی باید در قسمت بدون دانه‌ی شیشه‌ای از خط آزمایشی انجام شود که حداقل تأثیرپذیری از تجمع آلودگی‌ها، رشد کپک و غیره را دارد. برای این ارزیابی نباید هیچ‌گونه عملیات اصلاحی، از قبیل شستشوی مقدماتی، بر روی سطح خطوط آزمایش شونده انجام شود. اعداد گزارش شده باید با استفاده از ASTM E 178 مورد ارزیابی قرار گیرد.

#### ۴-۱۰-۳- ضریب سایش

برای تعیین ضریب سایش می‌توان از اندیس فرسایش به عنوان معیاری قابل قبول برای میزان فرسایش خطوط استفاده کرد. روش محاسبه اندیس فرسایش در بند ۳-۳-۶-۳ از فصل سوم در قسمت مربوط به آزمون‌های اجرایی رنگ سرد به طور کامل آورده شده است.

#### ۴-۱۱-۵- ملاحظات آزمون‌های میدانی

- در زمان اجرای خط‌کشی به منظور ارزیابی‌های میدانی باید موارد زیر ثبت شود:
- رطوبت نسبی و نقطه شبنم<sup>۱</sup> نقش مهمی را در آزمون و به کاربری مواد ترموپلاستیک ایفا می‌کنند. علاوه بر این دو عامل، میزان خشکی سطح روسازی از زمان اجرای مواد ترموپلاستیک نیز اهمیت بسزایی دارد. رطوبت نسبی، دمای محیط و دمای سطح جاده باید به طور ساعتی در زمان اجرا ثبت گردد.
  - توجه به این نکته ضروریست که تمام دستگاه‌های خط‌کشی باید در سرعتی مشابه با سرعت اجرای عملیات واقعی خطوط آزمایشی را بر سطح اجرا نمایند.

---

1- Dew Point

- کثیفی، رطوبت و آلاینده‌های شیمیایی موجود بر روی خط‌کشی‌های حاوی دانه‌های شیشه‌ای می‌تواند، مقادیر اندازه‌گیری شده توسط دستگاه بازتاب‌سنج را تغییر دهد. حتی رطوبت زیاد نیز می‌تواند باعث ایجاد تغییر در ثبت اعداد مورد نظر در دستگاه گردد. لذا در این صورت داده‌های حاصل از خطوط آزمایشی انتخاب شده که تحت تأثیر آلودگی یا آسیب‌دیدگی‌های فرسایشی قرار گرفته‌اند ممکن است در محاسبه مقدار نهایی بازتاب نور برگشتی آن محصول خاص کنار گذاشته شوند. از استاندارد ASTM E 178 با عنوان "عملیات استاندارد برای مشاهدات طرح" می‌توان برای تعیین اینکه آیا یک مقدار منفرد یا خاص می‌تواند در محاسبه مقدار گزارش شده برای آن محصول کنار گذاشته شود یا خیر؟ استفاده کرد. وقتی یک مقدار خاص در محاسبات کنار گذاشته شد، باید حتماً در گزارش عملکرد آن محصول قید گردد.

#### ۴-۵-۱۲- گزارش نهایی آزمون میدانی

ضروری است در پایان سال اول یک گزارش موقت و در پایان سال دوم یک گزارش نهایی از نتایج آزمون میدانی تهیه شود. این گزارش‌ها باید نتایج دید در شب، دید در روز و آزمون عملکرد دوام را مستند کرده باشند. گزارش آزمون جداگانه برای یک ماده خط‌کشی شامل موارد زیر است:

- نام محصول و اطلاعات دیگر در مورد نحوه استفاده از مواد،
- داده‌های مربوط به اجرا و قابلیت برداشت مواد، وسایل خط‌کشی مورد استفاده، زمان و سرعت اجرا،
- نتایج اندازه‌گیری‌ها،
- خلاصه شرایط آب و هوایی، ترافیک و وضعیت سطح جاده در سایت مورد آزمون.

**توجه ۱:** ضمیمه کردن گزارش مربوط به شرایط مکانی آزمون (بند ۴-۵-۱) به گزارش اصلی می‌تواند بسیار مفید باشد.

**توجه ۲:** از آنجا که زمان اجرا در آزمون‌های میدانی بسیار مهم است، اجرای مواد آزمون میدانی بر سطح روسازی بهتر است در طی ماه‌های اردیبهشت تا مرداد هر سال صورت گیرد.

#### ۴-۶- آزمون‌ها و ویژگی‌های اجرایی

##### ۴-۶-۱- خصوصیات ترموپلاستیک‌ها

به دلیل انعطاف‌پذیری مواد ترموپلاستیک و وابستگی خواص فیزیکی به دمای اجرا، دمای یکی از مهمترین پارامترهایی است که باید به دقت کنترل شود. علاوه بر این فرمولاسیون مواد نیز در تضمین عملکرد مواد در دماهای تعیین شده همانطوری که مورد نظر است، نقش تعیین‌کننده‌ای دارد.

دماهای بیش از حد موجب سوختن، جوشیدن، تاول‌زدگی مواد و در نتیجه افت خواص نهایی خط‌کشی می‌شود. چنانچه دمای اجرای خط‌کشی پائین باشد، به دلیل ذوب نامناسب مواد و نفوذ ضعیف مواد در بافت سطح روسازی، چسبندگی مناسب به سطح روسازی به وجود نمی‌آید و خواص فیزیکی و مکانیکی نیز مناسب نخواهند بود. برای تضمین استحکام چسبندگی به سطح روسازی، ضخامت خط‌کشی نیز باید به دقت کنترل شود.

اگر ضخامت خط‌کشی به اندازه کافی نباشد، انتقال حرارت سریع از سطح خارجی خط‌کشی، باعث سرد شدن فوری لایه‌های زیرین مواد و عدم نفوذ مواد به تخلخل‌های سطح روسازی می‌شود. عدم نفوذ مناسب به حفرات سطح باعث چسبندگی ضعیف مواد به سطح روسازی می‌شود.

مواد ترموپلاستیک نسبت به رنگ سرد چندین مزیت دارند. شاید بارزترین آنها، عامل زمان تجدید خط‌کشی و یا عامل، جایگزینی<sup>۱</sup> باشد. یک بار خط‌کشی با مواد ترموپلاستیک، می‌تواند جایگزین چند بار خط‌کشی رنگ سرد شود (بسته به شرایط مکانی و نحوی اجرای خط‌کشی). بنابراین با وجود اینکه مواد ترموپلاستیک ممکن است چند برابر گرانتر از رنگ سرد باشند، ولی در صورت اجرای صحیح، مقرون به صرفه خواهند بود. مزیت دیگر این مواد نسبت به رنگ سرد، قابلیت ایجاد مسیر نمایی ثابت در جاده است، (از رنگ سرد به دلیل عمر سرویس دهی کوتاه، نمی‌توان به عنوان مسیر نماهای ثابت در جاده نام برد). به عبارتی در یک فاصله زمانی معین از زمان استهلاک مواد خط‌کشی کم دوام، تا اجرای مجدد خط‌کشی، راه یا مسیر بدون علائم مسیر نما خواهد بود. موسسات مختلف طول عمر خطوط ترموپلاستیکی را (بسته به مشخصات این مواد) حدود ۳ برابر طول عمر رنگ سرد گزارش کرده‌اند [۴].

به علت هزینه بالای مواد ترموپلاستیک، برای اینکه خط‌کشی با این نوع مواد مقرون به صرفه باشد، باید خط‌کشی انجام شده، حداقل ۳ تا ۵ سال با میزان قابل قبولی از بازتابش نور برگشتی در محل مورد نظر باقی بمانند. با انتخاب دقیق مواد و تکنیک اجرا، می‌توان به تازنی بین عمر سرویس دهی، هزینه‌های اولیه و اجرا دست یافت. با وجود اینکه اجرای ترموپلاستیک از لحاظ دوام و قابلیت دید عملی است، ولی برخی کاربران معتقدند که از این مواد نباید برای تمام شرایط استفاده کرد. با جمع‌بندی تجربیات گزارش شده شرکت‌های پیمانکاری مختلف می‌توان به نکات زیر اشاره کرد:

- خط‌کشی گرم را نباید در رویه‌های بتنی تازه اجرا کرد.
- حداقل زمان لازم برای اجرای خط‌کشی گرم روی روسازی‌های بتنی، حداقل یک سال پس از اجرای روسازی توصیه می‌شود. حتی پس از گذشت یک سال هم، قبل از اجرای رنگ گرم بر روسازی‌های بتنی باید از یک آستر مناسب جهت درزگیری منافذ روسازی استفاده کرد.

---

1- Replacement Factor

- اجرای خط‌کشی‌های گرم بر رویه‌های آسفالتی تازه اجرا شده باید ۱۴ روز پس از پایان عملیات راه‌سازی انجام گیرد.
- خطوط ترموپلاستیکی پایه‌الکیدی به میزان قابل‌توجهی در خطوط عرضی و محل تقاطع‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. زیرا خطوط عرضی پایه‌هیدروکربنی در اثر روغن‌ریزی اتومبیل‌ها با سرعت تخریب می‌شوند.
- در مناطقی که برای پاک کردن برف از ماشین‌های برف‌روب استفاده می‌شود، بدلیل احتمال تخریب سریع مواد ترموپلاستیکی، بهتر است از این نوع خط‌کشی استفاده نشود یا اینکه خط‌کشی‌بی‌ضخامت کمتر انجام شود.
- مواد ترموپلاستیکی جزء بهترین مواد خط‌کشی شناخته شده‌اند، البته مجریان عملیات خط‌کشی از این مواد به عنوان موادی که اجرای آنها حساسیت بالایی دارند، یاد می‌کنند.

#### ۴-۶-۲- روشهای اجرا

برحسب نوع مواد ترموپلاستیکی، می‌توان خط‌کشی گرم را به سه روش اکستروژن، اسکرید و یا اسپری داغ اجرا کرد. در خصوص روش‌های مختلف اجرای خط‌کشی گرم، در فصل نهم به طور مفصل توضیح داده می‌شود.

#### ۴-۶-۳- قبل از اجرا

##### ۴-۶-۳-۱- شرایط تحویل مواد

بر روی کلیه بسته‌بندی‌های مواد باید اطلاعات زیر درج شده باشد.

- نام سازنده و نام تجاری محصول
- شماره بیچ تولید
- تاریخ تولید
- فام (سفید، زرد و سیاه)
- خصوصیات شیمیایی و نوع رزین

- حداکثر دمای اجرا
- دانسیته نسبی

#### ۴-۶-۳-۲- انبارداری و نگهداری مواد قبل از اجرای خط‌کشی

مواد ترموپلاستیک گرم، به صورت پودر، گرانول و یا بلوکی در کیسه‌های کوچک و یا جعبه‌های ۹ الی ۲۵ کیلوگرمی بسته‌بندی می‌شوند. بسته‌های مواد باید بصورت مسطح و در جای نرم و خشک نگهداری شوند. آب و رطوبت ممکن است به بسته‌بندی‌های مواد صدمه بزند، اما برای خود مواد خطری ندارد. کثافات، پس مانده‌های بسته‌بندی و یا نوارهای پلی‌اتیلن، مواد را آلوده می‌کنند. باید مراقب بود که این مواد به طور اتفاقی وارد محفظه ذوب نشوند. مواد مورد نیاز روزانه برای حمل با کامیون بخوبی پوشانده شود. اگر بسته‌بندی مواد خیس یا آلوده شد، قبل از باز کردن کیسه مواد باید آلودگیها و رطوبت کیسه‌ها را برطرف کرد.

مواد اولیه خط‌کشی‌های گرم باید در محل‌های مسقف نگهداری شود تا از تابش نور مستقیم و شدید خورشید محفوظ بماند. معمولاً کیسه‌های حاوی رنگ گرم را در فضای مسقف و قدری بالاتر از سطح زمین قرار می‌دهند و حداکثر تا وزن یک تن روی هم می‌چینند تا اثر منفی نگهداری طولانی مواد را به حداقل برسانند.

#### ۴-۶-۳- آماده‌سازی سطح روسازی

از آنجا که مواد ترموپلاستیک در دمای بالا و بصورت مذاب بر روی سطح اجرا می‌شوند، چسبندگی بالایی روی سطح آسفالت دارند. در عین حال سطح روسازی قبل از اجرای هر گونه مواد خط‌کشی، باید تمیز و خشک باشد تا امکان برقراری پیوند بین ماده خط‌کشی و سطح روسازی به وجود آید. اغلب برای تمیز کردن سطح روسازی قبل از خط‌کشی از یک ماشین جاروب‌زن استفاده می‌شود.

توجه به موارد زیر برای برقراری پیوند صحیح بین مواد خط‌کشی ترموپلاستیک

و سطح روسازی، ضروری است:

- سطح روسازی باید عاری از گرد و غبار و سایر آلودگی‌ها باشد.
  - سطح روسازی باید از خط‌کشی‌های قبلی با چسبندگی ضعیف، دانه‌ی شیشه‌ای و ترکیبات اضافی پاک شود.
  - سطح روسازی باید عاری از خیزی یا رطوبت باشد.
  - دماهای هوا و سطح روسازی نباید بترتیب از حداقل ۱۰ و ۵ درجه سانتیگراد کمتر باشد تا رنگ در سرعتی مناسب خشک شود.
  - رطوبت نسبی محیط نباید بیش از ۸۵ درصد باشد.
- در صورتی که بقایای خط‌کشی قبلی با رنگ سرد یا سایر مواد خط‌کشی بر روی سطح موجود باشد باید قبل از اجرای مواد ترموپلاستیک، با ماشینهای جاروب زنی مکانیکی یا سند بلاست، موادی که دارای چسبندگی ضعیف با سطح هستند را پاک کرد. مجدداً تأکید می‌شود که برای دستیابی به پیوند مناسب، سطح روسازی باید تمیز و خشک باشد. چنانچه از پرایمرها برای بهبود چسبندگی استفاده می‌شود، باید زمان پخت صحیح قبل از اجرای خط‌کشی رعایت شود.

#### ۴-۶-۳-۴- آماده‌سازی مواد جهت اجرا

هنگام استفاده از مواد اولیه بلوکی، برای جلوگیری از رنگ پریدگی یا شکنندگی مواد، باید قبل از ریختن مواد به داخل مخزن پیش گرمکن، آنها را به قطعات کوچک (حداکثر ۴ کیلوگرم) شکسته یا تقسیم کرد. مواد اولیه بلوکی معمولاً قطعات ۲۵ کیلوگرمی هستند. در صورتی که این مواد به همان صورت به داخل مخازن پیش گرمکن ریخته شوند، در اثر عدم اختلاط کامل و مناسب، مواد مخزن بیش از میزان مجاز و مواد قرار گرفته در بالای مخزن کمتر از میزان مجاز حرارت می‌بینند. به همین دلیل قبل از ریختن قطعات به داخل مخزن پیش گرمکن باید آنها را به قطعات کوچکتر تقسیم کرد. در صورتی که از مواد اولیه گرانولی استفاده شود، نیازی به آماده‌سازی اولیه مواد نیست.

مخزن پیش گرمکن باید مجهز به یک همزن باشد، زیرا در غیر این صورت بخشی از مواد بیش از حد حرارت می‌بینند و ساختار آنها تخریب می‌شود. جهت اطمینان از اینکه دمای مواد، بیش از حدی که تولید کننده مجاز دانسته نیست، باید دمای مواد به طور مستمر توسط دماسنج‌های دقیق (دماسنج‌های لیزری) کنترل شود. نحوه بارگیری و حرارت‌دهی مواد نیز تأثیر بسزایی در کیفیت نهایی خط‌کشی دارد. اگرچه بهترین دما برای هر ماده‌ای بر اساس فرمول و ترکیب آن متفاوت است، اکثر مواد ترموپلاستیک در پیش‌گرمکن تا دمای ۲۰۵ الی ۲۲۰ درجه سانتیگراد حرارت داده می‌شوند. زیاد شدن دمای مواد ترموپلاستیک در مخزن حرارت‌دهی و یا طولانی شدن زمان حرارت دادن، موجب سوختن مواد و کاهش ماندگاری و دوام خط‌کشی در هنگام سرویس دهی و همچنین موجب جدا شدن دانه‌های شیشه‌ای از روی مواد ترموپلاستیک می‌شود. در صورتی که زمان حرارت‌دهی بیش از زمان مجاز ادامه یابد خواص مواد به تدریج افت می‌کند.

#### ۴-۶-۳-۵- آستر

به علت ویژگی‌های پیوند ایجاد شده بین رنگ گرم و روسازی آسفالت، تقریباً تمام مواد ترموپلاستیک برای سطوح آسفالت گرم جدید کاملاً مناسب هستند. چون سطوح آسفالت گرم با قرار گرفتن در معرض ترافیک و اکسیداسیون، فرسوده و شکننده می‌شوند، استفاده از یک لایه آستری، قبل از اجرای مستقیم مواد ترموپلاستیک بر روی روسازی آسفالتی فرسوده توصیه می‌شود [۴].

برای دستیابی به چسبندگی مناسب، نیاز به تمیز کردن سطح و یا استفاده از آستر می‌باشد. نوع و شرایط روسازی آسفالت در طول فرآیند خط‌کشی برای حصول استحکام چسبندگی مهم است. تجربه نشان داده است که چسبندگی روی روسازی آسفالتی از روسازی بتنی بهتر است. در اثر حرارت ناشی از مواد خط‌کشی مذاب، سطح قیری آسفالت نرم شده و در نتیجه پیوند رنگ گرم با سطح روسازی بهتر انجام می‌گیرد. برای دستیابی به چسبندگی مناسب، نیاز به تمیز کردن سطح و یا در برخی موارد استفاده از پرایمر می‌باشد.



با توجه به نوع روسازی و توصیه شرکت تولید کننده مواد خط‌کشی، یک پرایمر اولیه باید مورد استفاده قرار گیرد.

مواد ترموپلاستیکی که بر روی سطوح آسفالتی دارای عملکرد خوبی هستند، ممکن است برای سطوح بتنی مناسب نباشند. زیرا در این حالت، پیوند حرارتی محکمی بین و سطح بتن برقرار نمی‌شود. در اینجا برای ایجاد پیوند مکانیکی، سطح بتن باید به اندازه کافی متخلخل بوده تا اجازه نفوذ مایع ترموپلاستیک (مواد مذاب) به حفرات داشته و یک پیوند مکانیکی محکم بعد از سرد شدن ایجاد شود. در خصوص روسازی بتنی جدید استفاده از لایه آستر پیشنهاد می‌شود.

در فرآیند اجرای خط‌کشی گرم، استفاده از آسترهای اپوکسی دو جزئی برای روسازی‌های بتنی و آسفالت‌های کهنه ضروری، و برای سطوح آسفالت گرم به ویژه زمانی که خط‌کشی به روش‌های اسکریپد و اکستروژن اجرا می‌گردد، توصیه می‌شود.

معمولاً آستر اپوکسی دو جزئی پس از ۱۰ دقیقه از اسپری اولیه در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد به حالت چسبناک در می‌آید. برای دستیابی به چسبندگی مناسب، اجرای دقیق و یکنواخت آستر اولیه اپوکسی دو جزئی (سریع خشک شونده) ضروری است. برای دستیابی به چسبندگی بیشتر، بهتر است قبل از خشک شدن کامل آستر، زمانی که هنوز چسبناک است، خط‌کشی گرم اجرا شود [۳]. چنانچه پوشش کاملاً خشک و یا در حالت مایع (بلافاصله پس از اجرا) باشد، تأثیر آستر در افزایش چسبندگی کاهش خواهد یافت. ضخامت فیلم تر آستر اپوکسی دو جزئی، بر حسب نوع روسازی، تخلخل، عمر راه و درصد جامد آستر، بین ۵۰ تا ۱۳۰ میکرون متغیر است.

#### ۴-۶-۴- در زمان اجرا

شرایط آب و هوایی در زمان اجرا، یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر عملکرد خط‌کشی‌ها می‌باشند. این امر خصوصاً برای مواد حساس به شرایط محیطی از قبیل مواد ترموپلاستیک و نوارهای پیش ساخته بیشتر صادق است.

در زمان اجرا، عوامل زیر باید مورد توجه قرار گیرند:

- دما (هوا و سطح روسازی)

- سرعت باد

- رطوبت (هوا و سطح در زمان اجرا)

هر یک از عوامل فوق می‌تواند بر روی عملکرد مواد خط‌کشی تأثیر گذارد.

دماهای هوا و سطح روسازی مهم هستند، زیرا اکثر مواد خط‌کشی نیاز به یک

دمای حداقل برای خشک شدن یا پخت صحیح دارند. دماهای مورد نیاز برای اعمال

خطوط ترموپلاستیک به صورت زیر است:

• دمای هوا ۱۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد

• دمای سطح روسازی ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد

در دماهای کمتر مواد خط‌کشی پیوند مناسبی با سطح روسازی برقرار نمی‌کنند و

دچار مشکل چسبندگی می‌شوند. در مواقعی که دمای سطح روسازی پائینتر از حد ذکر

شده باشد و اجرای خط‌کشی نیز فوریت داشته باشد می‌توان با ماشین‌آلات خاص سطح

روسازی را تا حدی گرم کرد تا هنگام قرار گرفتن مواد بر روی سطح، دمای آن مناسب

باشد.

- **سرعت باد:** سرعت باد نیز بر طول مدت خشک شدن خط‌کشی تأثیر می‌گذارد،

ولی مهمترین اثر آن بر پخش شدن دانه‌های شیشه‌ای روپاشی است. زیرا

بادهای شدید می‌تواند مانع یکنواختی پخش دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شود.

- **رطوبت (هوا و سطح در زمان اجرا):** رطوبت هوا و سطح روسازی در زمان

اجرا اثر شدیدی بر توانایی برقراری پیوند مواد خط‌کشی با سطح جاده می

گذارد. قبل از اجرای اکثر مواد خط‌کشی باید سطح روسازی از هر گونه

رطوبت سطحی پاک شود تا امکان برقراری پیوند بین مواد و سطح روسازی

بوجود آید. حداکثر رطوبت محیط برای اجرای صحیح خط‌کشی گرم ۸۵

درصد می‌باشد.

## ۴-۶-۱- ضخامت مواد خط‌کشی

ضخامت صحیح مواد خط‌کشی موضوع بسیار مهمی است. اگر ماندگاری و پایداری خط‌کشی تابعی از ضخامت باشد، خط‌کشی‌های ضخیم (۲۳۰۰ الی ۳۲۰۰ میکرون) پایداری بیشتری دارند. اما در عین حال به مواد بیشتری در خط‌کشی‌های ضخیم‌تر نیاز می‌باشد. ضخامت بیشتر همچنین موجب دید بهتر، به ویژه در شبهای بارانی می‌شود، ولی در عین حال با افزایش ضخامت آسیب‌پذیری خط‌کشی در مقابل ماشین‌های برف‌روب بیشتر می‌شود. برای حصول ضخامت‌های پایین با استفاده از اسپری پاشش نتیجه بهتری بدست می‌آید. میزان سایش مواد ترموپلاستیک در شرایط معمولی و متعارف، ۲۵۰ میکرون در سال تخمین زده شده است [۴].

به طور کلی ضخامت مواد ترموپلاستیک باید مطابق داده‌های زیر باشد:

- خطوط اجرا شده به روش اسکرید: ۲۰۰۰ الی ۵۰۰۰ میکرون
- خطوط سفید اجرا شده به روش اسپری: ۱۱۵۰ الی ۲۰۰۰ میکرون
- خطوط زرد اجرا شده به روش اسپری: بیش از ۸۰۰ میکرون
- خطوط اجرا شده به روش اکستروژن: ۲۵۰۰ الی ۳۵۰۰ میکرون

## ۴-۶-۲- حد رواداری قابل قبول

حداکثر حد قابل قبول در عرض خطوط مثبت ۵ درصد تا منفی ۱۰ درصد است.

## ۴-۶-۳- میزان مصرف مواد ترموپلاستیک

معمولاً ۱۳۵۰ کیلوگرم از مواد ترموپلاستیک بلوکی یا گرانولی برای خط‌کشی مسافتی به طول دو کیلومتر با پهنای ۱۵ سانتی‌متر و ضخامت ۲۳۰۰ میکرون، مصرف می‌شود.

در مقیاس کم، تجهیزات دستی خط‌کشی معمولاً دارای یک دیگچه برای مواد مذاب، و یک پاروی دستی هم‌زدن مواد، برای جلوگیری از کلوخه‌ای شدن آنها، می‌باشد. همچنین دستگاه مجهز به یک توپی، یک خروجی و یک مخزن نگهدارنده دانه‌های

شیشه‌ای می‌باشد. در نوع دیگری از طراحی ماشین خط‌کشی، ماشین به یک مخزن سوخت پروپان مجهز می‌باشد. در نوع دیگری، ماشین خط‌کشی مجهز به یک قسمت کمکی گرم کردن مواد بعد از آن که به قسمت توزیع رسیدند، می‌باشد. معمولاً در قسمت بالای خروجی اکسترودر یک گرم‌کن مادون قرمز جهت ثابت نگه داشتن دما تعبیه شده است.

#### ۴-۶-۵- در زمان سرویس دهی

طول عمر مفید و کارایی کلیه خط‌کشی‌ها به شرایط سرویس دهی و نگهداری آنها وابسته است. حجم ترافیک زیاد، زبری بیش از حد سطح روسازی، شرایط جوی نامناسب، استفاده از زنجیر چرخ و تعدد وسایل نقلیه سنگین در کاهش طول عمر خط‌کشی تأثیر بسزایی دارند. دستیابی به حداکثر کارایی در شرایطی که چند عامل کاهش دهنده طول عمر خط‌کشی موجودند، معمولاً میسر نیست.

#### ۴-۶-۵-۱- نحوه ارزیابی میزان تخریب خط‌کشی

آزمونهای آزمایشگاهی نشان می‌دهند که چنانچه چسبندگی مواد ترموپلاستیک به سطح روسازی از استحکام خوبی برخوردار باشد، تأثیر ماشین آلات برف‌روب در تخریب علائم خط‌کشی جزئی است. از بین رفتن و جدا شدن علائم در نواحی پر برف، احتمالاً بخاطر تکرار سیکل یخ زدگی و ذوب شدن آب در بین منافذ و حفرات خط‌کشی می‌باشد. در هر حال، به علت چسبندگی ضعیف‌تر خرابی‌های خط‌کشی گرم روی روسازی‌های بتنی در زمستان بیش از خرابی‌های خط‌کشی روی روسازی‌های آسفالتی است. مواد ترموپلاستیک در مقابل مواد شیمیایی، شن و گرد و خاک مقاوم و غیر قابل نفوذ هستند. در جدول ۴-۹ درصد پیشنهادی از مقدار باقی مانده مواد خط‌کشی برای ضمانت قرارداد تعیین شده است. این نتایج بر اساس خط‌کشی انجام شده به روش اکستروژن مذاب با ضخامت ۲۳۰۰ الی ۳۲۰۰ میکرون بدست آمده است.

جدول ۴-۹: ضمانت حداقل مقدار باقیمانده مواد خط‌کشی گرم [۳]

حداقل مقدار باقیمانده (درصد)		زمان مورد توافق
خط‌کشی تقاطع‌ها	خط‌کشی‌های طولی	
۹۰	۹۰	۱۲ ماه
۷۵	۸۰	۲۴ ماه
۵۰	۶۰	۳۶ ماه

در جدول ۴-۱۰، نحوه ارزیابی خرابی‌های مختلفی که در اثر جدا شدن قسمت‌های مختلف یک خط‌کشی گرم بوجود آید، شرح داده شده است و در شکل‌های ۴-۱ الی ۴-۴ برخی از تصاویر خرابی‌های خط‌کشی‌های گرم نشان داده شده است. درصد مواد ترموپلاستیک باقیمانده طبق رابطه ۴-۱ تعیین می‌شود.

(۴-۱)

$$\text{درصد مواد ترموپلاستیک باقیمانده} = \frac{\text{مقدار خط‌کشی از بین رفته} - \text{مقدار خط‌کشی اولیه}}{\text{مقدار خط‌کشی اولیه}} \times 100$$

پایان عمر مفید مواد خط‌کشی را می‌توان زمانی دانست که مواد خط‌کشی به گونه‌ای تخریب شده که دید مناسبی برای رانندگان نداشته باشند. لذا بر این اساس، کارایی خط‌کشی (که از چند هفته تا چند سال پس از خط‌کشی متغیر است) تعیین کننده زمان خط‌کشی مجدد می‌باشد.

از آنجایی که قابلیت رویت خط‌کشیِ روسازی در شب بحرانی است، پایان عمر مفید خط‌کشی معمولاً بر اساس کاهش میزان دید خط‌کشی‌ها در شب (کاهش بازتاب نور برگشتی) تعیین می‌شود. عملکرد دید در شب با معیار حداقل درخشندگی که رانندگان برای ایمنی نیاز دارند، تعیین می‌شود. میزان سایش و مقدار کاهش خاصیت بازتابش نور برگشتی متداول‌ترین معیارها برای تعیین طول عمر سرویس‌دهی هستند. اندازه‌گیری ضخامت باقیمانده یا درصد نواحی باقیمانده نیز دیگر معیارها برای تعیین طول عمر هستند.

جدول ۴-۱۰: نحوه ارزیابی خرابی‌های مختلفی که در اثر جدا شدن قسمت‌های مختلف یک خط‌کشی گرم [۳]

توصیف	تصویر
<p>● خرابی لبه خط‌کشی: از بین رفتن از یک لبه از خط‌کشی که بطور کامل در کل خط‌کشی ادامه نمی‌یابد. ناحیه از بین رفته برابر است با نیمی از پهنای اولیه خط‌کشی منهای حداقل پهنای باقیمانده در ناحیه از بین رفته (شکل ۴-۱).</p>	<p>شکل ۴-۱: نحوه محاسبه خرابی لبه‌های خط‌کشی گرم</p> $L_1 = 1/2(W-R)L_L = \text{خرابی لبه}$
<p>● خرابی گوشه‌های خط‌کشی: هر نوع از بین رفتن مواد ترموپلاستیک که در دو انتها رخ دهد. این خرابی با تعیین طول خرابی در محور مرکزی، ضربدر پهنای اولیه ارزیابی می‌شود (شکل ۴-۲).</p>	<p>شکل ۴-۲: نحوه محاسبه خرابی گوشه‌های خط‌کشی گرم</p> $L_2 = (L \times W) - (L_R \times W) = \text{از بین رفتن مواد ترموپلاستیک در گوشه‌ها}$
<p>● از بین رفتن مواد در مرکز خط‌کشی: به هر گونه نقصی اتلاق می‌شود که جدا شدن کل خط‌کشی بین دو عرض ادامه پیدا می‌کند. خرابی به عنوان طول نقصان در طول خط مرکزی ضربدر عرض اسمی اندازه‌گیری می‌شود (شکل ۴-۳).</p>	<p>شکل ۴-۳: نحوه محاسبه خرابی قسمت مرکزی خط‌کشی گرم</p> $L_3 = L \times W = \text{از بین رفتن ترموپلاستیک در مرکز}$
<p>● خرابی داخلی: نقص‌هایی در قسمت داخلی و مرکزی خط‌کشی‌های ترموپلاستیکی می‌باشد. مساحت نقص به عنوان طول قسمت جدا شده ضربدر عرض اندازه‌گیری شده در جهت عمود بر آن (شکل ۴-۴).</p>	<p>شکل ۴-۴: نحوه محاسبه خرابی قسمت داخلی خط‌کشی گرم</p> $L_4 = L_L \times W_L = \text{از بین رفتن ترموپلاستیک در داخل خط‌کشی}$
<p>● درصد باقی مانده مواد خط‌کشی</p>	<p>مجموع از بین رفتن در خط‌کشی <math>= L_1 + L_2 + L_3 + L_4</math></p> $\text{درصد باقیمانده} = \frac{\text{نقصان کلی} - \text{مساحت}}{\text{اسمی}} \times 100$

به عنوان مثال زمانی که ضخامت علائم خط‌کشی کمتر از ۲۵۰ الی ۳۸۰ میکرون شود، کارایی خط‌کشی از بین می‌رود.

#### ۴-۶-۵-۲- ارزیابی فرسایش

برای تعیین میزان فرسایش خطوط اجرا شده با رنگ گرم از روش شرح داده شده در بند ۳-۶-۳-۳ استفاده می‌شود. حداکثر اندیس فرسایش قابل قبول برای رنگ گرم ۳۵ می‌باشد و در صورتی که اندیس فرسایش بیش از این حد گردد، باید خط‌کشی تجدید گردد.

#### ۴-۶-۵-۳- فاکتور روشنایی

حداقل فاکتور روشنایی ( $\beta$ ) بر اساس ضمیمه C از استاندارد EN 1436 تعیین می‌گردد [۹].  $\beta$  خطوط چنانچه در جدول ۴-۱۱ مشاهده می‌شود، در بدترین شرایط محیطی نباید برای خطوط سفید در شرایط جاده خشک از ۰/۳۰ (دسته B2) کمتر شود.

جدول ۴-۱۱: حدود استاندارد فاکتور روشنایی [۹]

فام خط‌کشی	نوع روسازی	دسته بندی	حداقل فاکتور روشنایی $\beta$
سفید	آسفالت	B0	نیازی به اندازه‌گیری $\beta$ نمی‌باشد *
		B2	$\beta$ بزرگتر یا مساوی ۰/۳۰
		B3	$\beta$ بزرگتر یا مساوی ۰/۴۰
		B4	$\beta$ بزرگتر یا مساوی ۰/۵۰
		B5	$\beta$ بزرگتر یا مساوی ۰/۶۰
سفید	بتنی	B0	نیازی به اندازه‌گیری $\beta$ نمی‌باشد *
		B3	$\beta$ بزرگتر یا مساوی ۰/۴۰
		B4	$\beta$ بزرگتر یا مساوی ۰/۵۰
		B5	$\beta$ بزرگتر یا مساوی ۰/۶۰
زرد		B0	نیازی به اندازه‌گیری $\beta$ نمی‌باشد *
		B1	$\beta$ بزرگتر یا مساوی ۰/۲۰
		B2	$\beta$ بزرگتر یا مساوی ۰/۳۰
		B3	$\beta$ بزرگتر یا مساوی ۰/۴۰

بدیهی است که حداقل دسته قابل قبول برای شرایط نامناسب محیطی بر روی آسفالت و برای فام سفید B2 است.

\* دسته B0 زمانی در نظر گرفته می‌شود که قابلیت دید در نور روز از طریق اندازه‌گیری Qd اندازه‌گیری شده و در

حد قابل قبول است.

## ۴-۶-۵-۴- فام و محورهای رنگی

اندازه‌گیری فام رنگی خطوط از طریق اندازه‌گیری محورهای رنگی استاندارد که توسط CIE تعریف شده‌اند و با استفاده از ضمیمه C استاندارد EN 1436 انجام می‌گیرد [۹]. مقدار هر یک از محورهای رنگی قابل قبول مربوط به چهار گوشه نمونه مورد اندازه‌گیری برای فامهای سفید و زرد، در جدول ۴-۱۲ آورده شده است.

جدول ۴-۱۲: نتایج قابل قبول آزمون اندازه‌گیری فام خط کشی گرم [۸]

۴	۳	۲	۱	فام خط کشی	
۰/۳۳۵	۰/۲۸۵	۰/۳۰۵	۰/۳۵۵	x	سفید
۰/۳۷۵	۰/۳۲۵	۰/۳۰۵	۰/۳۵۵	y	
۰/۳۸۹	۰/۴۶۵	۰/۵۴۵	۰/۴۴۳	x	زرد
۰/۴۳۱	۰/۵۳۵	۰/۴۵۵	۰/۳۹۹	y	



#### ۴-۶-۵-۵- بازتاب نور برگشتی تحت نور پراکنده ( $Q_d$ )

بازتاب نور برگشتی همواره مهمترین فاکتور برای تعیین طول عمر خط‌کشی و میزان کارایی آن است. در مناطق شهری یا مسیرهایی که نور جاده در وضعیت مناسبی است، برای اینکه خط‌کشی‌ها بخصوص در مواقع بارندگی به خوبی رویت شوند، بهتر است میزان بازتاب نور برگشتی نور پراکنده ( $Q_d$ ) خط‌کشی افزایش یابد. اما در مواردی که نور جاده برای رویت خطوط به هنگام شب مناسب نیست، اولویت با افزایش بازتاب نور برگشتی ( $R_L$ ) خطوط است. بازتاب نور برگشتی تحت نور پراکنده نشان دهنده میزان روشنایی خطوط در نور روز یا در زیر چراغ در شب است که به چشم راننده می‌رسد. این فاکتور به صورت  $Q_d$  نمایش داده شده و بر اساس ضمیمه A از استاندارد EN 1436 در شرایط خشک اندازه‌گیری شده و بر حسب  $\text{mcd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$  ارائه می‌شود. میزان نتایج قابل قبول را برای انواع روسازی و فام‌های مختلف باید مطابق با جدول ۲-۱۵ در فصل دوم، صفحه ۲-۲۶ باشد [۹].

حداقل مقدار  $Q_d$  قابل قبول برای خط‌کشی گرم با فام سفید  $130 \text{mcd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$  و برای فام زرد  $100 \text{mcd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$  می‌باشد.

#### ۴-۶-۵-۶- بازتاب نور برگشتی در شب و تحت نور چراغ خودرو ( $R_L$ )

مهمترین فاکتور تعیین‌کننده میزان کارایی خط‌کشی یک جاده، میزان روشنایی یا درخشندگی است در شب است. این عامل با بازتاب نور برگشتی در شب یا  $R_L$  نمایش داده شده و بر حسب  $\text{mcd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$  بیان می‌گردد.  $R_L$  را می‌توان بر اساس ضمیمه B از استاندارد EN 1436 تعیین کرد. از آنجا که شرایط رطوبت محیط تأثیر بسیار زیادی بر فاکتور فوق دارد و در اثر پوشیده شدن سطح خط‌کشی با لایه‌ای از آب، میزان بازتابش آن کاهش می‌یابد، در استاندارد فوق مقادیر قابل قبول  $R_L$  برای سه شرایط محیطی خشک، رطوبت و بارانی مطابق با جدول‌های ۲-۱۲ الی ۲-۱۴ در فصل دوم صفحه ۲-۲۵ باشند، ارائه شده است [۹].

حداقل  $R_L$  قابل قبول برای فام سفید در شرایط خشک  $1 \text{ lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mcd}^{-1}$  (دسته ۳۰۰) و  $R5$ ، برای فام زرد در شرایط خشک  $1 \text{ lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mcd}^{-1}$  (دسته ۲۰۰)، برای هر دو فام زرد و سفید در شرایط مرطوب  $1 \text{ lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mcd}^{-1}$  (دسته RR3) و در شرایط بارانی نیز  $1 \text{ lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mcd}^{-1}$  (دسته RR3) می باشد.

#### ۷-۵-۶-۴- مقاومت در برابر سُر خوردگی

مقاومت در برابر سُر خوردگی خط کشی ی گرم بر اساس روش شرح داده شده در ضمیمه D از استاندارد EN 1436 اندازه گیری و بر اساس واحد SRT بیان می گردد. طبق مقادیر درج شده در جدول ۴-۱۳، مقاومت در برابر سُر خوردگی در بدترین شرایط محیطی نباید کمتر از SRT ۴۵ (دسته S1) شود [۹].

جدول ۴-۱۳: دسته بندی نتایج مربوط به مقاومت در برابر سر خوردگی

حداقل میزان بر حسب SRT	دسته
زیر حد استاندارد	S0
$SRT > 45$	S1
$SRT > 50$	S2
$SRT > 55$	S3
$SRT > 60$	S4
$SRT > 65$	S5

#### ۸-۵-۶-۴- نحوه تعیین طول عمر خط کشی

برای تعیین طول عمر مفید خط کشی و تعیین زمانی که خط کشی باید تجدید شود از بندهای ۳-۶-۳ الی ۳-۶-۷ مربوط به رنگ سرد استفاده می شود. پایان طول عمر مفید خط کشی زمانی است که فاکتور کلی ارزش به عدد چهار برسد، و یا زمانی که هر یک از فاکتورهای کارایی (ظاهر، دوام و یا بازتابش نور برگشتی) از لحاظ درجه بندی به عدد سه برسد.

#### ۴-۷- عیوب موجود در خط‌کشی و روش‌های برطرف کردن آنها

چنانچه مواد ترموپلاستیک به طور صحیح فرموله شده باشند و با روش صحیحی نیز اجرا گردند، بسته به حجم ترافیک عبوری، به مدت ۳ تا ۵ سال دوام خواهند داشت. مواد ترموپلاستیک به متغیرهای اجرای بسیار حساس بوده و کنترل کیفی دقیق در حین اجرا آنها ضروری است. به طور خلاصه عوامل اساسی که بر دوام، عملکرد و بازتاب نور برگشتی خط‌کشی‌های گرم تاثیر می‌گذارند، عبارتند از:

- ترکیب مواد
- فرآیند اجرا
- شرایط محیطی
- نوع روسازی و وضعیت آسفالت جاده
- ترافیک

استفاده از مواد خط‌کشی بادوام، از قبیل ترموپلاستیک‌ها، بر روی جاده‌های با حجم ترافیک بالا توصیه می‌شود، زیرا با استفاده از این مواد نیاز به دوره‌های خط‌کشی مجدد کمتر می‌شود و در نتیجه تعداد کارگران مورد نیاز و اختلال در ترافیک کاهش می‌یابد. هر چند، بر روی جاده‌هایی با حجم ترافیک بسیار پایین، مواد کم دوام با هزینه بسیار کمتر عملکرد قابل قبولی در قیاس با مواد بادوام دارند.

یکی از نقاط ضعف مواد ترموپلاستیک، حساسیت آنها به تغییرات محیطی است. این امر خصوصاً در مورد مواد ترموپلاستیک الکیدی به میزان گسترده‌ای مشاهده می‌شود. به عبارت دیگر، رطوبت سطح و دمای هوا دو عامل تاثیرگذار بر دوام طولانی مدت خط‌کشی‌های گرم می‌باشند.

پیوند مواد ترموپلاستیک با سطح روسازی در معرض رطوبت تضعیف می‌شود. بنابراین مواد ترموپلاستیک بهترین گزینه برای خط‌کشی مناطق با رطوبت بسیار بالا یا در معرض تشکیل شبنم قبل و در طی اجرای خط‌کشی در شب هستند، نمی‌باشد. همچنین اگر در زمان اجرای خط‌کشی، دمای سطح روسازی از ۱۰ درجه سانتیگراد و دمای هوای از

۱۳ درجه سانتیگراد کمتر باشد، ترموپلاستیکها عملکرد مناسبی ندارند. در نواحی ای که عموماً از برف روبها استفاده می‌شود، رنگ سرد استاندارد از مواد ترموپلاستیک عملکرد بهتری دارد.

مجدداً تاکید می‌شود که برای ایجاد پیوندی قوی بین خط‌کشی‌های گرم و سطح روسازی، تمیز و خشک بودن سطح روسازی ضروری است. در صورت استفاده از آستر، باید زمان پخت صحیح (تا ایجاد چسبندگی مناسب) قبل از اجرای خط‌کشی رعایت شود. امروزه وسایل مخصوص گرم‌کننده سطح روسازی به بازار عرضه شده‌اند که برای برداشتن رطوبت سطح روسازی و ارزیابی دمای سطح روسازی مؤثر هستند و امکان ایجاد پیوند بهتر مواد ترموپلاستیک با سطح روسازی را میسر می‌سازند. برخی از پارامترهایی که در خط‌کشی‌های گرم باید کنترل شود، در جدول ۴-۱۴ آورده شده است. همچنین در جدول ۴-۱۵ مشکلات و دلایل بروز آنها در اجرای خط‌کشی‌های گرم، تشریح شده است.

در زمانی که خط‌کشی گرم به روش اسکرید یا اکستروژن با ضخامت حدود ۳۰۰۰ میکرون اجرا می‌شود، چنانچه پس از مدت کوتاهی (کوتاه‌تر از عمر مفید) خط‌کشی انعکاس نوری مورد انتظار خود را از دست داده و نیاز به تجدید داشته باشد، در این صورت ترمیم خط‌کشی، به روش اسکرید یا اکستروژن توصیه نمی‌شود، زیرا تجدید خط‌کشی به روش‌های فوق باعث انحراف از حداکثر ضخامت خط‌کشی قابل قبول (۶۰۰۰ میکرون) می‌گردد. در این گونه مواقع پیشنهاد می‌شود که پس از تمیز کردن سطح خط‌کشی، لایه نازکی رنگ گرم به ضخامت ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ میکرون به روش اسپری داغ روی خط‌کشی‌های موجود اجرا گردد.

در بسیاری از مواقع خط‌کشی‌های طرح‌دار (شیاری) حاشیه راه دچار خسارت‌های موضعی (نقص در چسبندگی) می‌شوند. در این گونه موارد توصیه می‌گردد بر حسب میزان خسارت خط‌کشی، مناطق آسیب دیده به روش مناسبی (سندبلاست یا حرارتی) برطرف شده و خط‌کشی شیاری به صورت مقطعی انجام می‌گیرد.

جدول ۴-۱۴: پارامترهای قابل کنترل در خط‌کشی‌های گرم [۱۶]

تصویر	پارامترهای قابل کنترل
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ضخامت</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• طول و پهنای خط‌کشی</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• کم یا زیاد بودن و نایکنواختی دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شده</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• نقص در چسبندگی</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• انحراف در خطوط: چنانچه توسط مهندس راه‌انحراف در خط‌کشی تشخیص داده شود، پیمانکار موظف به برداشتن خط‌کشی‌های قبلی و اجرای مجدد خط‌کشی بدون دریافت هزینه اضافی می‌باشد.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• وجود حفره در خطوط</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• وجود فضای خالی و فاصله در خطوط یا وجود گوشه‌های نامنظم</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• زبری و نایکنواختی سطح خط‌کشی</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ریزش بیش از حد مواد خط‌کشی در فواصل بین خط‌کشی‌ها</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تورم یا پهنای بیش از حد خطوط</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• آلودگی (پخش شدن) مواد در گوشه‌ها</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• خطوط موج‌دار</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• خط‌کشی‌های سوخته یا رنگ پریده</li> </ul>

جدول ۴-۱۵: عیوب و دلایل بروز آنها در اجرای خط‌کشی گرم [۱۴]

عیوب	دلایل
جدا شدن مواد خط‌کشی از سطح روسازی	❖ تمیز نبودن سطح جاده
	❖ پایین بودن دمای سطح و هوا
	❖ وجود رطوبت در روسازی
	❖ نقص مواد (نقص در فرمولاسیون مواد ترموپلاستیک)
	❖ بالا بودن بیش از حد سرعت خط‌کشی
وجود حباب‌های هوا در لایه خط‌کشی	❖ رطوبت در روسازی
	❖ بیش از حد حرارت دیدن مواد
جاری شدن خط (یعنی مشخص نبودن لبه‌ها)، خط با گوشه‌های زیاد	❖ تنظیم نبودن ویسکوزیته مواد
	❖ وسیع بودن دهانه اکسترودر
	❖ ناهم‌واری بیش از حد سطح جاده
	❖ فشار بسیار زیاد پاشش
وجود ترک در خط‌کشی	❖ تنش دمایی ناشی از حرارت‌دهی بیش از حد
	❖ دماهای پایین مواد خط‌کشی
	❖ ضخامت کم خط‌کشی
زبری در سطح خط یا گوشه‌های خرد شده	❖ پائین بودن بیش از حد دمای مواد خط‌کشی
	❖ سوختن مواد
	❖ رطوبت در روسازی
	❖ تمیز نبودن سطح روسازی
کم بودن و یا کاهش بازتاب نور برگشتی	❖ غیر کافی بودن دانه‌های شیشه‌ای
	❖ عمیق فرو رفتن دانه‌های شیشه‌ای در خط‌کشی
	❖ مسدود بودن نازل خروجی پیستوله پاشنده دانه‌های شیشه‌ای

ادامه جدول ۴-۱۵: عیوب و دلایل بروز آنها در اجرای خط‌کشی گرم

عیوب	دلایل
صاف بودن خط با کمی فرورفتگی	❖ کمبود بیش از حد دانه‌های شیشه‌ای
	❖ فاصله بیش از حد پیستوله پاشش دانه‌های شیشه‌ای به سطح روسازی
حفره‌دار بودن خط‌کشی	❖ کنده شدن دانه‌های شیشه‌ای
	❖ سرد شدن بیش از حد مواد
	❖ نصب نادرست مکان پیستوله دانه‌پاش
	❖ چسبندگی ضعیف دانه‌های شیشه‌ای به مواد
تغییر فام خط‌کشی به سبز مایل به زرد (نشانه‌ای از شکنندگی و کاهش عمر مفید خط‌کشی)	❖ سوختن مواد
	❖ طولانی بودن زمان حرارت‌دهی مجدد مواد
	❖ تمیز نبودن ظرف اجرا
ترشح مواد <sup>۱</sup>	❖ داغی یا سردی بیش از حد مواد
وجود برآمدگی در خط‌کشی	❖ مواد در دمای بسیار بالا یا دمای پایین حرارت داده شده‌اند.
	❖ سوختن مواد
کدری یا تیرگی فام سفید (زرد کدر) (شکنندگی و کاهش عمر مفید خط‌کشی)	❖ طولانی بودن زمان حرارت‌دهی مواد یا تمیز نبودن تجهیزات اجرا
	❖ قبل از افزودن مواد ترموپلاستیک با فام سفید، مخزن مواد مذاب به طور کامل از مواد با فام زرد پاک نشده است.
	❖ مقدار دانه‌های شیشه‌ای در خط‌کشی بسیار زیاد است، در نتیجه چسبندگی دانه‌ها به مواد ضعیف می‌باشد.

1- Splattering

ادامه جدول ۴-۱۵: عیوب و دلایل بروز آنها در اجرای خط‌کشی گرم

عیوب	دلایل
	❖ مواد خط‌کشی قبل از اجرا بیش از اندازه خنک شده‌اند
	❖ فاصله پیستوله پاشش دانه‌های شیشه‌ای از سطح خط‌کشی بسیار زیاد است.
وجود حفره در خط‌کشی (کاهش استحکام خط‌کشی)	❖ حبس رطوبت، پرایمر و هوا در لایه خط‌کشی
موج‌دار، سفت و ضخیم بودن خط‌کشی (کاهش استحکام خط‌کشی)	❖ نیم سوز شدن مواد خط‌کشی (حرارت دهی بیش از حد مواد)
	❖ عدم اختلاط مناسب پیگمنت‌ها، فیلر
کشیدگی یا جمع شدگی خط‌کشی	❖ سرد بودن مواد خط‌کشی در هنگام اجرا
	❖ اجرای سریع خط‌کشی
ایجاد رد و فضای خالی در خط‌کشی	❖ ضعیف بودن استحکام پیوند یا وجود گرفتگی دهانه اکسترودر دهانه با ذرات سنگریزه در طول خط‌کشی
مشخص نبودن حد آغازین و پایانی خط‌کشی (ظاهر نامناسب خط‌کشی)	❖ تیز نبودن تیغه قطع کننده
	❖ در اثر تنظیم نادرست اپلیکاتور
ریزش بیش از حد مواد در فاصله خط‌کشی‌ها	❖ تنظیم نبودن اپلیکاتور
ماندن رد لاستیک روی خط‌کشی	❖ کافی نبودن مقدار دانه‌های شیشه‌ای
	❖ نقص در فرمولاسیون مواد
	❖ باز شدن ترافیک قبل از سخت شدن کامل مواد



ادامه جدول ۴-۱۵: عیوب و دلایل بروز آنها در اجرای خط‌کشی گرم

مشکلات خط‌کشی گرم روی آسفالت‌های سطحی تثبیت نشده (پخت نشده)	
عیوب	دلایل
وجود لکه‌های آسفالت بر روی خط‌کشی	❖ گرمای زیاد مواد مذاب ترموپلاستیک اسپری شده روی رویه سطحی آسفالت امولسیون شده، می‌تواند باعث جوش آمدن امولسیون بر روی سطح خط‌کشی شود
پوشیده شدن خط‌کشی با آسفالت	❖ نفوذ و اثر آسفالت کاملاً پخت نشده به سطح مواد خط‌کشی
لکه‌گیری آسفالت	❖ نفوذ آسفالت کاملاً پخت نشده به سطح خط‌کشی و یا وجود قیر آزاد در سطح راه

چنانچه خط‌کشی گرم اجرا شده به روش اسکرید یا اکستروژن با ضخامت حدود ۳۰۰۰ میکرون، پس از مدتی کوتاه‌تر از عمر مفید، انعکاس نوری مورد انتظار خود را از دست دهد و نیاز به تجدید داشته باشد، ترمیم خط‌کشی به روش اسکرید یا اکستروژن توصیه نمی‌شود. زیرا تجدید خط‌کشی به روش‌های فوق باعث انحراف از حداکثر ضخامت قابل قبول (۶۰۰۰ میکرون) می‌گردد. در این گونه مواقع پیشنهاد می‌شود که پس از تمیز کردن سطح خط‌کشی، لایه نازکی از رنگ گرم به ضخامت ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ میکرون به روش اسپری داغ روی خط‌کشی‌های موجود اجرا شود.

#### ۴-۸- نحوه و درصد مصرف دانه‌های شیشه‌ای

دانه‌های شیشه‌ای هم به صورت پیش مخلوط و هم به صورت روپاشی برای ایجاد قابلیت بازتاب نور برگشتی در خط‌کشی‌های گرم به کار می‌روند.

مصرف دانه‌های شیشه‌ای در اجرای خط‌کشی‌ی ترافیکی به یکی از روش‌ی زیر

می‌باشد.

**نوع A:** اسپری کردن مواد همراه با دانه‌های شیشه‌ای یا اگریگیت‌ها،

اگریگیت‌ها که با نام مواد گوشه دار<sup>۱</sup> نیز شناخته شده‌اند، موادی با شکل هندسی نامنظم و گوشه‌دار هستند که بر رو یا داخل مواد خط‌کشی به کار می‌روند تا مقاومت در برابر سرخوردگی را در شرایط کاربردی مختلف بهبود بخشند. شن‌ی سیلیکا<sup>۲</sup>، کلسیت، کوارتز، و سنگریزه‌ی آهکی<sup>۳</sup> جزو این دسته از مواد محسوب می‌شوند.

**نوع B:** اسپری کردن مواد بدون دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط یا اگریگیت‌ها و

سپس اجرای دانه‌های شیشه‌ای روپاشی و اگریگیت‌ها، بلافاصله پس از اجرای خط‌کشی،

**نوع C:** اجرای خط‌کشی به روش اکستروژن یا اسکرید مواد همراه با دانه‌های

شیشه‌ای پیش مخلوط و اجرای دانه‌های شیشه‌ای روپاشی بلافاصله پس از اجرای خط‌کشی.

#### ۴-۸-۱- دانه‌های شیشه‌ای درون مخلوط شده

دانه‌های شیشه‌ای درون مخلوط شده بدون پوشش باید تمیز، شفاف، بدون رنگ و

عاری از هرگونه حباب هوا باشند. سطح دانه‌های شیشه‌ای نباید دارای خراشیدگی و یا

سائیدگی باشد. دانه‌های شیشه‌ای درون مخلوط شده باید شرایط مندرج در استاندارد

AASHTO M247 Type 1 را دارا باشند [۱۷].

- گردی دانه‌های شیشه‌ای: میزان گردی دانه‌های شیشه‌ای نباید کمتر از ۷۰ درصد باشد.

- دانه‌بندی: طبقه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای با استفاده از الک‌های استاندارد امریکایی باید مطابق با جدول ۴-۱۶ باشد.

1- Angular Material

2- Silica Sand

3- Calcined Flint

- ضریب شکست: ضریب شکست دانه‌های شیشه‌ای چنانچه با روش غوطه‌وری در مایع در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد تعیین شود، باید حداقل  $1/65$  باشد.

جدول ۴-۱۶: مشخصات طبقه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط شونده مصرفی در رنگ گرم

شماره الک	اندازه (میکرون)	میزان درصد وزن عبوری
۱۸	۱۰۰۰	۱۰۰-۸۰
۵۰	۳۰۰	۵۰-۲۰
۸۰	۱۸۰	۱۰-۰

#### ۴-۸-۲- مشخصات دانه‌های شیشه‌ای روپاشی

دانه‌های شیشه‌ای روپاشی باید از موادی تهیه شده باشند که مقاومت بسیار زیادی در مقابل سایش ناشی از عبور ترافیک دارند. شکل دانه‌های شیشه‌ای باید کروی باشد و بیش از ۳۰ درصد از آنها را دانه‌های بی‌قاعده تشکیل ندهند. همچنین دانه‌های شیشه‌ای باید عاری از هرگونه دانه‌های زاویه‌دار، شیری شکل و دانه‌های سائیده شده باشند. دانه‌های شیشه‌ای روپاشی، باید خصوصیات مندرج در استاندارد AASHTO M247 Type 1 را لحاظ نمایند [۴].

- دانه‌بندی: مطابق با روش آزمون ASTM D 1214 و با استفاده از الک‌های استاندارد امریکایی طبقه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای، باید مطابق با جدول ۴-۱۷ باشد.

جدول ۴-۱۷: مشخصات طبقه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده مصرفی در رنگ گرم

شماره الک	اندازه (میکرون)	میزان درصد باقیمانده
۲۰	۸۵۰	صفر
۳۰	۶۰۰	۵-۰
۵۰	۳۰۰	۲۰-۵
۸۰	۱۸۰	۸۰-۴۰
۱۰۰	۱۵۰	۴۰-۱۰

- ضریب شکست: ضریب شکست دانه‌های شیشه‌ای چنانچه با روش غوطه‌وری در مایع در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد تعیین شود، باید در محدوده ۱/۵ الی ۱/۶ باشد.
  - خصوصیات ضد رطوبتی: دانه‌های شیشه‌ای مصرفی نباید هیچ‌گونه تمایلی به جذب رطوبت و خوشه‌ای شدن در زمان انبارداری داشته باشند. همچنین در زمان اجرا نیز جریان‌پذیری خوبی در هنگام خروج از تجهیزات توزیع‌کننده داشته باشند [۱۶].
- حداقل میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای درون مخلوط برابر ۲۰ درصد وزنی کل خط‌کشی و حداقل میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای روپاشی برابر ۴۰۰ گرم بر متر مکعب خط‌کشی می‌باشد.

## ۴-۹- مراجع

- 1- EN 1871: 2000, "**Road Marking Materials- Physical Properties**."
- 2- **BS 3262-part 1(1995), part 2(1999), part 3(1998) : "Hot-Applied Thermoplastic Road Marking Materials"**.
- 3- J. Migletz, J. k. Fish and J. L. Graham, "**Roadway delineation Practices Handbook**". Office of Safety and Office of Technology Applications, Federal Highway Administration, FHWA-SA-93-001, August 1994.
- 4- Carlos A. Lopez, P.E., "**Pavement Marking Handbook**", Copyright © 2004 by Texas Department of Transportation
- 5- "**Standard Specification for White and Yellow Reflective Thermoplastic Striping Material (Solid Form)**": AASHTO Designation: M 249-98 (2003).
- 6- "**Standard Specification for Glass Beads Used in Traffic Paints**": AASHTO Designation: M 247-05, 1996
- 7- ASTM D 153:2003: "**Test Method for Specific Gravity of Pigments**".
- 8- ISO 4892-2:1994: "**Plastics - Methods of Exposure to Laboratory Light sources - Part 2: Xenon-Arc Sources**"
- 9- EN 1436: 2003: "**Road Marking Materials-Road Marking Performance for Road Users**".
- 10- ASTM D 4796-88: "**Test Method for Bond Strength of Thermoplastic Traffic Marking Materials**".
- 11- "**Standard Method of Test for Thermoplastic Traffic Line Material**" AASHTO Designation: T 250-05.
- 12- ASTM E313-05: "**Standard Practice for Calculating Yellowness and Whiteness Indices from Instrumentally Measured Color Coordinates**".
- 13- ASTM D2794-93(2004): "**Standard Test Method for Resistance of Organic Coatings to the Effects of Rapid Deformation (Impact)**"

---

- استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷۵۷، "ویژگیها و روشهای آزمون رنگ ترافیک- ترموپلاستیک گرم"، ۱۳۷۵

15- EN 1824:2003: "**Road Marking Materials - Road Trials**".

16- Division II, "**Construction and Material Specifications Streets**", Section 2300 Incidental Construction, Approved and Adopted this 18<sup>th</sup> day of December, 2002.



## فصل پنجم

### رنگ‌های دوجزئی

#### ۵-۱- تعریف

علاوه بر رنگ‌های سرد معمولی، مواد ترموپلاستیک و نوارهای پیش ساخته، از مواد دو جزئی نیز برای خط‌کشی جاده‌ها استفاده می‌شود. کاربرد این رنگ‌ها در کشور در مرحله تحقیقاتی است و بجز رنگ پلاستیک سرد بر پایه پلی متیل متاکریلات، سایر موارد هنوز کاربرد عملی چندانی پیدا نکرده‌اند.

بطور کلی رنگ‌های ترافیکی دو جزئی، مواد مایعی هستند که از دو جزء اصلی "رزین" و "عامل پخت" تشکیل شده‌اند و از لحاظ ماهیت و نحوه اجرا، (بر اساس استاندارد EN 1871)، به گروه رنگ‌های سرد تعلق دارند [۱]. رنگ‌های دو جزئی عمدتاً توسط سیستم پاشش اسپری بر سطح جاده اجرا می‌شوند. از جمله تفاوت‌های عمده رنگ‌های دو جزئی با رنگ سرد معمولی نیاز به تجهیزات خاص برای اجرا می‌باشد، بدین معنی که سیستم‌های پاشش رنگ‌های دو جزئی مجهز به دو ورودی مواد می‌باشد و اختلاط اجزاء با یکدیگر در دهانه پیستوله پاشش صورت می‌گیرد. پس از اجرای مواد، فیلم پیوسته و جامد با انجام فرآیندهای شیمیایی تشکیل می‌شود.

رزین‌های مصرفی مواد خط‌کشی دو جزئی به دو نوع ترموست و ترموپلاست تقسیم می‌شوند. عمده‌ترین رزین‌های دو جزئی ترموست مرد مصرف در خط‌کشی راه‌ها به



ترتیب عبارتند از: رزین‌های: اپوکسی، پلی‌استر، پلی‌اوره و پلی‌یورتان. رزین‌های پلی‌متیل متاکریلات یا "پلاستیک سرد" به گروه ترموپلاست‌ها تعلق دارند. این گونه مواد در اثر حرارت مجدداً ذوب شده و پس از سرد شدن جامد و سخت می‌شوند.

پیگمنت‌های عمده مصرفی در رنگ‌های دو جزئی مانند دیگر سیستم‌های رنگ سرد بوده و در هنگام ساخت رنگ در جزء حاوی رزین پخش شده و وظیفه ایجاد فام رنگی و خاصیت پشت‌پوشی را برعهده دارند. عمده پیگمنت‌های مصرفی در رنگ‌های دو جزئی عبارتند از: دی‌اکسید تیتان برای ایجاد فام سفید و کرومات سرب برای ایجاد فام زرد. به دلیل خطرات زیست محیطی ترکیبات کرومات، در سالیان اخیر از پیگمنت‌های زرد آلی به عنوان پیگمنت جایگزین در رنگ‌های ترافیک استفاده می‌شود. البته پیگمنت‌های زرد آلی هم در اثر تابش اشعه UV نور خورشید، گاهی دچار رنگ پریدگی می‌شوند.

علاوه بر پیگمنت‌های اصلی در خط‌کشی‌های ترافیکی، از مواد پرکننده نیز برای کاهش قیمت و ایجاد خواص ویژه فیزیکی و مکانیکی استفاده می‌شوند که از جمله این مواد می‌توان به ترکیبات خنثای معدنی از قبیل کربنات کلسیم و ترکیبات سیلیکا اشاره کرد. رنگ‌های دو جزئی مصرفی در خط‌کشی‌های ترافیکی عمدتاً موادی ۱۰۰ درصد جامد هستند و نیازی به استفاده از حلال یا تینر ندارند.

به دلیل کارآیی و عمر مفید طولانی از رنگ‌های دو جزئی عمدتاً برای خط‌کشی جاده‌هایی با تردد زیاد استفاده می‌شود. عمر مفید رنگ‌های بادوام دو جزئی سرد در جاده‌های با حجم ترافیک قابل توجه، حداقل بین ۳ الی ۴ سال گزارش شده است [۲]. رنگ‌های دو جزئی ترموست معمولاً به روش اسپری با ضخامت فیلم تر حدود ۳۵۰ الی ۶۰۰ میکرون و رنگ‌های پلاستیک سرد به روش اسپری با ضخامت حدود ۱۰۰۰ میکرون و به روش اسکرید و با ضخامت بین ۱۵۰۰ الی ۳۰۰۰ میکرون روی سطح جاده اجرا می‌شوند. مانند سایر مواد خط‌کشی، در این سیستم‌ها نیز از دانه‌های شیشه‌ای به منظور ایجاد قابلیت انعکاس نور و رویت خط‌کشی در شب استفاده می‌شود.

نظر به اینکه مواد دو جزئی خط‌کشی به گروه رنگ‌های سرد تعلق دارند، اکثر آزمون‌ها و روش‌های کنترل خط‌کشی‌های انجام شده با این مواد مشابه آزمون‌های متداول

برای رنگ سرد است. لذا در این فصل بطور اختصاصی به چند نوع عمده مواد دو جزئی که مصرف بیشتری دارند، پرداخته می‌شود و از تکرار آزمون‌ها و روش‌های کنترل خط‌کشی‌ها خودداری می‌شود.

## ۵-۲- انواع رنگ سرد دو جزئی

### ۵-۲-۱- مواد خط‌کشی اپوکسی

مواد دو جزئی اپوکسی در اوایل دهه ۱۹۷۰ برای اولین بار برای خط‌کشی جاده‌ها به کار گرفته شدند. این مواد عموماً دارای دوام و ماندگاری مناسب، مقاومت سایشی خوب، قابلیت به کارگیری به روش اسپری و مناسب برای هر دو نوع سطح آسفالت و بتن می‌باشد. جزء نخست حاوی رزین، پیگمنت، پرکننده‌ها و دانه‌های شیشه‌ای و جزء دوم حاوی عامل سخت کننده است. نسبت رزین به عامل پخت معمولاً در محدوده ۱ به ۱ تا ۵ به ۱ متغیر است. زمان پخت خط‌کشی‌های اپوکسی به عوامل متعددی از قبیل نوع عامل پخت و دمای رویه راه در زمان اجرا بستگی دارد. زمان پخت بعضی از مواد اپوکسی به ۴۰ دقیقه هم می‌رسد و در مقابل اپوکسی‌های سریع پخت شونده با زمان پخت ۳۰ ثانیه هم موجود هستند. ولی معمولاً این مواد گرانت‌ر بوده و عمر مفید کمتری نسبت به سایر اپوکسی‌ها دارند. رنگ دو جزئی اپوکسی مخصوص خط‌کشی، معمولاً با ضخامتی حدود ۳۵۰ الی ۶۰۰ میکرون اجرا می‌شوند. عملیات اجرایی خط‌کشی بسته به حجم دانه‌های شیشه‌ای مصرفی می‌تواند بدون مسدود کردن ترافیک انجام گیرد. مواد و ترکیباتی که دارای زمان پخت طولانی‌تر و هزینه کمتری هستند، برای خط‌کشی خطوط حاشیه‌ای استفاده می‌شوند [۲-۳].

برای حصول بهترین استحکام چسبندگی، سطح روسازی باید کاملاً تمیز باشد. به علت اینکه این نوع رنگ در مقابل رطوبت مقاوم است، برای تمیز کردن سطح می‌توان از اسپری آب گرم در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد و فشار ۱۳۸۰۰ کیلو پاسکال استفاده کرد. به علت دو جزئی بودن، رنگ‌های اپوکسی را نمی‌توان با تجهیزات متداول خط‌کشی اجرا کرد و برای این امر نیاز به ماشین‌آلاتی با دو مخزن مجزا می‌باشد. بر اساس

درصد وزنی هر کدام از اجزاء، اختلاط مواد در دهانه اسپری پاشش انجام می‌گیرد. تجهیزات اجرا دارای یک نازل پاشش آب پر فشار، یک نازل هوای فشرده و نهایتاً نازل‌های اسپری مواد اپوکسی و پاشش دانه‌های شیشه‌ای هستند. دو جزء ترکیب اپوکسی باید در حداقل زمان قبل از پاشش با یکدیگر مخلوط شوند.

خط‌کشی‌های اپوکسی مواد بادوامی هستند که ضمن ایجاد چسبندگی قابل قبول به هر دو نوع روسازی آسفالتی و بتن، از مقاومت سایشی مناسبی نیز برخوردار می‌باشند. در مناطقی که زمستان‌های سرد و پر برفی دارند از مواد اپوکسی می‌توان برای خط‌کشی جاده استفاده کرد. هزینه اپوکسی‌ها از رنگ سرد استاندارد بسیار بیشتر و تقریباً معادل (یا کمی بیشتر) هزینه اکثر خط‌کشی‌های گرم می‌باشد. دوام استثنایی مواد خط‌کشی اپوکسی نتیجه برقراری پیوند محکم شیمیایی مواد با سطح روسازی می‌باشد. در مقایسه با رنگ گرم، مواد اپوکسی به متغیرهای اجرا کمتر حساس می‌باشند. خط‌کشی با مواد اپوکسی را می‌توان در دماهای بسیار کم سطح (تا ۲ درجه سانتی‌گراد) و یا حتی وقتی که سطوح روسازی کمی مرطوب باشد، نیز اجرا کرد. از مزایای این نوع مواد خط‌کشی عدم نیاز به اجرای لایه آستر می‌باشد.

در ایران نیز بجز کاربردهای بسیار محدود در مناطق شهری، استفاده از مواد اپوکسی به عنوان مواد خط‌کشی توسعه چندانی نیافته است.

یکی از متداول‌ترین مشکلات مواد اپوکسی، عدم ثبات فام رنگی آنها است و بسیاری از مواد اپوکسی تحت اشعه UV نور خورشید دچار رنگ پریدگی و یا گچی شدن<sup>۱</sup> می‌شوند.

یک مشکل معمول دیگر که در مورد بسیاری از مواد خط‌کشی اپوکسی وجود دارد، طولانی شدن زمان خشک شدن آنها است. بنابراین خط‌کشی با چنین موادی تحت شرایط ترافیکی سنگین، موجب بروز محدودیت‌های اجرایی می‌شود. اپوکسی‌هایی با زمان پخت کوتاه‌تر هم وجود دارند که در کمتر از دو دقیقه خشک می‌شوند، ولیکن این مواد اغلب

---

1- Chalking

گران‌تر از نوع معمولی می‌باشند. اپوکسی‌ها همچنین با اکثر مواد خط‌کشی ناسازگار هستند، و همین عامل استفاده از آنها را خط‌کشی‌های مجدد محدود می‌سازد.

به دلیل عدم تجربه پیمانکاران و عدم دسترسی به مواد، وسایل و تجهیزات خط‌کشی اپوکسی، در حال حاضر استفاده از مواد دو جزئی اپوکسی در بزرگراه‌های آسفالت و سیل‌کت کشور توصیه نمی‌شود. گرچه به دلیل خواص بسیار خوب این نوع مواد کاربرد آنها در آینده بسیار نزدیک باید مورد تحقیق و بررسی قرار گیرد.

#### ۵-۲-۲- پلی‌استرها

خط‌کشی‌های پلی‌استری نیز مانند اپوکسی‌ها کاربرد وسیعی در خط‌کشی‌های جاده‌ها ندارند و به کارگیری آنها فقط به برخی از کشورهای اروپایی و بعضی از ایالت‌های امریکا محدود شده است. به دلیل کارایی مناسب و دوام خوب، مصرف پلی‌استرها برای جاده‌های آسفالت با حجم ترافیکی متوسط تا زیاد توصیه می‌شود. در مناطق با حجم ترافیکی بالا که خط‌کشی با رنگ سرد معمولی فقط سه ماه دوام دارد، خط‌کشی‌های پلی‌استری پس از گذشت یک سال سائیده شده و از بین می‌روند. خط‌کشی‌های پلی‌استری نسبت به خط‌کشی رنگ‌های سرد تحت شرایط مشابه خاصیت پشت‌پوشی<sup>۱</sup> بهتری دارند و در نور رو، دید بهتری را ایجاد می‌نمایند. دید شبانه خط‌کشی‌های پلی‌استری نیز به دلیل قابلیت حفظ و به کارگیری مقدار بیشتری از دانه‌های شیشه‌ای نسبت به خط‌کشی سرد بسیار بهتر است.

مواد خط‌کشی دو جزئی پلی‌استری نیز مانند سیستم‌های اپوکسی جزو رنگ‌های سرد محسوب می‌شوند. جزء نخست پلی‌استر معمولاً حاوی رزین پلی‌استر، پیگمنت، پرکننده‌ها و دانه‌های شیشه‌ای است. جزء دوم آن که حاوی ترکیب متیل اتیل کتون پراکساید می‌باشد به عنوان کاتالیزور و تسریع کننده زمان پخت عمل می‌کند. مواد خط‌کشی پلی‌استری با ضخامت حدود ۳۵۰ الی ۶۰۰ میکرون همراه با پاشش دانه‌های

1- Opaque

شیشه‌ای با نسبت تقریبی ۲/۴ کیلوگرم بر لیتر بر سطح جاده اجرا می‌شوند. سیستم پلی‌استر دو جزئی (در شرایط دمایی ۱۳ درجه سانتی‌گراد)، در زمانی کمتر از ۳۰ دقیقه خشک می‌شود. در دماهای بالاتر سرعت خشک شدن افزایش می‌یابد. به علت اینکه مکانیزم تشکیل فیلم این نوع مواد خط‌کشی تبخیر حلالی نیست، می‌توان در سرمای ۱۸- درجه سانتیگراد نیز آن را اجرا کرد، ولی در این حالت زمان تشکیل فیلم بسیار طولانی می‌شود. اما بطور معمول برای اجرای مواد پلی‌استر سطح جاده باید خشک و تمیز بوده و دمای هوا و سطح جاده بیشتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد باشد [۲].

زمانی که خط‌کشی پلی‌استری بر سطح آسفالت تازه اجرا می‌شود، به علت وجود روغن‌های آزاد، بر روی سطح روسازی، بصورت پوسته پوسته می‌شود. این مشکل باعث ایجاد حفرات ریز در کل سطح فیلم خط‌کشی می‌گردد. نقص بوجود آمده در سطح خط‌کشی از فواصل معمولی قابل دیدن نمی‌باشد و معمولاً پس از حدود دو ماه از انجام خط‌کشی بروز می‌نماید. معمولاً استفاده از این ترکیبات برای خط‌کشی‌های با طول عمر کمتر از یکسال توصیه نمی‌شود.

ایمنی پرسنل در هنگام حمل و نقل و اجرای خط‌کشی با مواد پلی‌استر از مسائل مهم می‌باشد. با وجود اینکه نگهداری این رزین مشابه رنگ‌های ترافیکی سرد است، ولیکن بدلیل سمی بودن کاتالیزور متیل اتیل کتون پراکساید، در هنگام حمل و نقل و کاربرد باید نکات ایمنی بخوبی رعایت شود.

پلی‌استرها هم مانند تمام موادی که در مکان اجرا واکنش شیمیایی انجام می‌دهند، نیاز به تجهیزات خاص اجرا دارند. خط‌کشی‌های طولی را با سرعت ۱۳ الی ۱۶ کیلومتر در ساعت می‌توان انجام داد. مواد پلی‌استری نسبت به سیستم‌های مرسوم یا رنگ‌های سریع خشک شونده و برخی از مواد ترموپلاستیک نتایج بهتری روی سطوح آسفالت از خود نشان می‌دهند. هزینه‌های اولیه بیش از هزینه‌های رنگ سرد معمولی و کمتر از هزینه‌های اولیه اپوکسی‌های دو جزئی می‌باشد.

پلی اوره، یک ماده ۱۰۰ درصد جامد و دو جزئی است، و به عنوان یک ماده پوششی چند منظوره از سال ۱۹۸۹ مورد استفاده قرار گرفته است. پلی اوره در محیط‌های بسیار ساینده از قبیل ریل‌های اتومبیل<sup>۱</sup>، عملکرد بسیار بهتری از رنگ سرد متداول و پوشش‌های اپوکسی دارد و به عنوان یکی از بادوام‌ترین مواد خط‌کشی شناخته شده‌اند. مواد پلی‌اوره به عنوان خط‌کشی‌های روسازی بادوام که ثبات رنگی، مقاومت سایشی و چسبندگی مثال زدنی به تمام سطوح روسازی دارد، شناخته می‌شوند. خط‌کشی‌های پلی اوره نسبت به مواد ترموپلاستیک حساسیت کمتری به رطوبت سطح روسازی داشته و می‌توان آنها را در دماهای کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد هم اجرا کرد. اکثر این مواد به عنوان مواد سریع پخت شونده شناخته می‌شوند. زمان خشک شدن ترافیکی و زمان لازم برای برقراری پیوند صحیح پس از اجرای خط‌کشی با مواد پلی‌اوره، حدود دو دقیقه یا کمتر گزارش شده است. عمر مفید خط‌کشی با مواد پلی‌اوره حدود ۵ سال می‌باشد، گرچه اطلاعات محدودی در این خصوص در دسترس می‌باشد [۱].

از نقاط ضعف مواد پلی اوره، می‌توان نیاز به تجهیزات ویژه اجرا و هزینه بالای مواد را نام برد و همین موضوع کاربرد گسترده آنها را در خط‌کشی راهها محدود کرده است. مواد پلی اوره را می‌توان با ماشین‌آلات متداول اپوکسی و در اکثر موارد با نسبت اختلاط رزین به کاتالیست دو به یک اجرا کرد.

ویژگی‌های قابل توجه پلی‌اوره به عنوان یک ماده خط‌کشی بادوام عبارت است از:

- ثبات فام رنگی خوب زمانی که در معرض اشعه UV قرار می‌گیرد
- خشک شدن در زمان سه تا هشت دقیقه در دماهای مختلف
- قابلیت اجرا در دماهای پائین سطح روسازی مانند ۵ درجه سانتی‌گراد
- عدم تأثیر پذیری از رطوبت
- چسبندگی خوب بر سطوح روسازی بتنی و آسفالتی.

۵-۲-۴- یورتان اصلاح شده

یورتان‌های اصلاح شده از جمله مواد خط‌کشی دو جزئی، بادوام و دارای عملکردی مشابه مواد پلی اوره و اپوکسی می‌باشد. هزینه این نوع مواد کمی بیشتر از هزینه اپوکسی ولی کمتر از هزینه پلی اوره می‌باشد. این محصول کمی بادوامتر از مواد اپوکسی است و زمان خشک شدن آن بسیار سریع (۲ دقیقه) است و ثبات فام مناسبی در برابر اشعه UV دارد. این نوع مواد خط‌کشی را می‌توان با ماشین آلات خط‌کشی اپوکسی‌ها، اجرا کرد. زمانی که دمای سطح روسازی و دمای هوا ۲ درجه سانتی‌گراد و بیشتر باشد با یورتان‌های اصلاح شده می‌توان، خط‌کشی را اجرا کرد.

### ۵-۲-۵- متیل متاکریلات

متیل متاکریلات یک ماده خط‌کشی کم خطر، دو جزئی و بادوام است که در اثر انجام واکنش‌های گرمازا (آزاد شدن حرارت در حین فرآیند اختلاط و پخت) پیوندی قوی با سطح روسازی برقرار کند. متیل متاکریلات به عنوان یک ماده سازگار با محیط زیست می‌تواند جایگزین رنگ سرد پایه حلالی شود. علاوه بر این متیل متاکریلات دارای عمر مفید بیش از ۳ سال است که بسیار طولانی‌تر از رنگ سرد استاندارد می‌باشد. چون متیل متاکریلات نیاز به حرارت برای پخت ندارد و به عنوان ماده جایگزین در آب و هوای سرد نیز قابل استفاده می‌باشد.

جزء اول مواد متیل متاکریلات شامل مونومر متیل متاکریلات، پیگمنت‌ها، پرکننده‌ها، دانه‌های شیشه‌ای و سیلیکا، و جزء دوم شامل بنزوئیل پروکساید حل شده در یک نرم‌کننده<sup>۱</sup> مناسب می‌باشد. بلافاصله قبل از اجرای خط‌کشی دو جزء به نسبت ۴ به ۱ با یکدیگر مخلوط شده و سپس به روش‌های اسپری یا اکستروژن اجرا می‌شوند. این مواد پس از خشک شدن به پلیمر متیل متاکریلات تبدیل می‌شوند که می‌تواند به عنوان یک ماده بادوام برای خط‌کشی جاده‌ها به کار رود. کاربرد متیل متاکریلات آسان است و می‌توان آن را در یک محدوده وسیع دمایی و ضخامتی اجرا کرد. ضخامت متداول برای این نوع

1- Plasticizer

خط‌کشی با روش اسپری حدود ۱۰۰۰ میکرون و با روش اکستروژن تا حدود ۳۰۰۰ میکرون می‌باشد. تجهیزات اجرای این مواد مشابه تجهیزات اجرای مواد خط‌کشی اپوکسی است. متیل متاکریلات دارای چسبندگی مناسبی به رویه‌های بتنی می‌باشد. مزایا و معایب مواد خط‌کشی پلاستیک سرد در جدول ۵-۱ خلاصه شده است.

بر اساس فهرست بهای سال ۱۳۸۴ هزینه هر متر مربع مواد پلی متیل متاکریلات با دوام ۱۸ ماهه برابر با ۳۲۵۰۰۰ ریال تعیین شده است.

جدول ۵-۱: مزایا و معایب مواد پلاستیک سرد (پلی متیل متاکریلات)

مزایا	معایب
<ul style="list-style-type: none"> <li>• قابلیت اجرا در دمای پایین،</li> <li>• مقاومت در برابر روغن، ضد یخ و سایر مواد شیمیایی موجود روی سطح راه‌ها،</li> <li>• پیوند خوب با سطوح بتن و آسفالت.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• هزینه بالا،</li> <li>• تجربه نسبتاً محدود درباره آنها،</li> <li>• زمان خشک شدن نسبتاً طولانی (حدود ۲۰ الی ۴۰ دقیقه)،</li> <li>• نیاز به ماشین آلات مخصوص برای اجرا.</li> </ul>

### ۵-۳-۳- آزمون‌ها و ویژگی‌های رنگ سرد دو جزئی در حالت مایع

چون رنگ‌های سرد دو جزئی از نظر ماهیتی جزو رنگ‌های مایع محسوب می‌شوند، اکثر آزمون‌ها و ویژگی‌های آنها مشابه با موارد ذکر شده در مورد رنگ‌های سرد معمولی است. بنابر این در این قسمت تنها به ذکر آزمون‌های اختصاصی سیستم‌های اپوکسی، پلاستیک سرد (متیل متاکریلات)، پلی‌استر و پلی‌اوره پرداخته می‌شود.

#### ۵-۳-۱- مواد خط‌کشی اپوکسی

بطور کلی مواد خط‌کشی اپوکسی از دو جزء اصلی، جزء A (سفید یا زرد)، جزء B، و دو قسمت دانه‌های شیشه‌ای نوع I و II تشکیل شده‌اند. مواد اپوکسی باید بصورت دو جزئی و ۱۰۰ درصد جامد تهیه شوند، و باید قابلیت نگهداری انواع دانه‌های شیشه‌ای را داشته باشد. خصوصیات الزامی خط‌کشی‌های اپوکسی به این شرح است:



## ۵-۳-۱-۱- فرمولاسیون

مواد اپوکسی باید عاری از ترکیبات سمی و سرطان‌زای حاوی فلزات سنگین باشند و دو جزء اصلی آن شامل رزین اپوکسی و عامل پخت آمینی باشد. مواد اپوکسی باید بنحوی فرموله شده باشد که دارای دوام حداقل چهار سال بوده و با درصدهای ساده حجمی با یکدیگر مخلوط شوند (مانند نسبت حجمی یک قسمت جزء A و یک قسمت جزء B). یک رنگ اپوکسی دو جزئی ترافیکی باید حاوی اجزای درج شده در جدول ۲-۵ باشد [۴-۵].

جدول ۲-۵: اجزای ضروری یک رنگ اپوکسی دو جزئی ترافیکی

ردیف	مواد اولیه (درصد)	فام سفید	فام زرد	فام زرد عاری از سرب
<b>پیگمنت</b>				
۱	دی اکسید تیتان مطابق با استاندارد ASTM D 476 Type II & III	۱۸ - ۲۵	--	۱۸ - ۲۰
۲	زرد کروم مطابق با استاندارد ASTM D 211 Type III	--	۲۳ - ۳۰	--
۳	پیگمنت زرد آلی	--	--	۵ - ۷
<b>بیندر</b>				
۴	رزین اپوکسی	۷۵ - ۸۲	۷۰ - ۷۷	۷۳ - ۷۷

پیمان‌کار موظف به ارائه اطلاعات کاملی از خصوصیات مواد و موارد ایمنی ضروری است.

۵-۳-۱-۲- عدد اپوکسی<sup>۱</sup>

طبق روش شرح داده شده در استاندارد ASTM D 1652 عدد اپوکسی برای جزء A ترکیب بدون پیگمنت برای هر دو فام رنگی سفید و زرد باید در محدوده  $250 \pm 50$  قرار داشته باشد و همچنین باید اختلاف آن با عدد اپوکسی گزارش شده از سوی سازنده بیش از ۵ درصد نباشد [۶].

1- Epoxide Number

## ۵-۳-۱-۳- عدد آمین

مطابق با روش شرح داده شده در استاندارد ASTM D 2074، عدد آمین برای جزء B شبکه ساز (عامل پخت) برای هر دو فام رنگی سفید و زرد باید در محدوده  $\pm 50$  ۴۵۰ قرار داشته باشد [۷].

## ۵-۳-۱-۴- سمیت

رنگ اپوکسی باید عاری از ترکیباتی باشد که در هنگام اجرا و حتی با حرارت دیدن موجب تولید گازهای سمی و سرطان‌زایی شود که به شخص اپراتور و تجهیزات اجرا آسیب رسانند. همچنین پس از پخت و تشکیل فیلم، مواد کاملاً خنثی بوده و تمام مواد موجود در ترکیب بطور کامل با یکدیگر واکنش داده باشند.

## ۵-۳-۱-۵- زمان خشک شدن (در آزمایشگاه)

مطابق با روش آزمون ASTM D 711، مواد اپوکسی که بخوبی با یکدیگر مخلوط شده و با دانه‌های شیشه‌ای اشباع گردیده‌اند، چنانچه در دمای  $24 \pm 0.5$  درجه سانتیگراد و با ضخامت ۳۷۵ میکرون اجرا شده باشند، زمان خشک شدن ترافیکی آنها نباید برای رنگ‌های معمولی بیش از ۴۰ الی ۴۵ دقیقه و برای رنگ‌های سریع خشک شونده بیش از ۱۰ الی ۱۲ دقیقه باشد [۸].

## ۵-۳-۱-۶- زمان خشک شدن ترافیکی (میدانی)

زمان خشک شدن ترافیکی خط‌کشی‌های اجرا شده، طبق روش آزمون ASTM 711 D، نباید بیش از ۴۰ دقیقه برای رنگ‌های معمولی و ۱۰ دقیقه برای رنگ‌های سریع خشک شونده باشد [۸].  
۵-۱-۱-۲- پخت

مواد اپوکسی باید قابلیت تشکیل فیلم و پخت در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد و بالاتر را داشته باشند.

#### ۵-۳-۱-۸- چسبندگی به سطح جاده (آسفالت و بتن)

مطابق با روش آزمون ACI 503<sup>۱</sup> چسبندگی مواد اپوکسی به سطوح بتنی و آسفالت باید در حد عالی باشد.

نتیجه قابل قبول: برای سطوح بتنی استحکام بیش از ۲۷۰۰۰ کیلو پاسکال و برای سطوح آسفالت، جدا شدگی باید بطور ۱۰۰ درصد در داخل بافت آسفالت صورت گرفته باشد [۹].

قبل از انجام آزمون، نمونه‌های اپوکسی اجرا شده روی سطوح به مدت ۲۴ الی ۷۲ ساعت در دمای  $24 \pm 0/5$  درجه سانتیگراد قرار داده می‌شوند.

#### ۵-۳-۱-۹- سختی

طبق روش آزمون ASTM D 2240 سختی نمونه خط‌کشی اپوکسی که به مدت ۲۴ الی ۷۲ ساعت در دمای  $24 \pm 0/5$  درجه سانتی‌گراد قرار داده شده است، باید در محدوده ۷۰ تا ۹۰ Shore D قرار بگیرد [۱۰].

#### ۵-۳-۱-۱۰- استحکام کششی

طبق روش آزمون ASTM D 638، استحکام کششی خط‌کشی اپوکسی که به مدت ۲۴ الی ۷۲ ساعت در دمای  $24 \pm 0/5$  درجه سانتی‌گراد قرار داده شده است و زمانی که نمونه با سرعت ثابت ۶ میلیمتر بر دقیقه توسط یک دستگاه دینامیک کشیده می‌شود، نباید کمتر از ۳۴۰۰۰ کیلو پاسکال باشد [۱۱].

#### ۵-۳-۱-۱۱- مقاومت فشاری

1- American Concrete Institute (ACI)

طبق روش آزمون ASTM D 695، مقاومت فشاری نمونه خط‌کشی اپوکسی که به مدت ۲۴ الی ۷۲ ساعت در دمای  $24 \pm 0.5$  درجه سانتیگراد قرار داده شده، نباید کمتر از  $13000$  کیلو پاسکال باشد. باید مطمئن بود که سرعت اعمال نیروی فشاری بر نمونه کمتر از ۶ میلی‌متر بر دقیقه نباشد [۱۲].

#### ۵-۳-۱-۱۲- مقاومت سایشی

طبق روش آزمون ASTM C 501، مقاومت سایشی نمونه خط‌کشی اپوکسی اجرا شده روی صفحه استیل S-16 با ضخامت ۵۰۰ میکرون پس از گذشت ۲۴ الی ۷۲ ساعت، با استفاده از دستگاه تبر<sup>۱</sup> با اعمال بار (وزنه) یک کیلوگرمی و چرخ شماره CS-17 و زمان ۱۰۰۰ دور اندیس، سایش نباید بیش از ۸۰ میلی گرم باشد [۱۳].

#### ۵-۳-۱-۱۳- مقاومت در برابر ضربه

طبق استاندارد ASTM D 2794، در دمای  $24 \pm 0.5$  درجه سانتی‌گراد وزنه دو پوندی (۰/۹ کیلوگرم) با انتهای گوی مانند از ارتفاع ۴۸ اینچی (۱۲۰۰ میلی‌متر) روی سطح نمونه رها می‌شود [۱۴].

نتیجه قابل قبول: هیچ گونه ترک خوردگی، جدا شدگی و ورقه‌ای شدن نباید در سطح رنگ مشاهده شود.

تذکر: روش تهیه نمونه: مقدار کافی از اجزای مواد اپوکسی با نسبت مناسب با یکدیگر مخلوط شده و سپس روی صفحه بتنی تمیزی که حداقل بیش از ۲۸ روز از تهیه آن گذشته باشد، اجرا شده و بمدت ۷۲ ساعت در محیط با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شود تا پخت کامل شود.

#### ۵-۳-۱-۱۴- فام رنگی

مخلوط یکنواختی از ترکیبات اپوکسی با دو فام سفید و زرد، با و بدون دانه‌های شیشه‌ای، با ضخامت  $25 \pm 500$  میکرون، روی صفحات آلومینیومی با ابعاد ۷۶ میلی‌متر در ۱۵۲ میلی‌متر اجرا می‌شود (دانه‌های شیشه‌ای باید مخلوط ۵۰/۵۰ از دانه‌های شیشه‌ای نوع I و II باشد). سپس نمونه‌های تهیه شده طبق روش آزمون ASTM G 53 در معرض شرایط جوی Q.U.V قرار داده می‌شود. سیکل آزمون Q.U.V بصورت زیر تعیین می‌شود [۱۵]:

۷۲ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، با تناوب ۴ ساعت در معرض رطوبت و ۴ ساعت تابش اشعه UV.

نتیجه قابل قبول: نمونه سفید نباید از نمونه استاندارد فدرال No. 595A-17855 تیره‌تر باشد. همچنین اطمینان از اینکه نمونه با فام زرد مشابه نمونه استاندارد فدرال No. 595A-13415 باشد [۱۶].

#### ۵-۳-۱-۱۵- طیف مادون قرمز

سازنده باید همراه با برگه مشخصات رنگ، نسخه‌ای از طیف‌های مادون قرمز هر یک از اجزا را برای کنترل کیفی محصول ضمیمه نماید.

#### ۵-۳-۱-۱۶- اندیس زردی

طبق استاندارد ASTM D 1925 اندیس زردی خط‌کشی اپوکسی که به مدت ۲۴ الی ۷۲ ساعت در دمای  $24 \pm 0.5$  درجه سانتیگراد قرار داده شده است، قبل و بعد از قرارگیری در معرض آزمون شرایط جوی نباید بیش از مقادیر درج شده در جدول ۳-۵ باشد [۱۷].

جدول ۳-۵: مقدار اولیه و تغییرات در اندیس جوی قبل و بعد از قرار گرفتن در شرایط QUV

پس از قرارگرفتن بمدت ۷۲ ساعت در شرایط QUV	قبل از قرار گرفتن در کابین QUV	
۲۰	۸	اندیس زردی

#### ۳-۳-۱-۱۷- انعکاس مستقیم

طبق استاندارد *ASTM E 97*، میزان انعکاس مستقیم پس از آزمون *QUV*، *XYZ* با استفاده از مقیاس  $D65/10^\circ$  نباید برای فام سفید از ۸۰ و برای فام زرد از ۴۰ کمتر باشد [۱۸].

#### ۵-۳-۱۸- قابلیت‌های تولید کننده

اطمینان از اینکه تولید کننده رنگ تأییدیه انجام آزمون‌های مورد نیاز را از مراکز علمی و معتبر مورد تأیید وزارت راه و ترابری داشته و همچنین از امکانات پیشرفته و قابلیت تولید و تکنولوژی تولید نیز برخوردار باشد.

#### ۵-۳-۱۹- چک‌لیست آزمون‌های آزمایشگاهی متداول جهت کنترل کمی و کیفی مواد

##### دو جزئی اپوکسی

در جدول ۴-۵ خصوصیات ضروری مواد مصرفی در خط‌کشی با رنگ‌های دو جزئی اپوکسی فهرست و خلاصه شده است.

#### ۵-۳-۲- مواد خط‌کشی دو جزئی پلی‌استری

بطور کلی مواد خط‌کشی پلی‌استر از دو جزء اصلی: جزء A (سفید یا زرد)، جزء B، و همچنین دو قسمت دانه‌های شیشه‌ای نوع I و II تشکیل شده است. مواد پلی‌استر باید بصورت دو جزئی و ۱۰۰ درصد جامد تهیه شده و باید قابلیت نگه‌داری دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط، روپاشی یا اسپری شونده را داشته باشد. خصوصیات اولیه مواد خط‌کشی پلی‌استری بشرح زیر می‌باشد:

- در مرحله اول باید مطمئن شد که مواد پلی‌استر بصورت دو جزئی تهیه شده و قابلیت اجرا در دمای محیط و کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد را دارد.
  - باید کاتالیزوری که توسط سازنده مواد توصیه شده است، استفاده شود.
  - مواد خط‌کشی باید قابلیت نگه‌داری دانه‌های شیشه‌ای روپاشی یا اسپری شونده را داشته باشند.
  - باید از درصد صحیح و نسبت مناسب کاتالیزور/رزین اطمینان حاصل کرد.
- خواص ضروری مواد خط‌کشی پلی‌استری به شرح جدول ۵-۵ می‌باشد.

جدول ۴-۵: خصوصیات ضروری مواد مصرفی در خط‌کشی با رنگ‌های دو جزئی اپوکسی

ردیف	خصوصیات	روش آزمون	نتیجه قابل قبول	رد یا قبول
ترکیب درصد و نوع اجزاء در فرمولاسیون				
۱	درصد وزنی بیندر		۷۵ - ۸۲	
۲	درصد وزنی پیگمنت دی اکسید تیتان	ASTM D-476 Type II & III	فام سفید	۱۸-۲۰
			فام زرد	-
۳	درصد وزنی پیگمنت زرد کروم	ASTM D-211 Type III	فام سفید	-
			فام زرد	۲۳-۳۰
۴	عدد اپوکسی برای جزء A	ASTM D 1652	۵۰±۲۵	
۵	عدد آمین برای جزء B	ASTM D 2074	۵۰±۴۵	
۶	زمان خشک شدن (در آزمایشگاه)	ASTM D 711	• برای رنگ های معمولی: کمتر از ۴۰ الی ۴۵ دقیقه و	
			• برای رنگ های سریع خشک شوند: کمتر از ۱۰ الی ۱۲ دقیقه	
۷	زمان خشک شدن ترافیکی (میدانی)	ASTM D 711	• برای رنگ های معمولی: کمتر از ۳۵ دقیقه و	
			• برای رنگ های سریع خشک شوند: کمتر از ۱۰ دقیقه	
۸	پخت		• تشکیل فیلم و پخت در دمای ۲ درجه سانتی گراد و بالاتر	
۹	استحکام چسبندگی به سطح جاده (آسفالت و بتن)	ACI 503	• سطوح بتنی: بیش از ۲۷۰۰۰ کیلو پاسکال و	
			• سطوح آسفالت: جداشدگی بطور ۱۰۰ درصد در بافت آسفالت	
۱۰	سختی (Shore D)	ASTM D 2240	• ۷۰ تا ۹۰	
۱۱	استحکام کششی	ASTM D 638	• بیشتر از ۳۴۰۰۰ کیلو پاسکال	
۱۲	مقاومت فشاری	ASTM D 695	• بیشتر از ۸۳۰۰۰ کیلو پاسکال	
۱۳	مقاومت در برابر سُر خوردگی	BS 3262; Appendix J	• بیش از ۴۵	
۱۴	مقاومت سایشی	ASTM C 501	• حداکثر ۸۰ میلی گرم	
۱۵	اندیس زردی	ASTM D-1925	• قبل از QUV کمتر ۸	
			• پس از QUV کمتر از ۲۰	
۱۶	انعکاس (درصد)	ASTM E 97	• حداقل ۸۰	
			• حداقل ۴۰	
۱۷	مقاومت در برابر ضربه ۹۶ اینچ پوند و به روش سقوط گوی	ASTM D 2794	• بدون ترک	
۱۸	فام رنگی	AASHTO T 250	• فام سفید: روشنتر از نمونه استاندارد • فام زرد: مشابه نمونه استاندارد	

جدول ۵-۵: چک‌لیست خواص عمومی و الزامی مواد خط‌کشی‌های پلی‌استری [۱۹]

ردیف	واحد (مقیاس)	روش آزمون	حداقل مقدار مجاز	حداکثر مقدار مجاز	رد یا قبول
۱	قوام <sup>۱</sup> (کریس)	ASTM D 562, Procedure A	۷۰	۹۰	
۲	وزن مخصوص (پوند بر گالن)		۱۱/۵		
۳	زمان نگه‌داری در انبار (ماه)	Shelf life	۶		
۴	زمان خشک شدن ترافیکی (دقیقه)	ASTM D 711	---	۴۵	
۵	درصد وزنی پیگمنت‌های اولیه در رنگ	سفید	۱۳/۹	---	
		زرد	۱۳/۸	---	
۶	درصد وزنی کلی پیگمنت در رنگ	سفید	۳۶	۴۰	
		زرد	---	۴۱	
۷	درصد رزین پلی‌استر در جزء (A)		۵۵		
۸	درصد منومر اکریلیکی در جزء (A)		۸/۵		
۹	درصد وزنی مواد غیر فرار در کل رنگ	سفید	۳۱	---	
		زرد	۲۹	---	
۱۰	دانه بندی رنگ (میکرون)	D 1210 ASTM	۵۰	---	
۱۱	نسبت قیرزدگی (D 969)	سفید	۰/۹۳	---	
		زرد	۰/۹۲	---	
۱۲	انعکاس مستقیم نور روز	سفید	۸۵	---	
		زرد	۵۰	---	
۱۳	فام رنگی	اندازه‌گیری داده رنگی L, a, b بر اساس منبع نوری "C"			
		L	+۰/۷۵	+۱/۰	
		a	+۰/۹	+۱/۷	
		b	+۴/۴	+۵/۱	
۱۴	پشت پوشی خشک	ASTM D 2805 در حالت ۰/۰۰۵ خنثی Process B, Method A, فام‌های سفید و زرد	۰/۹۷	---	
۱۵	شرایط در مخزن (هم‌زدن دستی مواد) دقیقه	Fed Std 141 No 3011.2		۵	
۱۶	اندیس سایش، با استفاده از دستگاه تبر (میلی گرم)	Federal Test Method Standard No. 141b, Method 6192		۱۲۵	



### ۵-۳-۳- مواد خط‌کشی پلی‌اوره

مواد خط‌کشی پلی‌اوره بر حسب نوع و میزان قابلیت انعکاسی به دو نوع I و II تقسیم می‌شوند. در نوع I، برای ایجاد خاصیت انعکاسی و بازتابندگی فقط از دانه‌های شیشه‌ای و در نوع II از ترکیب کامپوزیت‌های انعکاسی به همراه دانه‌های شیشه‌ای استفاده می‌شود. مواد پلی‌اوره باید بصورت دو جزئی و ۱۰۰ درصد جامد تهیه شده، و باید قابلیت نگهداری دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط، روپاشی یا اسپری شونده را داشته باشد. خصوصیات اولیه و الزامی خط‌کشی‌های پلی‌اوره به شرح زیر می‌باشد:

#### ۵-۳-۳-۱- فرمولاسیون

مواد خط‌کشی پلی‌اوره باید عاری از ترکیبات سمی و سرطان‌زای فلزات سنگین باشد و دو جزء اصلی آن شامل رزین پلی‌اوره و عامل پخت باشد. مواد پلی‌اوره باید بنحوی فرموله شده باشد که با درصد‌های ساده حجمی با یکدیگر مخلوط شوند (مانند نسبت حجمی دو یا سه قسمت جزء A و یک قسمت جزء B).  
پیمان کار موظف به ارائه اطلاعات کاملی از خصوصیات مواد و موارد ایمنی مورد لزوم است.

#### ۵-۳-۳-۲- سمیت

نباید مواد پلی‌اوره در هنگام حرارت دیدن و یا در زمان اجرا گازها و ترکیبات سمی از خود متصاعد کنند. مواد پلی‌اوره باید عاری از هر گونه ترکیبات فلزات سنگین مانند، سرب، کروم یا کادمیوم باشد.

#### ۵-۳-۳-۳- زمان خشک شدن ترافیکی

زمانی که مواد خط‌کشی پلی‌اوره با نسبت صحیح با یکدیگر مخلوط شده‌اند، و با ضخامت ۳۵۰ الی ۴۱۰ میکرون، و با میزان مناسب از دانه‌های شیشه‌ای، روی سطح روسازی اجرا شوند، مطابق با روش آزمون استاندارد *ASTM D 711*، زمان خشک شدن ترافیکی آن‌ها نباید از ده دقیقه بیشتر باشد.

## ۵-۳-۳-۴-۵- فام رنگی

مطابق با استاندارد *EN 1871, Appendix E* با هندسه ۴۵/۰ تحت منبع نوری *C*، فاکتور روشنایی *Y* یک فیلم خط‌کشی با فام سفید در نور باید حداقل ۶۰ و با فام زرد حدود ۳۰ باشد و نتایج اندازه‌گیری داده‌های رنگی برای فام‌های زرد و سفید مطابق جدول ۵-۶ باشد. محاسبات طبق استاندارد *ASTM E 308* تحت زاویه مشاهده ۲۰ انجام می‌شود [۲۰].

## ۵-۳-۳-۵- انعکاس مستقیم

طبق استاندارد *ASTM E 97*، میزان انعکاس مستقیم خط‌کشی‌های انجام شده با مواد پلی‌اوره (بدون مواد انعکاسی) نباید برای فام سفید از ۸۰ و برای فام زرد از ۵۰ کمتر باشد [۱۸].

جدول ۵-۶: داده‌های رنگی قابل قبول برای مواد خط‌کشی پلی‌اوره

ضریب روشنایی <i>Y</i>	داده‌های رنگی								Federal 595 Color
	۴		۳		۲		۱		
	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	مقادیر <i>X</i>
حداقل ۶۰	۰/۳۶۰	۰/۳۳۰	۰/۳۴۰	۰/۳۵۰	۰/۲۹۵	۰/۳۱۰	۰/۳۱۵	۰/۲۹۰	فام سفید
حداقل ۳۰	۰/۴۶۲	۰/۵۳۷	۰/۴۳۲	۰/۴۹۰	۰/۴۸۹	۰/۵۱۰	۰/۴۵۵	۰/۴۷۰	فام زرد

## ۵-۳-۳-۶- مقاومت در برابر شرایط محیطی

مخلوط یکنواختی از اجزای پلی‌اوره بدون دانه‌های شیشه‌ای، با ضخامت ۳۵۰ الی ۴۱۰ میکرون، روی صفحات آلومینیومی مطابق با روش آزمون استاندارد فدرال با شماره ۱۴۱ و روش ۲۰۱۳، اجرا می‌شود، سپس نمونه‌های تهیه شده مطابق با روش آزمون *ASTM G53* به مدت ۷۵ ساعت در معرض شرایط جوئی *Q.U.V* قرار داده می‌شود. [۱۵]:  
نتیجه قابل قبول: پس از انجام آزمون هیچ‌گونه تغییری فام رنگی و براقیت نمونه‌ها نباید بوجود آمده باشد.

## ۷-۳-۳-۵- استحکام چسبندگی

طبق روش آزمون ACI 503<sup>۱</sup> چسبندگی مواد پلی اوره به سطوح بتنی و آسفالت باید در حد بسیار خوب باشد.

نتیجه قابل قبول: برای سطوح بتنی استحکام بیش از ۲۴۰۰۰ کیلو پاسکال و برای سطوح آسفالت، جداشدگی باید بطور ۱۰۰ درصد در داخل بافت آسفالت صورت گرفته باشد [۹]. قبل از انجام آزمون، نمونه‌های اپوکسی اجرا شده روی سطوح به مدت ۷۲ ساعت در دمای محیط قرار داده می‌شوند.

## ۸-۳-۳-۵- پخت

مواد پلی اوره باید قابلیت تشکیل فیلم در دمای حدود ۲ درجه سانتی‌گراد و بالاتر را داشته باشند.

## ۹-۳-۳-۵- سختی

طبق روش آزمون ASTM D 2240 سختی نمونه خط‌کشی پلی اوره با ضخامت ۳۵۰ الی ۴۱۰ میکرون که به مدت ۷۲ ساعت در دمای محیط قرار داده شده، باید در محدوده ۷۰ تا ۱۰۰ Shore D باشد [۱۰].

## ۱۰-۳-۳-۵- استحکام کششی

طبق روش آزمون ASTM D 638، استحکام کششی خط‌کشی مواد اپوکسی که به مدت ۲۴ الی ۷۲ ساعت در دمای  $24 \pm 0.5$  درجه سانتی‌گراد قرار داده شده‌اند و زمانی که نمونه با سرعت ثابت ۶ میلیمتر بر دقیقه توسط یک دستگاه دینامیک کشیده شود، نباید کمتر از ۳۴۰۰۰ کیلو پاسکال باشد [۱۱].

## ۱۱-۳-۳-۵- مقاومت سایشی

طبق روش آزمون ASTM C 501، مقاومت سایشی نمونه خط‌کشی با مواد پلی اوره اجرا شده روی صفحه استیل S-16 با ضخامت ۳۵۰ الی ۴۱۰ میکرون پس از گذشت

1- American Concrete Institute (ACI)

۷۲ ساعت، با استفاده از دستگاه تبر با اعمال بار (وزنه) یک کیلوگرمی و چرخ شماره CS-17 و زمان ۱۰۰۰ دور اندیس سایشی نباید بیش از ۱۲۰ میلی گرم باشد [۱۳].

#### ۵-۳-۳-۱۲- بازتاب نور برگشتی

مقادیر بازتاب نور برگشتی خط‌کشی‌های منقطع انجام شده با مواد پلی اوره پس از گذشت نباید یکسال برای خط‌کشی‌های با فام سفید کمتر از  $300 \text{ mcd/lux/m}^2$  و برای فام زرد  $225 \text{ mcd/lux/m}^2$  باشد.

#### ۵-۳-۳-۱۳- دانه‌های شیشه‌ای مصرفی

مطابق با استاندارد DMS 8290 انواع دانه‌های شیشه‌ای نوع I, II, III و IV در مواد خط‌کشی پلی اوره قابل مصرف می‌باشند. مصرف دانه‌های شیشه‌ای در سیستم‌های پلی اوره نیز مانند سیستم‌های اپوکسی است و اجرای دانه‌های شیشه‌ای روپاشی بصورت سیستم‌های دوبار پاشش اجرامی شود [۲۱].

#### ۵-۳-۴- مواد خط‌کشی بر پایه یورتان‌های اصلاح شده

بطور کلی مواد خط‌کشی یورتان اصلاح شده از دو جزء اصلی: جزء A (حاوی رزین، پیگمنت و دانه‌های شیشه‌ای)، جزء B (عامل پخت)، تشکیل شده‌اند. یورتان اصلاحی باید بصورت دو جزئی و ۱۰۰ درصد جامد تهیه شوند، و قابلیت نگهداری دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط، روپاشی یا اسپری شوند را داشته باشد. یورتان اصلاحی معمولاً بنحوی فرموله می‌شود که با درصد‌های ساده حجمی با یکدیگر مخلوط شوند (مانند نسبت حجمی دو قسمت جزء A و یک قسمت جزء B). خط‌کشی‌های اجرا شده با یورتان اصلاحی برای کاربری روی روسازی‌های بتنی و آسفالت مناسب هستند. خصوصیات اولیه و الزامی خط‌کشی‌های بر پایه یورتان‌های اصلاح شده به شرح زیر است:

## ۵-۳-۴-۱- فرمولاسیون

ترکیبات به کار رفته باید مخلوط یکنواختی از یورتان اصلاحی، پیگمنت‌ها و مواد بازتابنده باشد. در هنگام اجرای خط‌کشی دو قسمت حجمی از جزء A با یک قسمت حجمی از جزء B با یکدیگر مخلوط می‌شوند. در جدول ۵-۷ اجزای ضروری یک سیستم خط‌کشی دو جزئی یورتان اصلاح شده آورده شده است [۲۱].

## ۵-۳-۴-۲- سمیت

مواد یورتان اصلاح شده در زمان اجرا و حتی در صورت حرارت دیدن نباید هیچ گونه گاز سمی از خود متصاعد کنند، زیرا گازهای سمی موجب آسیب رساندن به شخص اپراتور، محیط زیست و گاهی صدمه به تجهیزات اجرا می‌شود. برای این منظور سازنده مواد باید توصیه‌های ایمنی هنگام اجرا را همراه با برگه مشخصات فنی محصول در اختیار پیمانکار قرار دهد. همچنین تأکید می‌شود که ترکیبات خط‌کشی یورتان اصلاح شده پس از پخت نباید حاوی گروه‌های عاملی ایزوسیانات‌های آزاد باشد.

جدول ۵-۷: اجزای ضروری جزء A مواد خط‌کشی بر پایه یورتان اصلاح شده

ردیف	مواد اولیه (درصد)	فام سفید	فام زرد	فام سیاه
<b>پیگمنت</b>				
۱	دی اکسید تیتان مطابق با استاندارد ASTM D 476 Type II & III	۲۱ - ۲۷	--	---
۲	زرد کروم مطابق با استاندارد ASTM D 211 Type III	--	۵ - ۹	--
۳	پیگمنت سیاه	--	--	۲۰ - ۳۰
<b>ببندر</b>				
۴	رزین یورتان اصلاح شده	۷۳ - ۷۹	۷۶ - ۸۳	۷۰ - ۸۰

## ۵-۳-۴-۳- وِسکوزیته

هر دو جزء ترکیب قوام یکسان داشته باشند و محدوده وِسکوزیته آنها با یکدیگر حداکثر ۱۰ درصد اختلاف داشته باشند.

## ۵-۳-۴-۴- زمان خشک شدن ترافیکی

زمانی که مواد خط‌کشی یورتان اصلاحی با نسبت صحیح با یکدیگر مخلوط شده، با ضخامت  $25 \pm 375$  میکرون، و با میزان مناسب از دانه‌های شیشه‌ای، روی سطح روسازی اجرا شوند، مطابق با روش آزمون استاندارد *ASTM D 711*، زمان خشک شدن ترافیکی آن در دمای  $1 \pm 24$  درجه سانتی‌گراد نباید از دو دقیقه بیشتر باشد.

## ۵-۳-۴-۵- بازتاب نور برگشتی اولیه

مقادیر بازتاب نور برگشتی اولیه خط‌کشی‌های انجام شده با مواد یورتان اصلاحی باید در فاصله ۲۴ ساعت پس از اجرا و قبل از ۱۴ روز اندازه‌گیری شود. مقادیر بازتاب نور برگشتی اولیه خط‌کشی‌های با فام سفید و زرد باید مطابق جدول ۵-۸ باشد. برای حصول نتایج فوق حداقل ضخامت خط‌کشی باید ۴۲۵ میکرون باشد.

جدول ۵-۸: مقادیر میزان بازتاب نور برگشتی اولیه برای خط‌کشی با یورتان اصلاحی

میزان بازتاب نور برگشتی (mcd/lux/m <sup>2</sup> )	فام رنگی
۴۰۰	سفید
۲۵۰	زرد

## ۵-۳-۴-۶- فام رنگی

مواد یورتان اصلاحی بدون دانه‌های شیشه‌ای روپاشی زمانی که طبق روش آزمون استاندارد فدرال شماره 595B بررسی شوند باید دارای مشخصات زیر باشند:

شماره فام رنگی سفید: ۱۷۹۲۵

شماره فام رنگی زرد: ۱۳۵۳۸

شماره فام رنگی سیاه: ۳۷۰۳۸

یورتان‌های اصلاحی با فام‌های رنگی سفید، زرد و سیاه روی دو سری پنل‌های آهنی با ابعاد ۱۵ X ۷/۵ سانتی‌متر با ضخامت  $25 \pm 500$  میکرون اجرا می‌شوند. یکسری از نمونه‌ها با دانه‌های شیشه‌ای و یکسری بدون دانه‌های شیشه‌ای فرموله می‌شوند و سپس با روش آزمون استاندارد ASTM G-53 به مدت ۷۲ ساعت در کابین QUV B-313 در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد بصورت تناوبی ۴ ساعت تحت تابش UV و ۴ ساعت در شرایط مرطوب قرار داده می‌شوند. تغییرات در فام رنگی پس از انجام آزمون فوق مطابق با روش آزمون استاندارد فدرال نباید از حدود ۵ واحد بیشتر باشد.

#### ۵-۳-۴-۷- اندیس زردی

مطابق با استاندارد ASTM D 1925 اندیس زردی خط‌کشی انجام شده با یورتان‌های اصلاحی که پس از ۷۲ ساعت اجرای خط‌کشی صورت می‌گیرد، قبل و بعد از قرارگیری در معرض آزمون شرایط جوی تسریع شده نباید بیش از مقادیر درج شده در جدول ۹-۵ باشد [۱۷].

جدول ۹-۵: مقدار اولیه و تغییرات در اندیس جوی قبل و بعد از قرار گرفتن در شرایط QUV

پس از قرارگرفتن بمدت ۷۲ ساعت در شرایط QUV	قبل از قرار گرفتن در کابین QUV	اندیس زردی
۲۰	۶	

#### ۵-۳-۴-۸- سختی

طبق روش آزمون ASTM D 2240 سختی نمونه خط‌کشی یورتان اصلاحی با ضخامت ۳۵۰ الی ۴۱۰ میکرون که به مدت ۷۲ ساعت در دمای محیط قرار داده شده، باید بیشتر از Shore D ۷۵ باشد [۱۰].

## ۵-۳-۴-۹- انعطاف پذیری

انعطاف‌پذیری مواد دو جزئی یورتان اصلاحی، طبق روش آزمون استاندارد ASTM D 522 با استفاده از دستگاه مندرل استوانه‌ای با قطر ۱/۹ میلیمتر بررسی می‌شود. نمونه‌ها با ضخامت ۱۲۵ میکرون روی پنل‌های آلومینیومی با ابعاد ۱۰ X ۳۰ سانتی‌متر اعمال و به مدت ۷۲ ساعت در دمای  $1 \pm 24$  درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شوند. نتیجه قابل قبول: پس از انجام آزمون‌های فوق، فیلم رنگ نباید ترک خورده یا ورقه‌ای شود.

## ۵-۳-۴-۱۰- استحکام چسبندگی

استحکام چسبندگی مواد دو جزئی یورتان اصلاحی طبق روش آزمون ASTM D 4541 بررسی می‌شود. قبل از اندازه‌گیری استحکام چسبندگی، نمونه‌ها باید حداقل ۲۴ ساعت در دمای محیط قرار داده شده و اندازه‌گیری‌ها ۷۲ ساعت پس از پخت کامل آنها انجام گیرد. نتیجه قابل قبول: استحکام چسبندگی مواد خط‌کشی باید بیش از استحکام داخلی بتن بوده و جدا شدن نمونه‌ها به طور ۱۰۰ درصد از داخل لایه بتن صورت گیرد.

## ۵-۳-۴-۱۱- مقاومت سایشی

طبق روش آزمون ASTM D-4060، مقاومت سایشی نمونه خط‌کشی یورتان اجرا شده روی صفحه استیل S-16 با ضخامت ۵۰۰ میکرون پس از گذشت ۲۴ الی ۷۲ ساعت، با استفاده از دستگاه تبر با اعمال بار (وزنه) یک کیلوگرمی و چرخ شماره CS-17 و زمان ۱۰۰۰ دور، نباید اندیس سایشی بیش از ۱۰ میلی‌گرم باشد [۱۴]. نمونه رنگ یورتان اصلاح شده با ضخامت حدود  $12 \pm 375$  میکرون روی صفحات استیل S-16 بدون دانه‌های شیشه‌ای اعمال شده و در دمای  $10 \pm 24$  درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ الی ۷۲ ساعت قرار داده تا کاملاً خشک شود.



## ۵-۳-۴-۱۲- پخت

مواد یورتان اصلاح شده باید قابلیت تشکیل فیلم و پخت در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد و بالاتر را داشته باشند.

## ۵-۳-۴-۱۳- مقاومت فشاری

طبق روش آزمون ASTM D 695، مقاومت فشاری نمونه خط‌کشی یورتان اصلاحی که به مدت ۲۴ الی ۷۲ ساعت در دمای  $24 \pm 0.5$  درجه سانتی‌گراد قرار داده شده است، نباید کمتر از ۸۳۰۰۰ کیلو پاسکال (۱۲۰۰۰ پوند بر اینچ مربع) باشد. سرعت اعمال نیروی فشاری بر نمونه نباید کمتر از ۶ میلیمتر بر دقیقه باشد [۱۲].

## ۵-۳-۴-۱۴- استحکام کششی

طبق روش آزمون ASTM D 638، استحکام کششی خط‌کشی با مواد یورتان اصلاحی که به مدت ۲۴ الی ۷۲ ساعت در دمای  $24 \pm 1.0$  درجه سانتی‌گراد قرار داده شده است و زمانی که نمونه با سرعت ثابت ۶ میلیمتر بر دقیقه توسط یک دستگاه دینامیک کشیده شود، نباید کمتر از ۳۴۰۰۰ کیلو پاسکال (۶۰۰۰ پوند بر اینچ مربع) باشد [۱۱].

## ۵-۳-۴-۱۵- نحوه مصرف دانه‌های شیشه‌ای

برای خط‌کشی‌هایی با ضخامت ۳۷۵ الی ۵۰۰ میکرون از روش دو بار پاشش دانه‌های شیشه‌ای استفاده می‌شود. دانه‌های شیشه‌ای درشت با سرعت (۱/۴ کیلوگرم بر لیتر) و دانه‌های شیشه‌ای زیر با سرعت ۱ الی ۱/۲ کیلوگرم بر لیتر مواد خط‌کشی روپاشی می‌شوند.

## • پوشش سطحی دانه‌های شیشه‌ای

دانه‌های شیشه‌ای درشت باید دارای پوشش بهبود دهنده چسبندگی و دانه‌های شیشه‌ای ریز دارای پوشش ضد رطوبت باشند.

• کنترل‌های کیفی دانه‌های شیشه‌ای

دانه‌های شیشه‌ای باید در هر بیج تولیدی حداکثر ۱۰۰۰۰ کیلوگرمی تهیه و تولید شوند و محصولات هر بیج تولیدی باید از نظر طبقه‌بندی (دانه‌بندی)، گردی و پوشش سطحی کنترل شود. نتایج آنالیز باید تا دو سال نگهداری شده و هر زمان که کارفرما تقاضا کند، پیمان‌کار آنها در اختیار قرار دهد.

دانه‌های شیشه‌ای باید از مواد اولیه تازه تولید شده، شفاف، تمیز، بدون رنگ، صاف، بدون حالت‌های کدری و شیری شکل، حفره و یا حباب هوا بوده و دارای خصوصیات قید شده زیر باشند:

- دانه‌بندی: طبق روش آزمون *ASTM D 1214* و با استفاده از الک‌های استاندارد امریکایی طبقه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای باید مطابق با جدول ۵-۱۰ باشد.

جدول ۵-۱۰: درجه‌بندی دانه‌های مصرفی در خط‌کشی‌های بر پایه یورتان اصلاح شده

دانه‌های شیشه‌ای درشت			دانه‌های شیشه‌ای ریز		
مقدار باقیمانده روی الک	شماره الک	ردیف	مقدار باقیمانده روی الک	شماره الک	ردیف
صفر	۱۰	۱	۵ - ۰	۲۰	۱
۵ - ۰	۱۲	۲	۲۰ - ۵	۳۰	۲
۲۰ - ۵	۱۴	۳	۷۵ - ۳۰	۵۰	۳
۸۰ - ۴۰	۱۶	۴	۳۲ - ۹	۸۰	۴
۴۰ - ۱۰	۱۸	۵	۵ - ۰	۱۰۰	۵
۵ - ۰	۲۰	۶	۲ - ۰	Pan	۶
۲ - ۰	Pan	۷			

طبق روش آزمون استاندارد *ASTM D 1155* بیش از ۸۰ درصد دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده باید کاملاً گرد بوده و کمتر از ۳ درصد آنها زاویه‌دار و غیر منظم و کمتر از ۵ درصد آنها دانه‌های معیوب باشند.

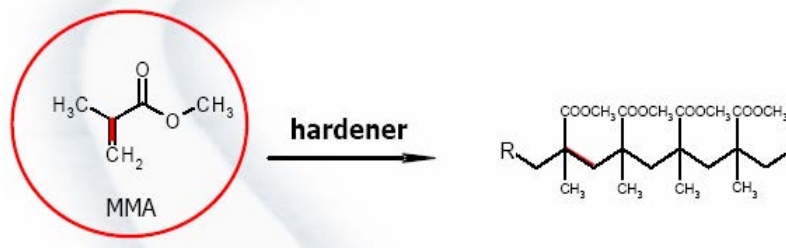
ضریب شکست: چنانچه با روش غوطه‌وری در مایع در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد تعیین شود، باید از ۱/۵ کمتر نباشد.

### ۵-۳-۵- خط‌کشی‌های پلاستیک سرد (متیل متاکریلات)

خط‌کشی‌های پلاستیک را به طور کلی می‌توان به دو گروه "پلاستیک‌های سرد اجرا شونده در حالت مایع" که مهمترین و شناخته‌ترین نوع آنها پلاستیک‌های سرد بر پایه پلی‌متیل متاکریلات، و "پلاستیک‌های سرد جامد اجرا شونده" یا نوارهای پیش ساخته می‌باشد. شایان ذکر است که این نوع مواد خط‌کشی در کشور با عنوان مواد ترموپلاستیک سرد شناخته می‌شوند. در این قسمت از راهنمای دستورالعمل، نکات ضروری پلاستیک‌های اجرا شونده در حالت مایع شرح داده می‌شود و نکات اجرایی در خصوص نوارهای پیش ساخته در فصل ششم راهنما آورده شده است. خصوصیات اولیه و الزامی مواد خط‌کشی پلاستیک سرد به شرح زیر می‌باشد:

### ۵-۳-۵-۱- فرمولاسیون

پلی‌متیل متاکریلات سرد با قابلیت بازتاب نور برگشتی، یک سیستم دو جزئی ۱۰۰ درصد جامدی است که جزء اول حاوی منومر متیل متاکریلات، پیگمنت‌ها، فیلرها، دانه‌های شیشه‌ای و سیلیکا، و جزء دوم حاوی بنزین پراکساید حل شده در یک نرم‌کننده<sup>۲</sup> مناسب، می‌باشد. این دو جزء اغلب با نسبت ۴ به ۱ با یکدیگر مخلوط و بر سطح روسازی جاده اجرا می‌شوند.



- 1- Liquid Applied Cold Plastic
- 2- Plasticsizer

پلی متیل متاکریلات با دانه‌های شیشه‌ای، دارای قابلیت دید مناسب در هنگام شب و شرایط خیس است. روش اجرا به دو صورت اکستروژن و اسپری برای هر دو سطح روسازی آسفالت و بتنی انجام می‌شود. تجربه نشان داده است که خط‌کشی‌های انجام شده به روش اکستروژن دوام بیشتر و خط‌کشی‌های انجام به روش اسپری، دارای هزینه کمتری هستند. پلاستیک سرد در مناطقی با رطوبت زیاد، کارآیی مناسبی ندارد و همچنین شرایط نسبتاً خشک در زمان اجرا ضروری است. در نتیجه وجود مقدار کمی ترکیبات سمی فرار در زمان اجرای خط‌کشی و انجام اقدامات ایمنی از سوی پرسنل مجری ضروری و الزامی است.

#### ۵-۳-۵-۲- سمیت

مواد پلاستیک سرد نباید در هنگام اجرا گازها و ترکیبات سمی از خود متصاعد کنند که به شخص اپراتور و تجهیزات اجرا آسیب رساند. همچنین پس از پخت و تشکیل فیلم، مواد کاملاً خنثی بوده و تمام مواد موجود در ترکیب به طور کامل با یکدیگر واکنش داده باشند.

#### ۵-۳-۵-۳- زمان خشک شدن ترافیکی

طبق روش آزمون ASTM D 711، مواد پلاستیک سرد که بخوبی با یکدیگر مخلوط شده و با دانه‌های شیشه‌ای اشباع گردیده‌اند، چنانچه در دمای  $24 \pm 0.5$  درجه سانتیگراد و با ضخامت ۳۷۵ میکرون اجرا شده باشند، زمان خشک شدن ترافیکی آنها نباید بیش از ۲۰ دقیقه باشد. اگرچه زمان خشک شدن ترافیکی به عوامل مختلف دیگری از قبیل رطوبت نسبی محیط، دما و جریان هوا (سرعت باد) روی سطح نیز بستگی دارد [۸].

#### ۵-۳-۵-۴- فام رنگی

طبق استاندارد EN 1871, Appendix E و استاندارد ASTM E 1349 با هندسه  $45/0$  تحت منبع نوری C، فاکتور روشنایی Y در نور یک فیلم خط‌کشی با فام سفید باید حداقل ۸۰ و با فام زرد حدود ۳۶ تا ۵۹ بوده و همچنین نتایج اندازه‌گیری داده‌های رنگی

برای فام‌های زرد و سفید مطابق جدول ۵-۱۱ باشد [۱]. محاسبات مطابق با استاندارد ASTM E 308 تحت زاویه مشاهده گر ۲۰ انجام می‌شود.

جدول ۵-۱۱: داده‌های رنگی قابل قبول برای مواد خط‌کشی پلاستیک سرد

۴	۳	۲	۱		
۰/۳۵۰	۰/۳۳۰	۰/۳۱۰	۰/۲۹۰	مقادیر X	سفید
۰/۳۴۰	۰/۳۶۰	۰/۲۹۵	۰/۳۱۵	مقادیر Y	
۰/۵۳۶	۰/۵۱۲	۰/۴۹۱	۰/۴۷۴	مقادیر X	زرد
۰/۴۶۳	۰/۴۸۶	۰/۴۳۵	۰/۴۵۵	مقادیر Y	

#### ۵-۵-۳-۵- مقاومت در برابر سُر خوردگی

مطابق با روش شرح داده شده در استاندارد ASTM E 303، ضریب سُر خوردگی سطح خط‌کشی شده با مواد پلاستیک سرد و با قابلیت بازتاب نور برگشتی برای خط‌کشی‌های طولی باید از  $SRT$  ۴۵ و خط‌کشی‌های عرضی، فلش‌ها و خط‌نوشته‌ها کمتر از  $SRT$  ۵۰ نباشد.

**نکته ۱:** اندازه‌گیری در مناطقی انجام می‌شود که در آنها از ماشین‌های برف‌روب برای تمیز کردن سطح جاده استفاده نشده باشد.

**نکته ۲:** مقدار ضریب سُر خوردگی برابر با  $BPN$  ۴۵ متوسط اندازه‌گیری‌های انجام شده در محل‌های عبوری و غیر عبوری چرخ خودروها در نظر گرفته می‌شود.

#### ۵-۵-۳-۵- انعکاس

طبق روش آزمون ASTM D 4061، فیلم‌های خط‌کشی پلاستیک سرد باید دارای مقادیر اولیه انعکاسی درج شده در جدول ۵-۱۲ باشند.

جدول ۵-۱۲: مقادیر فتومتری و  $R_L$  روشنایی برای مواد خط‌کشی پلاستیک سرد

زاویه (فام زرد)			زاویه (فام سفید)			
۸۶/۵	۸۶	۸۶	۸۶/۵	۸۶	۸۶	زاویه ورودی
۱/۰	۰/۵	۰/۲	۱/۰	۰/۵	۰/۲	زاویه مشاهده
۱۷۵	۲۵۰	۴۱۰	۴۰۰	۵۰۰	۷۰۰	روشنایی منعکس شده $R_L$ ( $mcd.m^{-2}.lx^{-1}$ )

#### ۵-۳-۷-۵-۷-۵-۳-۵ استحکام کششی

مطابق با استاندارد ASTM D 638، باید استحکام کششی فیلم تهیه شده از مواد ترموپلاستیک سرد در مقطع عرضی حداقل برابر با ۷/۱۸ کیلو پاسکال باشد.  
نکته ۱: نمونه با ابعاد ۲۵ × ۱۵۰ میلی‌متر تهیه شده و آزمون در دمای بین ۲۱/۱ تا ۲۶/۷ درجه سانتیگراد و با سرعت کششی ۲۵ الی ۳۰ سانتی‌متر بر دقیقه انجام می‌شود.

#### ۵-۳-۸-۵-۳-۵ ازدیاد طول

مطابق با روش آزمون استاندارد ASTM D 638، باید ازدیاد طول در نقطه شکست نمونه مورد بررسی، حداقل ۵۰ درصد باشد.  
نکته ۱: نمونه با ابعاد ۲۵ × ۱۵۰ میلی‌متر تهیه شده و آزمون در دمای بین ۲۱/۱ تا ۲۶/۷ درجه سانتیگراد و با سرعت کششی ۲۵ الی ۳۰ سانتی‌متر بر دقیقه انجام می‌شود.

#### ۵-۳-۹-۵-۳-۵ چسبندگی

مواد پلاستیک سرد باید چسبندگی مناسبی بر روی سطوح آسفالت و بتنی داشته باشند و اجرای خط‌کشی روی سطوح بتنی باید حداقل ۳۰ روز پس از پایان عملیات راه‌سازی بوده و قبل از اجرا نیز یک لایه آستر روی سطح اجرا شود.

#### ۵-۳-۱۰-۵-۳-۵ قابلیت‌های تولید کننده

حصول اطمینان از اینکه تولید کننده رنگ تأییدیه انجام آزمون‌های ضروری را از مراکز علمی و معتبر مورد تأیید وزارت راه و ترابری داشته و همچنین از امکانات پیشرفته، قابلیت تولید و تکنولوژی تولید نیز برخوردار باشد.

#### ۵-۴- چک‌لیست خرید رنگ‌های دوجزئی و کنترل‌های لازم در هنگام خرید

پس از کنترل خصوصیات الزامی توسط سازمان‌ها و موسسات مورد تایید، پیمانکار موظف است برای کنترل کیفیت رنگ سرد مصرفی در هنگام خرید و قبل از اجرا، مشخصات فنی محصول را طبق چک‌لیست زیر کنترل و در صورت تطابق نتایج حاصله با نتایج توصیه شده اقدام به اجرای خط‌کشی کند.

#### ۵-۴-۱- بسته‌بندی و برچسب رنگ‌های دوجزئی ترافیکی

بسته‌بندی مواد باید به گونه‌ای باشد که از مواد در مقابل نور و رطوبت محافظت نماید. همچنین شرح کاملی از نحوه اجرا مواد و موارد ایمنی در تماس با مواد باید قید شود.

۱. برچسب مواد باید حاوی اطلاعات زیر باشد:

- نام سازنده و آدرس آن
  - نام تجاری و شیمیایی مواد
  - ترکیبات رزین و شبکه ساز
  - نسبت حجمی اختلاط مواد
  - فام رنگی
  - شماره بچ تولیدی
  - محدوده دمایی برای نگه داری
  - تاریخ تولید
  - تاریخ انقضای مواد (معمولاً دو سال پس از تولید)
۲. ارسال یک نسخه از طیف مادون قرمز مواد به همراه برگه مشخصات توسط سازنده (بویژه برای اپوکسی‌های دوجزئی)
۳. مشخصات دانه‌های شیشه‌ای مصرفی

پیمانکار باید نتایج آزمون‌های تعیین میزان گردی، ضریب شکست، خصوصیات

جریان‌پذیری و درجه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای را همراه با مقدار و شماره بچ تولیدی ارائه کند.

## ۵-۵- خصوصیات اجرایی مواد خط‌کشی دو جزئی

## ۵-۵-۱- تجهیزات

تجهیزات مواد خط‌کشی دو جزئی باید قادر به اسپری و اجرای هر دو فام رنگی باشند. ماشین اجرا باید مجهز به یک سیستم هوای فشرده برای تمیز کردن سطح قبل اجرا باشد. تجهیزات اجرا باید به گونه‌ای طراحی شده باشند که قادر به اسپری مایعات دو جزئی از طریق تیوب‌های استاتیک بدون هوا بوده و دارای پیستوله‌های موازی پاشش دو دهانه‌ای باشند که اجزای سیستم با نسبت‌های تعریف شده (دو به یک یا یک به یک) در دهانه پیستوله پاشش با یکدیگر مخلوط و سپس روی جاده پاشیده شوند.

مواد خط‌کشی دو جزئی باید توسط ماشین‌آلاتی اجرا شوند که قابلیت تنظیم مواد با نسبت‌های توصیه شده توسط سازنده مواد را داشته باشد. همچنین چنانچه در زمان اختلاط و در دهانه پیستوله پاشش مواد نیاز به حرارت داشته باشند، تجهیزات اجرا باید قادر به ایجاد حرارت مورد نیاز باشند. تجهیزات اجرا باید مجهز به درجه فشار مخازن رزین و هاردنر و علائم نشان‌دهنده میزان مصرف و موجودی مخازن باشند تا هرگونه تغییر یا اختلاف در فشار و مقدار به راحتی کنترل شود.

به طور کلی تجهیزات اجرا باید دارای خصوصیات زیر باشد:

- قابلیت توزیع یکنواخت و با نسبت‌های تعیین شده از هر دو جزء ترکیب رنگ؛
- دارا بودن مخازن جداگانه نگه‌داری برای اجزای ترکیب رنگ دو جزئی؛
- تجهیزات و قابلیت نگه‌داری جزء رزینی در دمای توصیه شده توسط سازنده مواد و نیز قابلیت ایجاد حرارت لازم در سر مخزن رنگ و دهانه پیستوله پاشش رنگ را در حد رواداری تعیین شده توسط سازنده مواد (بویژه مواد اپوکسی)؛
- دارا بودن مخازن جداگانه و با حجم کافی برای نگه‌داری دانه‌های شیشه‌ای نوع

I و II؛



- دارا بودن دو پاشنده (توزیع کننده) همزمان برای دو نوع دانه‌های شیشه‌ای، هر کدام از توزیع کننده‌ها باید قابلیت اجرای ۲/۴ کیلوگرم بر لیتر دانه‌های شیشه‌ای را داشته باشند؛
- ثابت نگه داشتن دما در محدوده تعیین شده؛
- وجود درجه فشار پمپ بر روی هر یک مخازن نگه داری مواد برای کنترل مداوم مواد و تعیین میزان مصرف آنها؛
- وجود یک محفظه با طول مناسب (حداقل ۶۱۰ میلیمتر) برای اختلاط کافی و مناسب دو قسمت مواد؛
- هر دو جزء ترکیب باید هموژن و یکنواخت باشد؛
- دارا بودن ظرفیت اختلاط همزمان هر دو جزء A و B و همچنین وجود تجهیزات نصب شده روی کامیون با اندازه مناسب و پایدار، با قدرت مناسب برای اجرای خط‌کشی یکنواخت و با ابعاد مشخص از پیش تعیین شده است.

#### ۲-۵-۵- آماده‌سازی سطح جاده و زمان اجرای خط‌کشی

##### ۱-۲-۵-۵- سطح بتنی تازه اجرا شده

مواد پخت شده اضافی باقیمانده روی سطح باید به طور کامل برداشته شوند. شستشو با آب تحت فشار، سند بلاست یا شات بلاست سطح برای برداشتن مواد اضافی حاصل از ترکیبات سیمانی توصیه می‌شود.

##### ۲-۲-۵-۵- سطح آسفالت جدید

مواد اپوکسی را می‌توان بلافاصله پس از اجرای آسفالت و سرد شدن آن اجرا کرد. در این صورت سطح آسفالت باید عاری از هر گونه مواد آسفالت اضافی و روغن‌ها باشد، اما جهت حصول نتیجه بهتر توصیه می‌شود که اجرای خط‌کشی با مواد دوجزئی در فاصله ۱۴ الی ۳۰ روز پس از اجرای آسفالت صورت گیرد.

به طور کلی می‌توان زمان مناسب جهت اجرای خط‌کشی را بشرح زیر خلاصه کرد:  
 مواد خط‌کشی دو جزئی روی سطوح بتنی باید دارای حداقل ضخامت ۳۷۵ میکرون و روی  
 سطوح آسفالت دارای حداقل ضخامت ۵۰۰ میکرون باشند. مواد اپوکسی را نباید پیش از  
 ۱۵ روز از اجرای آسفالت تازه و ۳۰ روز پس از اجرای بتن روی سطح روسازی اجرا کرد.

### ۳-۵-۵- ضخامت خط‌کشی با مواد دو جزئی

ضخامت خط‌کشی با مواد دو جزئی بسته به نوع روسازی و شرایط موجود متغیر  
 است. ضخامت خط‌کشی بدون در نظر گرفتن دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده مطابق با  
 جدول ۱۳-۵ تعیین می‌شود. همچنین میزان مصرف لیتر بر کیلومتر مواد دو جزئی اسپری  
 شونده با ضخامت ۵۰۰ میکرون باید مطابق با مقادیر درج شده در جدول ۱۴-۵ باشد.

جدول ۱۳-۵: ضخامت خط‌کشی‌های انجام شده با مواد دو جزئی اسپری شونده روی سطوح مختلف

ضخامت (میکرون)	نوع سطح روسازی
۵۰۰±۵۰	آسفالت یا بتن صیقلی
۵۰۰±۵۰	بتن جدید
۶۲۵±۵۰	بتن زیر
۶۲۵±۵۰	سیل کوت
۵۰۰±۵۰	آسفالت جدید
۵۵۰±۵۰	آسفالت زیر
۵۰۰±۵۰	چیپ سیل

جدول ۱۴-۵: میزان مصرف مواد خط‌کشی دو جزئی با ضخامت ۵۰۰ میکرون بر حسب لیتر بر کیلومتر

پهنای خطوط (میلیمتر)				نوع خطوط
۳۰۰	۲۰۰	۱۵۰	۱۰۰	
۱۵۵	۱۰۳	۷۸	۵۲	خط پیوسته
۴۰	۲۶	۲۰	۱۳	خط منقطع (سه خالی، یک پر)
۰/۵ لیتر بر متر مربع				خط نوشته‌ها و فلش‌ها

۵-۶- عیوب موجود در خط‌کشی‌های دو جزئی و روش‌های برطرف کردن آنها [ ]  
 معمولاً مشکلاتی که در حین اجرای خط‌کشی بروز می‌نمایند را با تدابیر خاص می‌توان زمان اجرا برطرف کرد. برخی از مشکلات متداول با مواد دو جزئی سرد و همچنین راه‌حل‌های رفع آنها در جدول ۵-۱۵ خلاصه شده است.

جدول ۵-۱۵: مشکلات و راه‌حل‌های برطرف کردن آنها در عملیات خط‌کشی با رنگ سرد دو جزئی [ ]

مشکلات	راه‌حل‌ها
ضخامت زیاد در قسمت مرکزی یا محوری خط‌کشی	❖ تعویض نازل خروجی
	❖ کاهش اندازه نازل خروجی
	❖ کاهش فشار
ضخامت کم در قسمت مرکزی یا محوری خط‌کشی	❖ تعویض نازل خروجی
	❖ افزایش اندازه نازل خروجی
ایجاد طرح موج‌دار	❖ نشستی یا نقص در شلنگ‌های تغذیه ممکن است باعث اجرای نایکنواخت گردد.
	❖ بررسی هیدرولیک‌ها
نازک بودن یک لبه خط‌کشی و ضخیم بودن لبه دیگر آن	❖ تعویض یا پاک کردن نازل‌های خروجی رنگ
پهن بودن بیش از حد خط‌کشی	❖ پایین آوردن ارتفاع پیستوله پاشش
	❖ انتخاب اندازه مناسب برای نازل خروجی
	❖ تنظیم زاویه نازل خروجی
باریک بودن بیش از حد خط‌کشی	❖ بالا بردن محل پیستوله پاشش
	❖ انتخاب اندازه مناسب برای نازل خروجی رنگ
	❖ تنظیم زاویه نازل خروجی
نازک بودن بیش از حد خط‌کشی	❖ افزایش اندازه نازل خروجی
	❖ کاهش سرعت حرکت ماشین خط‌کشی کننده
	❖ افزایش فشار
ضخامت بیش از حد خط‌کشی	❖ کاهش اندازه نازل خروجی

❖ افزایش سرعت حرکت ماشین خط‌کشی کننده	
❖ کاهش فشار	
❖ کاهش مقدار هاردنر	تیرگی خط‌کشی‌ها
❖ بازسازی پمپ‌های فشار بالا	
❖ افزایش مقدار هاردنر	مدت زمان زیاد برای سخت شدن
❖ بازسازی پمپ‌های با فشار بالا	خط‌کشی
❖ تعویض یا پاک کردن شیر فلکه‌ها	سخت نشدن خوب برخی نقاط
❖ بازرسی فشار مخزن	
❖ افزایش دمای مواد	ترک یا شیارهای عرضی
❖ تعویض نازل‌های خروجی	
❖ تنظیم فشار ماده	

یکی از نقاط منفی مواد خط‌کشی اپوکسی، طولانی بودن زمان خشک شدن آنها نسبت به سایر مواد خط‌کشی است، بگونه‌ای که در بعضی اوقات این زمان تا بیش از ۴۰ دقیقه هم طول می‌کشد. اگر یک ماده خط‌کشی دو جزئی، مانند اپوکسی در زمان توصیه شده خشک و سخت نشود، احتمالاً اجزاء ترکیب به طور صحیح با یکدیگر مخلوط نشده‌اند و یا نسبت صحیح اجزای ترکیب رعایت نشده است. در این حالت، محصولات دو جزئی باید از سطح روسازی پاک شوند و جاده مجدداً خط‌کشی شود. فرمولاسیون‌های جدیدی نیز وجود دارند که زمان‌های خشک شدن ترافیکی آنها بسته به شرایط آب و هوایی کمتر از ۳۰ ثانیه می‌باشد، ولی این مواد کمی گرانتر از اپوکسی‌های معمولی هستند. رنگ پدیدگی ناشی از عدم ثبات رنگ تحت تابش اشعه UV نیز مسئله‌ای است که در مورد مواد خط‌کشی اپوکسی وجود دارد. اپوکسی‌ها را همچنین نمی‌توان بر روی خط‌کشی‌هایی بر پایه سایر مواد اجرا کرد. همین موضوع کاربرد آنها را به عنوان مواد خط‌کشی مجدد محدود می‌کند.

### ۷-۵- نحوه و درصد مصرف دانه‌های شیشه‌ای

مصرف دانه‌های شیشه‌ای در اجرای خط‌کشی‌های ترافیکی به یکی از روش‌های زیر می‌باشد.

نوع A: اجرای اسپری مواد همراه با دانه‌های شیشه‌ای یا اگریگیت‌ها؛

نوع B: اجرای اسپری مواد بدون دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط شونده یا

اگریگیت‌ها و سپس اجرای دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده و اگریگیت‌ها، بلافاصله پس از اجرای خط‌کشی؛

نوع C: اجرای خط‌کشی به روش اکستروژن یا اسکرید مواد همراه با دانه‌های

شیشه‌ای پیش مخلوط شونده و اجرای دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده بلافاصله پس از اجرای خط‌کشی؛

به طور کلی دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط شونده باید دارای خصوصیات زیر باشد:

#### ۷-۵-۱- دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط شونده

دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط شونده بدون پوشش باید تمیز، شفاف، بدون رنگ

و عاری از هرگونه حباب‌های هوا باشند. سطح دانه‌های شیشه‌ای نباید دارای خراشیدگی و

یا سائیدگی باشد. دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط شونده باید شرایط مندرج در استاندارد

AASHTO M247 Type 1 را دارا باشند [۲۲].

#### • گردی دانه‌های شیشه‌ای

مطابق با روش آزمون استاندارد ASTM D 1155 میزان گردی دانه‌های شیشه‌ای

نباید کمتر از ۷۰ درصد باشد.

#### • دانه‌بندی

مطابق با روش آزمون ASTM D 1214 و با استفاده از الک‌های استاندارد

امریکایی دانه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای باید مطابق با جدول ۵-۱۶ باشد.

• ضریب شکست

ضریب شکست دانه‌های شیشه‌ای (چنانچه با روش غوطه‌وری در مایع در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد تعیین شود)، باید حداقل ۱/۵ باشد. درصد سیلیکای دانه‌های شیشه‌ای گرد باید حداقل ۶۰ درصد وزنی باشد.

جدول ۱۶-۵: مشخصات طبقه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط در رنگ‌های دو جزئی ترافیکی

شماره الک	اندازه (میکرون)	میزان درصد وزن عبوری
۱۸	۱۰۰۰	۱۰۰-۸۰
۵۰	۳۰۰	۵۰-۲۰
۸۰	۱۸۰	۱۰-۰

۵-۷-۲- مشخصات دانه‌های شیشه‌ای روپاشی (سیستم دوبار روپاشی)<sup>۱</sup>

الف: برای روپاشی بار اول، از دانه‌های شیشه‌ای درشت‌تر که با سیستم مواد دو جزئی سازگاری داشته و مشخصات آنها مطابق با استاندارد AASHTO M 247 نوع (FP-96, Type 4) و اندازه I باشد، باید استفاده شود [۲۲]. مشخصات طبقه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای درشت باید مطابق جدول ۱۷-۵ باشد.

جدول ۱۷-۵: مشخصات طبقه‌بندی دانه‌های روپاشی شونده درشت (اندازه I) مصرفی در

رنگ‌های دو جزئی

شماره الک	اندازه (میکرون)	میزان درصد باقیمانده
۱۰	۲۰۰۰	صفر
۱۲	۱۷۰۰	۵-۰
۱۴	۱۴۰۰	۲۰-۵
۱۶	۱۱۸۰	۸۰-۴۰
۱۸	۱۰۰۰	۴۰-۱۰
۲۰	۸۵۰	۵-۰
	Pan	۲-۰

ب: برای روپاشی بار دوم از دانه‌های شیشه‌ای منظم که بطور خاص برای سازگاری با سیستم دو جزئی تهیه شده و مشخصات مطابق با استاندارد AASHTO M 247, Type 1 و اندازه II باشد، باید استفاده شود [۲۲]. مشخصات طبقه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای ریز باید مطابق جدول ۱۸-۵ باشد.

جدول ۱۸-۵: مشخصات طبقه‌بندی دانه‌های شیشه‌ای روپاشی ریز (اندازه II) مصرفی در رنگ‌های دو جزئی

میزان درصد وزن عبوری	اندازه (میکرون)	شماره الک
۵-۰	۸۵۰	۲۰
۲۰-۵	۶۰۰	۳۰
۷۵-۳۰	۳۰۰	۵۰
۳۲-۹	۱۸۰	۸۰
۵-۰	۱۵۰	۱۰۰
۲-۰	Pan	

پ: هر دو نوع دانه‌های شیشه‌ای مصرفی باید دارای پوشش‌های ضد رطوبت و بهبود دهنده چسبندگی و سازگار با سیستم دو جزئی باشند. پوشش دانه‌های شیشه‌ای درشت (اندازه I) باید از نوع بهبود دهنده چسبندگی بر پایه ترکیبات سیلانی باشد و زمانی که آزمون حلالی کلردار<sup>۱</sup> روی آنها انجام می‌شود باید رنگ زرد مایل به سبز فلورسنس از خود نشان دهند. پوشش دانه‌های شیشه‌ای ریز (اندازه II) باید از نوع ضد رطوبت باشد. هیچکدام از دو نوع دانه‌های شیشه‌ای مصرفی نباید در زمان نگهداری در انبار تمایلی برای جذب رطوبت و یا کلوخه‌شدن با یکدیگر را داشته باشند. در هر زمانی که سطح و شرایط جوی برای اجرای خط‌کشی مناسب باشد، دانه‌های شیشه‌ای باید از تجهیزات پاشش دانه‌های شیشه‌ای به راحتی جریان پیدا کرده و پخش شوند. میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای روپاشی نباید کمتر از یک کیلوگرم به ازای هر متر مربع باشد.

1- Dansyl Chloride Test Procedure

- بازتاب نور برگشتی

مقادیر اولیه میزان بازتاب نور برگشتی برای فام‌های سفید و زرد باید مطابق مقادیر درج شده جدول ۵-۱۹ بوده و حداقل طی ۳۰ روز، تغییری در آنها ایجاد نشود.

جدول ۵-۱۹: مقادیر اولیه میزان بازتاب نور برگشتی برای برای خط‌کشی با مواد دو جزئی

میزان بازتاب نور برگشتی ( $\text{mcd/lux/m}^2$ )	فام رنگی
۳۷۵	سفید
۲۵۰	زرد



- 1- EN 1871:2000, "**Road Marking Materials- Physical Properties**".
- 2- Carlos A. Lopez, P.E., "**Pavement Marking Handbook**", Copyright © 2004 by Texas Department of Transportation.
- 3- J. Migletz, J. k. Fish and J. L. Graham, "**Roadway delineation Practices Handbook**". Office of Safety and Office of Technology Applications, Federal Highway Administration, FHWA-SA-93-001, August 1994.
- 4- ASTM D 476-00(2005) Type II & III: "**Standard Classification for Dry Pigmentary Titanium Dioxide Products**".
- 5- ASTM D 211-67(2002) Type III: "**Standard Specification for Chrome Yellow and Chrome Orange Pigments**".
- 6- ASTM D 1652-04:2002: "**Standard Test Method for Epoxy Content of Epoxy Resins**".
- 7- ASTM D 2074-92(1998): "**Standard Test Methods for Total, Primary, Secondary, and Tertiary Amine Values of Fatty Amines by Alternative Indicator Method**".
- 8- ASTM D 711-89(2004): "**Standard Test Method for No-Pick-Up Time of Traffic Paint**".
- 9- ACI 503.6R-97: "**Guide for the Application of Epoxy and Latex Adhesives for Bonding Freshly Mixed and Hardened Concretes (Reapproved 2003)**".
- 10- ASTM D 2240-97 :2003: "**Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness**".
- 11- ASTM D 638: "**Test Method for Tensile Properties of Plastics**".

- 12- ASTM D 695:2003: "*Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics*".
- 13- ASTM C 501 : "*Test Method for Relative Resistance to Wear of Unglazed Ceramic Tile by The Taber Abraser*".
- 14- ASTM D 2794-93(2004): "*Standard Test Method for Resistance of Organic Coatings to the Effects of Rapid Deformation (Impact)* ".
- 15- ASTM G 53:2003: "*Accelerated Weathering Testing (QUV)*", Practice for Operating Light- and Water-Exposure Apparatus (Fluorescent UV-Condensation Type) for Exposure of Nonmetallic Materials
- 16- US FEDERAL STANDARD 595A - 1989 "*Colors*": No. 595A-17855
- 17- ASTM D 1925: 2003: "*Standard Test Method for Yellowness Index of Plastics*".
- 18- ASTM E 97: "Standard Method of Test for Directional Reflectance Factor, 45-Deg 0-Deg, of Opaque Specimens by Broad-Band Filter Reflectometry"; 1982 (Reapproved 1987); Withdrawn 1991.
- 19- Federal Test Method Standard No. 141b, Method 6192: SPECIFICATION for "*PAINT, ALUMINUM, HEAT RESISTANT*", 2005.
- 20- ASTM E 308 :2003: "*Standard Practice for Computing the Colors of Objects by Using the CIE System* ".
- 21- DMS 8290: Departmental Material Specifications DMS-8290: "*Glass Traffic Beads*", 2005.
- 22- AASHTO M247-102 "*Gass Beads used in Traffic Paints*", 2003.







## فصل ششم

### نوارهای پیش ساخته

#### ۶-۱- تعریف

نوارهای پیش ساخته<sup>۱</sup>، نوارهای پلاستیکی انعطاف پذیر و پیوسته‌ای هستند که عمدتاً به روش سرد برای خط‌کشی راه‌ها استفاده می‌شوند. این نوارها در کارخانه و به صورت نوارهای رول یا ورقه‌ای شده با طول‌ها و عرض‌های متفاوت و در فام‌های سفید و زرد عرضه می‌شوند.

از نوارهای پیش ساخته برای خط‌کشی خطوط عابر پیاده، موانع توقف، خط نوشته‌ها و سایر کاربردهای ویژه استفاده می‌شود. این نوارها مانند رنگ‌های ترموپلاستیک گرم، بر روی رویه‌های آسفالتی نسبت به رویه‌های بتونی، دوام و خصوصیات اجرایی بهتری دارند.

#### ۶-۲- انواع نوارها

معمولاً نوارهای خط‌کشی پیش ساخته بر اساس میزان عمر سرویس دهی (دوام) و ترکیب مواد در دو نوع دائم و موقت تقسیم بندی می‌شوند که تفاوت در این دو نوع، ضخامت، روش اتصال به سطح رویه راه و استحکام چسبندگی آنها می‌باشد [۱].

#### ۶-۲-۱- انواع نوارهای پیش ساخته دائمی

بر اساس استاندارد ASTM D 4505 نوارهای پیش ساخته دائمی به نوارهایی گفته می شود که پس از اجرا در شرایط استاندارد، با حداکثر تردد روزانه معادل ۱۵۰۰۰، حداقل ۱۲ ماه دوام داشته باشند [۲]. نوارهای پیش ساخته دائمی ضخیم هستند و به دو روش "کار گذاری"<sup>۱</sup> و "روکش دهی"<sup>۲</sup> روی سطح اجرا می شوند (بند ۶-۵-۲). نوارهای پیش ساخته بادوام در ۷ نوع مختلف و هر نوع در ۵ گروه به صورت زیر تقسیم می شوند.

### • انواع

۱. نوارهایی که دارای مواد بازتابنده هم بر روی سطح و هم به صورت درون مخلوط هستند.
۲. نوارهایی که دارای مواد بازتابنده فقط به صورت درون مخلوط هستند.
۳. نوارهایی که هیچ ماده بازتابنده ای ندارند.
۴. نوارهایی که مواد بازتابنده سطحی دارند.
۵. نوارهای طرح داری که مواد بازتابنده درون مخلوط، روی برجستگی طرح ها قرار گرفته اند.
۶. نوارهایی که علاوه بر مواد بازتابنده، دارای دانه های مقاوم کننده در برابر سُر خوردگی سطحی نیز هستند.
۷. نوارهای طرح داری که ضمن داشتن مواد بازتابنده و دانه های مقاوم کننده در برابر سُر خوردگی روی سطح برجستگی طرح ها، دارای مواد بازتابنده به صورت درون مخلوط نیز هستند.

### • گروه ها

۱. نوارهای بدون لایه چسب که برای اجرای آنها باید از چسب استفاده شود.

---

1- Inlay  
2- Overlay

۲. نوارهای دارای لایه چسب حساس به فشار که برای اجرا نیازی به آستر و یا چسب اضافه ندارند.
۳. نوارهایی که بر روی سطح زیرین خود دارای چسب حساس به فشار هستند، اما برای اجرا نیاز به آستر و یا چسب هم دارند.
۴. نوارهایی با لایه چسب حساس به فشار و یک لایه فیلم قابل برداشت روی آن که برای اجرا نیاز به آماده‌سازی سطح یا اجرای آستر دارند.
۵. نوارهای دارای چسب حساس به فشار و یک لایه فیلم قابل برداشت روی آن که برای اجرا نیاز به آماده‌سازی سطح یا اعمال آستر ندارند.
۶. در بین نوارهای دائمی، پلی‌یورتان‌ها و پلیمرهای انعطاف‌پذیر، بیشترین کاربرد را دارند [۱].

#### ۶-۲-۱-۱- پلی‌یورتان‌ها

پلی‌یورتان‌ها مواد اکسترود شده‌ای هستند که از مواد ترموپلاستیک حاوی دانه‌های شیشه‌ای، با و یا بدون یک لایه پوشش نهایی از دانه‌های شیشه‌ای تهیه می‌شوند. این مواد معمولاً دارای ضخامتی در حدود ۱۵۰۰ الی ۲۳۰۰ میکرون می‌باشند. این نوع نوارها در اکثر موارد دارای یک لایه چسب حساس به فشار می‌باشند در انواع بدون چسب، برای چسباندن نوارها به سطح از چسب استفاده می‌شود.

#### ۶-۲-۱-۲- پلیمرهای انعطاف‌پذیر

گروه دوم مواد پلاستیکی اجرای سرد، موادی پلیمری هستند که انعطاف‌پذیری بیشتری از مواد اکسترود شده دارند. در مواقعی که بازتاب نور برگشتی مورد نیاز باشد، استفاده از انواع دارای لایه‌ای حاوی دانه‌های شیشه‌ای توصیه می‌شود. ضخامت استاندارد این نوع فیلم‌های نواری از حدود ۷۶۰ الی ۱۵۰۰ میکرون متغیر می‌باشد. نوارهای پلیمری



انعطاف پذیر معمولاً همراه با یک لایه چسب حساس به فشار، برای ایجاد خاصیت خود-چسبی اجرا می شوند.

#### ۶-۲-۲- نوارهای پیش ساخته موقت

بر اساس استاندارد ASTM D 4592 نوارهای پیش ساخته موقت، نوارهایی هستند که پس از اجرا در شرایط استاندارد، با حداکثر میزان تردد روزانه معادل ۱۵۰۰۰، تا ۳ ماه دوام داشته باشند. نوارهای خط کشی پیش ساخته موقت، معمولاً با روش "روکش دهی" اجرا می شوند [۳]. ضخامت نوارهای خط کشی موقت، کمتر از ضخامت نوارهای بادوام است. نوارهای خط کشی پیش ساخته موقت دارای یک لایه چسب برای ایجاد خاصیت خود چسبی بوده و همراه با یک لایه نازک فویل آلومینیومی به بازار عرضه می شوند. مزیت این نوارها، راحتی برداشتن آنها است [۱].

بر اساس استاندارد ASTM D 4592 نوارهای پیش ساخته موقت را می توان به دو نوع مختلف تقسیم کرد:

۱. **نوارهای قابل برداشتن (TR):** نوارهایی هستند که پس از پایان عمر سرویس دهی به راحتی در دمای بالاتر از ۴ درجه سانتیگراد (دمای سطح روسازی) از روی سطح برداشته می شوند. ابعاد قطعاتی که از روی سطح جدا می شوند، نباید کوچکتر از ۶۰۰ سانتیمتر مربع باشد. برای جدا سازی نوارها به هیچ گونه حرارت دهی، استفاده از تینر، خراشیدن سطح و یا ابزارهایی که به سطح روسازی آسیب رسانند، نیازی نیست. برداشتن نوارها، به صورت دستی و ماشینی امکان پذیر است.
۲. **نوارهای غیر قابل برداشتن (TN):** ویژگی "قابلیت برداشته شدن" نوارهای نوع اول در مورد این نوارها الزامی نیست. معمولاً از این نوع نوارها جهت خط کشی یا علامت گذاری سطح راه در مدتی که راه در دست ترمیم یا ساخت است، استفاده می شود.

### ۶-۳-۳- آزمون‌ها و ویژگی‌های نوارها جهت خط‌کشی

تأیید کیفیت نوارهای خط‌کشی پیش‌ساخته منوط به بررسی خواص فیزیکی، استحکام کششی، میزان افزایش طول، بازتاب نور برگشتی، اندیس سفیدی (در نوارهای با فام سفید)، چسبندگی و اندیس فرسایش آنها می‌باشد. برای انجام آزمون‌های مختلف ابتدا باید از نوارهای مورد نظر به طور صحیحی نمونه‌برداری شود بگونه‌ای که نمونه شاخص صحیحی از کل محصول مورد نظر باشد.

#### ۶-۳-۱- نمونه‌برداری

نمونه‌برداری مطابق با استاندارد ASTM D 1898، به صورت آماری و تصادفی انجام می‌شود. معمولاً یک تکه بزرگ از نمونه به تعداد زیادی از تکه‌های کوچک ترجیح داده می‌شود [۴].

#### ۶-۳-۲- خواص فیزیکی

خواص فیزیکی الزامی نوارهای بادوام به شرح زیر است:

- نوار باید انعطاف‌پذیر و سازگار با سطح روسازی باشد.
- ضخامت انواع نوارهای دائمی، بدون در نظر گرفتن ضخامت چسب آن، نباید کمتر از ۱۵۰۰ میکرون باشد.
- نوارها در هنگام اجرا طبق دستورالعمل توصیه شده توسط سازنده باید بر روی سطح روسازی با حداقل دمای ۱۰ درجه سانتیگراد بچسبند.
- نوارهای مورد نظر باید بدون ترک‌خوردگی بوده و گوشه‌ها و لبه‌های آن هم کامل و صاف باشد.

خواص فیزیکی الزامی نوارهای موقت به شرح زیر است:

- ضخامت انواع نوارهای موقت، بدون در نظر گرفتن ضخامت چسب آن، نباید کمتر از ۵۰۰ میکرون باشد.

- نوارها باید فیلم‌های بازتابنده‌ای باشند که یک طرف آنها با یک لایه از چسب حساس به فشار پوشانده شده است.
- نوارها باید انعطاف پذیر و سازگار با سطح روسازی باشند.
- نوارها در هنگام اجرا طبق دستورالعمل توصیه شده توسط سازنده باید بر روی سطح روسازی با حداقل دمای ۱۰ درجه سانتیگراد بچسبند.
- بلافاصله پس از اجرای خط‌کشی با نوار، مسیر ترافیک باید آماده تردد باشد. لذا جهت تثبیت یا انجام فرایند شیمیایی نباید هیچ زمانی صرف شود.
- نوارهای مورد نظر باید بدون ترک خوردگی بوده و گوشه‌ها و لبه‌های آنها کامل و صاف باشد. طول و عرض واقعی نوارهای مورد نظر نباید کمتر از مقادیر ذکر شده در اسناد مناقصه خرید باشد و همچنین عرض واقعی آنها نباید بیش از ۳ میلیمتر از عرض اسمی آنها تفاوت داشته باشد.

### ۶-۳-۳- فام رنگی

**نوارهای بادوام:** فام رنگی نوارهای سفید نباید تیره‌تر از نمونه واقعی ۳۷۷۷۸ استاندارد جهانی شماره ۵۹۵ باشد. فام رنگی نوارهای زرد باید با استاندارد FHWA Highway Yellow Color Tolerance Chart, PR Color No. 1 مطابقت داشته باشد.

**نوارهای کم‌دوام:** فام رنگی نوارهای سفید و زرد باید مطابق با خصوصیات ذکر شده در استاندارد ASTM D 6628 باشند [۵].

### ۶-۳-۴- بازتاب نور برگشتی

نوارهای پیش ساخته اغلب از بازتاب نور برگشتی قابل ملاحظه‌ای برخوردار نیستند. در واقع، قیمت بالا و نقص در حفظ قابلیت بازتاب نور برگشتی در زمان سرویس‌دهی، باعث محدودیت در به کارگیری این مواد در خط‌کشی مناطق شهری شده است. به همین دلیل هم استفاده از این نوع سیستم خط‌کشی فقط برای جاده‌هایی که دارای

روشنایی کافی هستند و یا هنگامی که خط‌کشی‌هایی در حجم کم و با دوام زیاد مورد نظر باشد، توصیه می‌شوند.

**نوارهای بادوام نوع اول، چهارم، پنجم، ششم و هفتم،** باید بازتابنده بوده و تحت نور چراغ جلوی اتومبیل در شب به وضوح قابل رویت باشند. حداقل میزان بازتاب نور برگشتی این نوارها بلافاصله پس از اجرا در صورت اندازه‌گیری مطابق با آزمون استاندارد ASTM D 4061 باید منطبق با مقادیر درج شده در جدول ۶-۱ باشد. حداقل ابعاد نمونه مورد آزمون باید ۶۱ سانتیمتر در ۷۶ سانتیمتر باشد [۶].

جدول ۶-۱: مقادیر بازتاب نور برگشتی نوارهای بادوام برای شرایط خشک

بازتاب نور برگشتی ( $\text{mcd/m}^2/\text{lx}$ )		زاویه دید (بر حسب درجه)	زاویه تابش (بر حسب درجه)
زرد	سفید		
۴۰۰	۵۰۰	نوع ۱، ۴	۸۶/۰
۵۰۰	۷۰۰	نوع ۵	
۲۰۰	۳۵۰	نوع ۶، ۷	
۱۷۵	۳۰۰	نوع ۱، ۴	۸۶/۵
۳۰۰	۴۰۰	نوع ۵	
۱۲۵	۲۵۰	نوع ۶، ۷	

**نوارهای موقت** باید بازتابنده بوده و تحت نور چراغ جلوی اتومبیل در شب به وضوح قابل رویت باشند. حداقل میزان بازتاب نور برگشتی این نوارها در صورت اندازه‌گیری طبق آزمون استاندارد ASTM D 4061 بلافاصله پس از اجرا باید منطبق با مقادیر درج شده در جدول ۶-۲ باشد. حداقل ابعاد نمونه مورد آزمون باید ۶۱ سانتیمتر در ۷۶ سانتیمتر باشد [۶].

جدول ۶-۲: مقادیر بازتاب نور برگشتی نوارهای موقتی برای شرایط خشک

حداقل روشنایی ویژه ( $\text{mcd/m}^2/\text{lx}$ ( $R_L$ ))		زاویه دید (بر حسب درجه)	زاویه تابش (بر حسب درجه)
زرد	سفید		
۳۰۰	۵۰۰	۱/۰۵	۸۶/۰

## ۶-۳-۵- حفظ دانه‌های شیشه‌ای

اندازه، کیفیت و ضریب شکست دانه‌های شیشه‌ای مصرفی در خط‌کشی‌های پلاستیک سرد باید مطابق با خصوصیات و ملزومات سایر خط‌کشی‌های ترافیکی باشد. چسبندگی دانه‌های شیشه‌ای به مواد خط‌کشی باید به گونه‌ای باشد که حتی با خراشیدن سطح خط‌کشی نیز از سطح جدا نشوند.

چسبندگی دانه‌های شیشه‌ای به نوارها بدین صورت کنترل می‌شود که نمونه‌ای از نوار در ابعاد  $50 \times 150$  میلی‌متر تهیه شده و مطابق با روش استاندارد ASTM D 522 و با مندرل استوانه‌ای با قطر  $12/7$  میلی‌متر بگونه‌ای خم می‌شود که فاصله بین دو انتهای نمونه نسبت به محور مندرل  $50$  میلی‌متر باشد. با ارزیابی میکروسکوپی محل خم شده نباید بیش از  $10$  درصد دانه‌های شیشه‌ای موجود در نوار از مواد جدا گردد [۷].

## ۶-۳-۶- چسبندگی

نوارهای بادوام باید مطابق با پیشنهاد سازنده، اجرا شوند و در صورت آزمون طبق استاندارد ASTM D 1000 حداقل مقدار چسبندگی آن باید با مقادیر درج شده در جدول ۶-۳ مطابقت داشته باشد [۸].

جدول ۶-۳: چسبندگی نوارهای دائمی به سطح روسازی

حداقل چسبندگی (بر حسب گرم بر اینچ مربع)	دمای آزمون (بر حسب درجه سانتیگراد)	درجه حرارت اجرا (بر حسب درجه سانتیگراد)
۵۰۰	۱۰	۱۰
۵۰۰	۲۴	۲۴
۵۰۰	۴۶	۴۶

نوارهای موقت، باید مطابق پیشنهاد سازنده اجرا شده و در صورت آزمون مطابق با استاندارد ASTM D 1000 حداقل مقدار چسبندگی باید با مقادیر درج شده در جدول ۶-۴ مطابقت داشته باشد [۸].

جدول ۶-۴: چسبندگی نوارهای موقت به سطح روسازی

حدافل چسبندگی (بر حسب نیوتن)	دمای آزمون (بر حسب درجه سانتیگراد)	درجه حرارت اجرا (بر حسب درجه سانتیگراد)
۴/۸۸	۱۰	۱۰
۴/۸۸	۲۴	۲۴
۴/۸۸	۴۶	۴۶

## ۶-۳-۷- مقاومت در برابر سُرخوردگی

## • نوارهای بادوام

حدافل میزان مقاومت سُرخوردگی نوارهای بادوام نوع‌های ۶ و ۷ مطابق با روش آزمون استاندارد ASTM E 303، باید حدافل ۵۰ BPN و برای سایر انواع نوارهای بادوام بیش از ۵۰ BPN باشند [۹].

## • نوارهای موقت

حدافل میزان مقاومت در برابر سُرخوردگی موقت نوارهای موقت نوع اول، بر اساس استاندارد ASTM E 303 باید ۴۵ BPN باشد. نوارهای موقتی نوع دوم که پس از پایان سرویس‌دهی برداشته نشده‌اند و بر روی آنها روکشِ روسازی قرار می‌گیرد، نیازی به تعیین مقاومت در برابر سُرخوردگی ندارند.

## ۶-۳-۸- مقاومت سایشی

اتصالات بین دانه‌های شیشه‌ای و مواد خط‌کشی باید بسیار محکم باشند و با عبور ترافیک و سایشِ دانه‌های شیشه‌ای براحتی از مواد خط‌کشی جدا نشوند. آزمون تعیین مقاومت سایشی برای نوارهای کم دوام، پس از اعمال نوار بر روی پنل‌های استاندارد باید بر اساس استاندارد ASTM D 4060 (یا Federal Test Method 141) و با استفاده از

چرخ ساینده CS-17 و وزنه ۱۰۰۰ گرمی انجام شود. نوارهای موقت نوع اول باید حداقل پس از ۲۰۰۰ دور و نوارهای موقت نوع دوم باید حداقل پس از ۱۰۰۰ دور مقاوم باشند [۱۰]. در نوارهای دائمی، با استفاده از دستگاه آزمون تعیین مقاومت سایشی تیر با چرخ شماره H-18، بارگذاری ۱۲۵ گرم و سیکل آزمون ۲۰۰ بار، میزان جدا شدن دانه‌های شیشه‌ای از مواد خط‌کشی نباید بیشتر از ۱۵ درصد باشد.

### ۶-۳-۹- ویژگی‌های اجرایی

#### • نوارهای خط‌کشی بادوام

- باید دارای حداقل زمان انبارداری یکسال در دمای ۳۸ درجه سانتیگراد باشند.
- نوارهای بادوام در صورتی که طبق دستور سازنده بر روی سطح اجرا گردند باید در تمام مدت عمر سرویس‌دهی خود در برابر شرایط جوی مقاوم باشند و تغییر رنگ، ورامدگی و چروکیدگی نداشته باشند.
- در صورتی که به عنوان نوارهای طولی یا خط‌کشی‌های سطحی مورد استفاده قرار گیرند، باید مقدار بازتاب نور برگشتی آنها در زاویه تابش ۸۶/۵ درجه و زاویه دید ۱/۰ پس از ۲۴ ماه حداقل ۱۰۰ میلی‌کنندلا بر مترمربع بر لوکس باشد.

#### • نوارهای خط‌کشی موقت

- نوارهای موقت در صورتی که طبق دستور سازنده بر روی سطح اجرا گردند باید در تمام مدت عمر سرویس‌دهی خود در برابر شرایط جوی مقاوم باشند و تغییر رنگ، ورامدگی و چروکیدگی نداشته باشند.
- نوارهای خط‌کشی موقت باید دارای حداقل زمان انبارداری یک سال در دمای ۱۰ تا ۳۸ درجه سانتیگراد باشند.

## ۶-۴- چک‌لیست کنترل نوارهای پیش‌ساخته در هنگام خرید و قبل از اجرای خط‌کشی

ارزیابی نوارهای پلیمری با اجرای سرد بهتر است که به صورت میدانی صورت گیرد، اما به‌رحال بررسی استحکام نوار از لحاظ حصول اطمینان به عدم افزایش طول یا تخریب قبل از اجرا نیز ضروری است. آزمون‌های ویژه این گروه از مواد خط‌کشی در جدول ۶-۵ فهرست شده است.

جدول ۶-۵: آزمون‌های کنترل کیفی نوارهای پلیمری پیش‌ساخته

آزمون	روش آزمون	مقدار قابل قبول
مشخصات کلی نوارهای بادوام	ASTM D 4505	---
مشخصات کلی نوارهای کم دوام	ASTM D 4592	---
استحکام کششی <sup>۱</sup>	ASTM D 3759 , ASTM D 638	• در نوارهای موقتی TR <sup>۲</sup> : حداقل ۲۷۵ کیلوپاسکال معادل ۴۰ پوند بر اینچ مربع • در نوارهای دائمی: حداقل ۱۰۳۵ کیلوپاسکال معادل ۱۵۰ پوند بر اینچ مربع
افزایش طول <sup>۲</sup>	ASTM D 3759 , ASTM D 638	حداقل ۰/۷۵
بازتاب نور برگشتی	ASTM D 4061	مطابق بند ۶-۳-۴
چسبندگی	ASTM D 1000	مطابق بند ۶-۳-۵
مقاومت در برابر سر خوردگی	ASTM E 303	مطابق بند ۶-۳-۶
اندیس فرسایش	ASTM D 4060, Fed. Test Method 141 & 6192.1 (با بکارگیری چرخ ساینده CS-17 و بارگذاری ۱۰۰۰ گرم)	مطابق بند ۶-۳-۷

(۱) برای نوارهای موقت غیر قابل برداشت، نیازی به تعیین استحکام کششی و افزایش طول نمی‌باشد.

(۲) TR علامت اختصاری برای نوارهای موقت قابل برداشت است.



## ۶-۵- اجرای عملیات خطکشی با نوارهای پیش ساخته

به کاربری نوارهای خطکشی پیش ساخته بسیار ساده است و نیاز به تجهیزات خاصی برای اجرای آنها نیست، به همین دلیل هم در مقایسه با سایر مواد خطکشی‌های بادوام (مانند ترموپلاستیک گرم)، هزینه اجرای این نوع خطکشی‌ها کم است. برای حصول بهترین چسبندگی توصیه می‌شود که اجرای خطکشی با نوار بلافاصله پس از خاتمه اجرای آسفالت روسازی، انجام پذیرد. بدین معنی که وقتی مواد روسازی هنوز گرم هستند، عبور لاستیک خودرو کمک بسزائی در افزایش چسبندگی نوارها به سطح می‌کند. نقص در چسبندگی بیشتر در مناطقی دیده می‌شود که دارای ترافیک سبک هستند. خطکشی‌های نواری را نباید بر روی رویه‌های بتنی با بافت سطحی درشت، اجرا کرد. زیرا در این گونه موارد جدایش یا نقص در چسبندگی بین نوار و چسب زیرین آن بوجود می‌آید.

### ۶-۵-۱- مراحل اجرا

- در اجرای نوارها بر روی سطح روسازی توجه به نکات زیر حائز اهمیت است:
- نوارهای خطکشی را می‌توان بر روی رویه‌های سطحی مختلف از قبیل رویه‌های بتنی، آسفالتی، آسفالت سطحی باز اجرا کرد. سطح آسفالت‌هایی که قرار است با نوار خطکشی شوند، باید مصالح سنگی شکسته بسیار کمی داشته باشند. نوارهای دائمی را نباید بر روی آسفالت‌های مایع تعمیر و آسفالت‌های مذاب اجرا کرد.
  - زبر بودن سطح آسفالت‌های قدیمی باعث ایجاد چسبندگی به ویژه در مناطقی که در طول سال دمای هوا نوسان و تغییر شدیدی دارند، می‌شود.
  - در صورتی که هر گونه نقص و عیبی بر روی سطح روسازی وجود داشته باشد، باید از اجرای خطکشی با نوار اجتناب گردد.

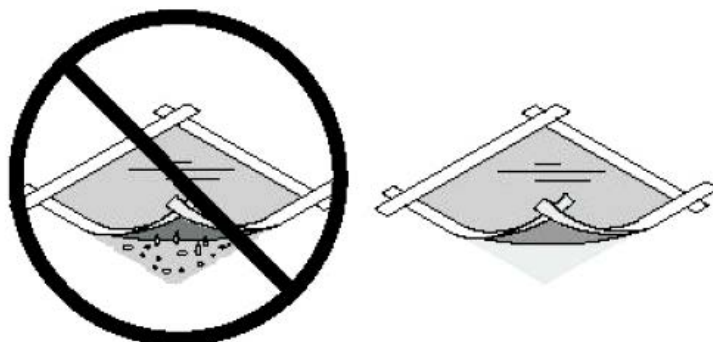
### مراحل مختلف اجرای خط‌کشی با نوارها به شرح زیر است

۱- قبل از اجرای نوار شرایط آب و هوایی باید کنترل شود. برای تمام نوارهای بر پایه مواد پلاستیکی حداقل دمای هوا ۱۰ درجه سانتیگراد و دمای سطح آسفالت جدید ۵۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته می‌شود (در چنین مواردی می‌توان نوار پلاستیکی را قبل از آخرین مرحله غلتک‌زنی سطح بر روی سطح اعمال کرد). برای اجرای نوار روی آسفالت‌های قدیمی حداقل دمای هوا ۱۰ درجه سانتیگراد و دمای سطح روسازی ۲۱ درجه سانتیگراد باید باشد. دمای شب قبل از اجرای نوارها نیز نباید کمتر از ۴ درجه سانتیگراد باشد. برای تمام نوارهای بر پایه فویل آلومینیوم (لایه محافظ چسب نوار)، حداقل دمای هوا و دمای سطح روسازی ۲ درجه سانتیگراد است. رطوبت نسبی هوا باید کمتر از ۸۰ درصد بوده و ۴۸ ساعت قبل از اجرا جاده در معرض بارش برف و باران نبوده باشد. برای نوارهای موقت ۲۴ ساعت قبل از اجرا نباید جاده در معرض بارش برف و باران قرار گرفته باشد. شرایط فوق برای اجرای کلیه نوارها صادق است، بجز در مواردی که شرکت سازنده شرایط خاص دیگری را توصیه کرده باشد. اگر یکی از شرایط فوق برقرار نباشد، احتمال بروز نقص در عملکرد خط‌کشی در نوارها وجود خواهد داشت.

۲- سطح رویه‌های بتنی نو قبل از اجرای نوار باید توسط جت آب، شن‌پاشی یا سایش مکانیکی کاملاً تمیز شود. با استفاده از روشهای فوق می‌توان قبل از اجرای نوار، خط‌کشی‌های قدیمی را از روی سطح برداشت. سطوح مختلف روسازی باید سطح عاری از روغن، چربی، مواد سوختی مانند بنزین، گازوئیل و گرد و خاک و سایر آلاینده‌هایی که بر چسبندگی نوار تاثیر سوء دارند، باشند. تمیز کردن سطح جاده به وسیله جاروب یا هوای پر فشار باعث جدا شدن ذراتی می‌شود که با نیروی ضعیف بر سطح چسبیده اند و بدین ترتیب چسبندگی نوار به سطح افزایش خواهد یافت.

۳- سطح روسازی باید کاملاً خشک و عاری از رطوبت باشد. برای بررسی میزان رطوبت موجود روی سطح روسازی می‌توان از یک تکه فویل پلی اتیلنی تیره استفاده کرد. فویل روی سطح مورد نظر قرار داده و دور تا دور آن بر روی سطح چسبانده می‌شود

(شکل ۶-۱). پس از ۲۰ الی ۲۵ دقیقه از قرارگیری در معرض تابش مستقیم نور خورشید، فویل از روی سطح برداشته می‌شود. اگر رطوبتی بر روی سطح داخلی فویل یا روی سطح جاده مشاهده نشود، سطح روسازی خشک در نظر گرفته شده و می‌توان نوار را بر روی آن اجرا کرد. در صورت مشاهده هر میزان رطوبت باید سطح را ابتدا خشک کرد و یا خط‌کشی را به زمان دیگری موکول کرد.



شکل ۶-۱: بررسی میزان رطوبت سطح روسازی قبل از انجام خط‌کشی [۱۱]

۴- قبل از اجرای خط‌کشی با نوار، مانند خط‌کشی با سایر مواد، اجرای پیش‌علامتگذاری ضروری است. پیش‌علامت‌گذاری باید در مکانی نزدیک به مکان اجرای نوار انجام شود. نباید نوار را روی پیش‌علامت‌ها اجرا کرد، زیرا در این صورت، چسبندگی نوار به سطح روسازی ضعیف خواهد بود.

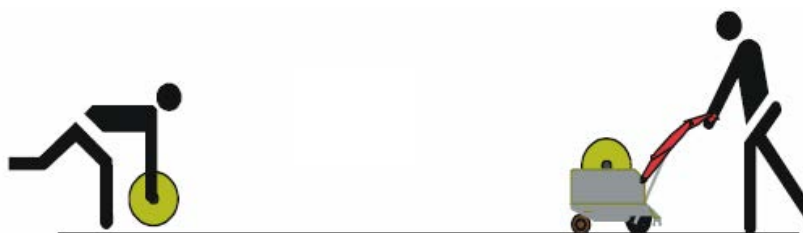
۵- قبل از اجرای نوار، باید لایه نازک و یکنواختی از یک آستر مناسب روی سطح اجرا شود. میزان مصرف آستر ۰/۳ لیتر در هر متر مربع توصیه می‌شود. عرض لایه آستر بایستی ۲ الی ۲/۵ سانتیمتر از هر طرف عرض هر طرف نوار بیشتر باشد. یعنی اگر عرض نوار ۱۵ سانتیمتر باشد، آستر بایستی با عرض ۲۰ سانتیمتر اعمال شود. پس از اینکه آستر کاملاً خشک شد، نوار بر روی آن اجرا می‌شود. زمان خشک شدن آستر به ساختار سطحی جاده، نوع مواد و شرایط آب و هوایی منطقه مورد نظر بستگی دارد. معمولاً زمان خشک شدن در تابستان حدود ۵ الی ۱۰ دقیقه خواهد بود.

اگر عرض نوار بیش از ۱۵ سانتیمتر باشد، عرض آستر باید بیش از ۲۰ سانتیمتر باشد. برای این منظور ممکن است لایه آستر دوبار اجرا شود. لذا در قسمت‌هایی که ضخامت آستر بیشتر می‌شود، زمان خشک شدن نیز طولانی‌تر خواهد شد. برای آزمودن میزان خشک شونده‌گی لایه آستر، می‌توان ابتدا دستکشی دست کرده و انگشت را روی سطح آستر قرار داد (شکل ۶-۲). زمانی فرآیند خشک شدن کامل می‌شود که هیچ‌گونه اثری از چسبیدن ماده آستر به انگشت وجود نداشته باشد.



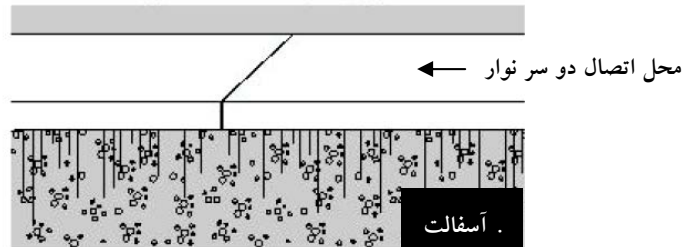
شکل ۶-۲: بررسی خشک شونده‌گی بر اساس میزان چسبندگی [۱۱]

۵- پس از آنکه آستر کامل خشک شد، می‌توان نوار را به صورت دستی یا اتوماتیک اجرا کرد (شکل ۶-۳). در صورت اجرای دستی ابتدا باید مطمئن شد که نوار در موقعیت و مکان صحیح قرار گرفته و سپس چسب آن روی سطح جاده قرار داده شود.



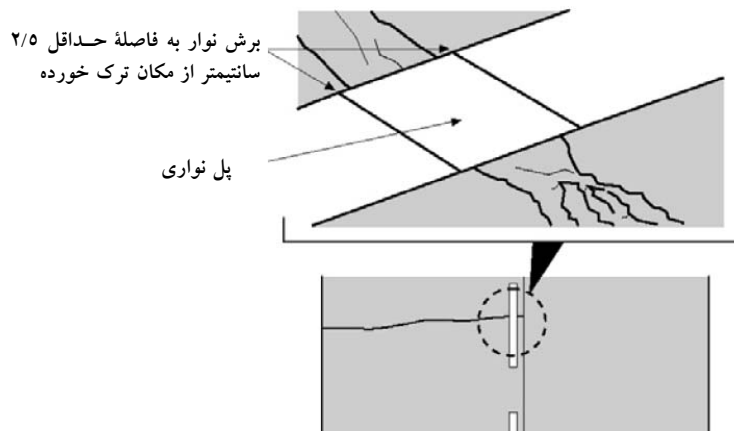
شکل ۶-۳: روش اجرای خط‌کشی با نوارها: ماشینی (راست)، دستی (چپ) [۱۱]

برای اجرای خط‌کشی‌های طولی در مسافت‌های زیاد، باید از ماشین‌آلات مناسب استفاده شود. لازم به ذکر است که در حین اجرا نباید نوار کشیده شود و یا هنگام قرار گرفتن روی سطح جاده، نوارها نباید روی هم قرار گیرند. در شکل ۶-۴ نحوه اتصال دو نوار جدا از هم نشان داده شده است.



شکل ۶-۴: مقطع عرضی محل اتصال نوار به یکدیگر [۱۱]

اگر قرار باشد نوار بر روی سطح جاده ترک خورده یا بر روی مکان‌های اتصالی روی پل‌ها نصب شود، در این صورت مانند شکل ۶-۵ باید نوار بگونه‌ای برش داده شود که محل اتصال دو سر نوار به فاصله حدوداً  $2/5$  سانتیمتر (یک اینچ) از ترک روی سطح یا مکان اتصال بلوک‌ها روی یک پل، فاصله داشته باشد.



شکل ۶-۵: اجرای نوار بر روی ترک‌های موجود روی سطح روسازی [۱۱]

در صورت وجود ترک‌های طولی بر روی آسفالت، فاصله نوار تا ترک نباید کمتر از ۱۰ سانتیمتر باشد. پس از نصب نوارها، به ویژه وقتی آنها به صورت دستی اعمال شده باشند، باید با استفاده از یک غلتک مناسب عمل کوبیدن یا فشردن نوار به سطح انجام شود. عمل غلتک‌زنی<sup>۱</sup>، باید هم سو با جهت نصب نوار انجام شود و از چسبیدن لبه‌های نوار اطمینان حاصل گردد. غلتک را نباید بر روی نوار نصب شده چرخاند. عمل غلتک‌زنی را می‌توان تا ۳ بار نیز تکرار کرد. در صورتی که نوار به صورت خط‌کشی سطحی (خط نوشته‌ها و فلش‌ها) اجرا شود، بهتر است عمل غلتک‌زنی از وسط خط‌کشی آغاز شده و به سمت لبه‌ها کشیده شود، تا بدین ترتیب از حبس هوا در زیر نوار جلوگیری شود. با اتمام غلتک‌زنی، عملیات اجرای نوارهای خط‌کشی به پایان می‌رسد و می‌توان جاده را برای عبور وسایل نقلیه باز کرد. مراحل مختلف نصب و اجرای خط‌کشی با خط‌کشی در شکل ۶-۶ نشان داده شده است.



ب: پیش‌علامتگذاری



الف: آماده‌سازی سطح

شکل ۶-۶: مراحل مختلف خط‌کشی با نوار



د: اعمال نوار



ج: اجرای لایه آستر

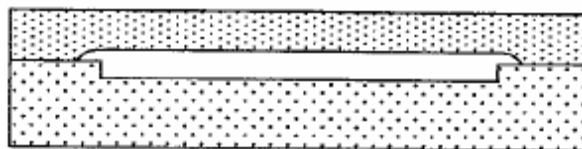


ه: غلتک‌زنی

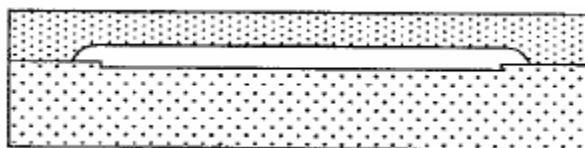
ادامه شکل ۶-۶: مراحل مختلف خط‌کشی با نوار

### ۶-۵-۲- روش‌های مختلف اجرا

علائم نواری پیش ساخته را بسته به نوع و شرایط روسازی می‌توان به دو روش "کارگذاری" و "روکش‌دهی" اجرا کرد (شکل ۶-۷). خط‌کشی به هر روش که انجام شود، جاده بلافاصله پس از اجرا آماده تردد می‌باشد.



الف- روش کار گذاشتن (برای سطح آسفالتی تازه اجرا شده)



ب- روش روکش‌دهی (برای سطح آسفالت قدیمی و سطوح بتنی)

شکل ۶-۷: روش‌های مختلف اجرای خط‌کشی با نوارهای پیش‌ساخته [۱]

در مواردی که جاده تازه آسفالت شده باشد، برای نصب نوار از روش "کار گذاری" استفاده می‌شود. بدین ترتیب که در آخرین مرحله ساخت جاده و پایان عملیات روسازی که حرارت آسفالت حداقل ۵۰ درجه سانتیگراد است، علائم نواری از سمت دارای چسب حساس فشاری بر روی سطح آسفالت قرار داده می‌شود و سپس غلتک راه‌سازی به آرامی و زمانی که سطح آسفالت هنوز گرم است از روی علائم نواری عبور داده می‌شود [۱]. برای خط‌کشی مسیرهای طولانی، از یک وسیلهٔ اعمال و به دنبال آن غلتک‌های تفکیک‌کننده و اجرای خودکار خطوط، خط‌کشی دوتایی و خطوط حاشیه‌ای ممتد استفاده می‌شود.

### ۶-۵-۳- برداشت خط‌کشی‌های نواری

برداشتن خط‌کشی‌های نواری پیش‌ساخته، یک مسئله ویژه است، زیرا این عمل بطور عمده به نوع مواد و همچنین روش اجرا بستگی دارد. بنابراین، روش برداشتن خط‌کشی‌های نواری بادوام و موقت بطور جداگانه شرح داده می‌شود. چنانچه در زمان اجرا اتصال مناسبی بین خط‌کشی‌ها و سطح روسازی به وجود آمده باشد، و یا اگر از اجرای



خط‌کشی زمان طولانی گذشته باشد، برداشتن نوارهای بادوام مشکل است. در این صورت از روش‌های زیر برای برداشتن خط‌کشی‌های نواری استفاده می‌شود.

روش سوزاندن در اکسیژن یک روش موثر در برداشتن خط‌کشی‌های نواری بادوام معرفی می‌شود. حرارت ایجاد شده موجب جدا شدن اتصالات موجود بین لایه چسب و سطح روسازی می‌شود. معمولاً از عملیات تراشیدن مکانیکی نیز در کنار این روش استفاده می‌شود. در این روش مواد به سادگی حرارت داده شده و سپس به صورت دستی از سطح روسازی تراشیده می‌شوند.

به علت چسبندگی ضعیف خط‌کشی‌های نواری موقت، براحتی از روی سطح روسازی جدا می‌شوند. آنها براحتی و توسط یک غلطک مکانیکی و یا به آسانی توسط دست جمع و برچیده می‌شوند و تجهیزات و یا نکته ویژه‌ای در این خصوص وجود ندارد.

#### ۶-۵-۴- نظارت بر اجرا

برای اجرای صحیح خط‌کشی توسط پیمانکار، باید در مکان اجرا بازرسی‌ها و نظارت‌هایی صورت گیرد. در این خصوص مشخصات فنی اجرایی تا حدی به ناظر یا نماینده کارفرما کمک کند. ناظر یا نماینده کارفرما باید براساس چک‌لیست اجرایی زیر، مواد اولیه، روش اجرا و کیفیت خط‌کشی را در مراحل قبل از شروع خط‌کشی، در حین خط‌کشی و پس از آن کنترل نماید.

بازرس باید موارد زیر را قبل از آغاز اجرای خط‌کشی، مورد بررسی قرار دهد و

کنترل کند:

- نوارهای مصرفی باید دارای مجوز پذیرش اسناد مناقصه مربوطه بوده و یا کیفیت آن توسط یک سازمان معتبر مورد قبول وزارت راه و ترابری تأیید شده باشد.
- در صورت وجود دانه‌های شیشه‌ای، نوار باید قادر به حفظ آنها باشد. به عبارت دیگر با خم کردن نوار نباید دانه‌های شیشه‌ای از آن جدا شود.

- رویه راه باید از شرایط و وضعیت مناسبی برخوردار باشد تا بتوان مواد خط‌کشی را روی آن اجرا کرد. تمیز و خشک بودن سطح راه بسیار حائز اهمیت است. اگر قرار است خط‌کشی در صبح زود انجام شود، حتماً باید میزان رطوبت سطح رویه اندازه‌گیری شود. قبل از تکمیل بازرسی‌های مذکور نباید هیچگونه عملیات خط‌کشی انجام پذیرد. به عبارت دیگر عملیات خط‌کشی حتماً باید تا حصول اطمینان کامل توسط بازرس به تأخیر افتد.
- رطوبت سطح باید تعیین گردد. وجود رطوبت و نم بر روی سطح روسازی قبل از اجرای خط‌کشی تاثیر منفی بر چسبندگی بین سطح جاده و خط‌کشی دارد. وجود رطوبت بر روی سطح باید در زمانی که شرایط مشکوک به نظر می‌رسد، بررسی شود.

بازرس موظف است موارد زیر را در حین اجرای خط‌کشی بررسی نماید:

- نظر به اینکه نصب خط‌کشی‌های نواری در حین عبور وسایل نقلیه صورت می‌پذیرد، طرح راهبندان و هدایت ترافیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود. برای این منظور در هنگام اجرا می‌بایست تذکرات لازم داده شود تا ایمنی وسایل نقلیه و استفاده کنندگان از راه به مخاطره نیفتد و خط‌کشی با کیفیت مناسب انجام شود. نصب مخروط یا سایر تجهیزات ایمنی باید بگونه‌ای باشد که هم برای کارگران در حال کار و هم برای خط‌کشی‌های تازه انجام شده حفاظت و ایمنی مناسب را فراهم آورد.
- از چسبیدن کامل نوار بر سطح تمام مسیر خط‌کشی باید اطمینان حاصل گردد. پس از پایان اجرای خط‌کشی، موارد زیر جهت تأیید روش اجرا باید کنترل شود:
  - فام خط‌کشی باید با یک نمونه واقعی استاندارد مقایسه شود و یا محورهای رنگی خط‌کشی<sup>۱</sup> توسط دستگاه کالریتر تعیین گردد.
  - بازتاب نور برگشتی (Qd, RL) خط‌کشی‌ها باید توسط دستگاه بازتاب‌سنج در هندسه ۳۰ متری تعیین گردد.

1- Tristimulus value

در جدول ۶-۶ چک لیست کنترل نتایج بازرسی جهت ارائه گزارش توجیهی به کارفرما آورده شده است. نتایج گزارش آزمون‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی نوارهای مصرفی نیز باید ضمیمه گردد.

جدول ۶-۶: چک لیست کنترل مراحل اجرا و آزمون‌های اجرایی در خط‌کشی با نوارها

نام و آدرس کارفرما:									
نام و آدرس پیمانکار:									
نام تجاری نوار و شرکت سازنده آن:									
مشخصات فنی جهت اجرا:			توصیه شده توسط سازنده		اجرا شده در مکان آزمون				
داده‌های جوئی		دمای سطح جاده							
		دمای هوا							
		محدوده رطوبت نسبی هوا							
		سرعت باد							
سرعت اجرای دانه‌های شیشه‌ای بر حسب گرم بر متر مربع (در صورت وجود)		سرعت اجرای خط‌کشی							
		سرعت اجرای دانه‌های شیشه‌ای							
روش اجرا:									
نام و مشخصات آزمایشگاه انجام دهنده آزمون‌ها:									
نتایج کنترل‌های پس از اجرا									
ضخامت نوار	ابعاد نوار	چسبندگی	اندیس فرسایش	SRT	y	x	$\beta$	$\frac{Q_d}{m^2 \cdot l \cdot x^{-1}} \cdot m^{-1}$	$\frac{R_L}{m^2 \cdot l \cdot x^{-1}} \cdot m^{-1}$
توضیحات: اندیس فرسایش در بازرسی‌های دوره‌ای ثبت می‌گردد.									

## ۶-۶- مراجع

1. J. Migletz, J. k. Fish and J. L. Graham, "**Roadway delineation Practices Handbook**". Office of Safety and Office of Technology Applications, Federal Highway Administration, FHWA-SA-93-001, chapter 6, August 1994.
2. ASTM D 4505: (2002) "**Specification for Preformed Retroreflective Pavement Marking Tape for Extended Service Life**".
3. ASTM D 4592: (2003) "**Specification for Preformed Retroreflective Pavement Marking Tape for Limited Service Life**".
4. ASTM D 1898: (2002) "**Practice for Sampling of Plastice**".
5. ASTM D 6628: (2002) "**Specification for Color of Pavement Marking Materials**".
6. ASTM D 4061: (2003) "**Test method for Retroreflectance of Horizontal Coatings**".
7. ASTM D 522: (2003) "**Test Method for Mandrel Bend Test of Attached Organic Coatings**".
8. ASTM D 1000: (2002) "**Test Method for Pressure- Sensitive Adhesive-Coated Tapes Used for Electrical and Electronic Applications**".
9. ASTM E 303: (2002) "**Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester**".
10. ASTM D 4060: (2003) "**Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser**".
11. 3M, "**Application Procedure Overlay**", 3M TM, StamarkTM, Pavement Marking Tapes.







## فصل هفتم

### خطکشی‌های سطحی

#### ۱-۷- مقدمه

فلش‌ها<sup>۱</sup>، نمادها<sup>۲</sup> و خط نوشته‌ها<sup>۳</sup> از جمله خطکشی‌های عرضی محسوب می‌شوند که در جهت عمود بر حرکت وسایل نقلیه در سطح سواره رو ترسیم شده و عمدتاً به منظور آگاهی رانندگان و رعایت حق تقدم به کار می‌روند. هنگامی که عبور از یک خط عبوری بصورت دائم و یا نیمه وقت برای گروه و یا گروه‌های مشخصی از وسایل نقلیه تعیین شود، باید از خطکشی‌های ویژه استفاده شود. علائم و یا سیگنال‌ها باید با خط نوشته‌ها و یا نمادها به صورت افقی و جانبی در مرکز خط ویژه به کار روند. ترسیم نمادها، فلش‌ها و خط نوشته‌ها روی سطح سواره‌رو عمدتاً به منظور راهنمایی و هدایت رانندگان و تنظیم ترافیک و کانالیزه کردن جریان تردد وسایل نقلیه انجام می‌شود. نوشتن کلمات روی سطح راه باید به گونه‌ای انتخاب شود که ضمن سادگی، قابل درک باشد. فلش‌ها و خط نوشته‌ها باید به فام سفید باشند [۱-۲].

#### ۲-۷- فلش‌ها

ترسیم فلش‌ها روی سطح سواره‌رو به منظور آگاهی رانندگان از نحوه حرکت و هدایت ترافیک، به کار می‌رود. فلش‌ها به دو نوع جهت نما و پیش آگاهی دهنده روی

---

1- Arrows  
2- Symbols  
3- Word Marking



سطح سواره‌روها ترسیم می‌شوند. فلش‌های جهت‌نما در پایان خطوط عبوری و در وسط آنها ترسیم می‌شوند. این فلش‌ها در نزدیکی تقاطع‌ها، خروجی‌ها و محل‌هایی که تفکیک وسایل نقلیه از نظر نوع حرکت مد نظر است، به کار می‌رود. فلش‌های پیش‌آگاهی دهنده عمدتاً در محل‌هایی که تعداد خطوط حرکت متغیر است و یا به منظور شروع محل سبقت ممنوع، به کار می‌رود.

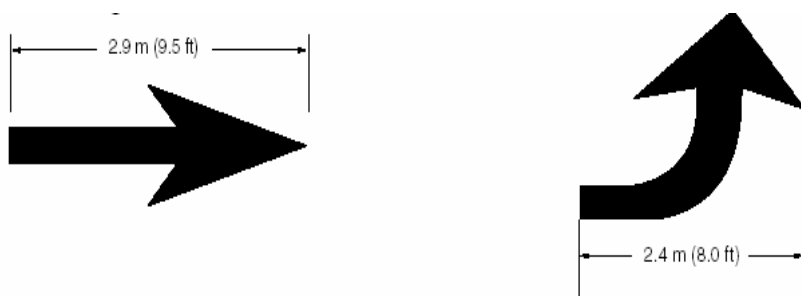
خط "ایست" که بر سطح سواره‌رو ترسیم می‌شود، می‌تواند به وسیله خطوط طولی به طول ۲۰ متر یا بیشتر و فلش‌های انتخاب خط حرکت تکمیل شود. این عمل برای تأکید بر این نکته است که در بعضی از تقاطع‌ها رانندگان باید انضباط خاصی داشته باشند.

#### • فلش‌های انحرافی<sup>۱</sup>

این فلش‌ها به منظور نشان دادن شروع منطقه "سبقت ممنوع" به کار می‌روند که ابعاد آن بر اساس میزان سرعت متغیر است. به وسیله فلش‌هایی که در محور سواره‌رو ترسیم می‌شوند، رانندگان به سمت راست هدایت شده و به آنها اخطار داده می‌شود که به منطقه‌ای که سبقت گرفتن در آن ممنوع است و یا عرض خطوط حرکت در آن کاهش می‌یابد نزدیک می‌شوند. در صورتی که محل‌های سبقت ممنوع واقع شده در پیچ‌ها آنقدر به هم نزدیک باشند که طول خط انتقال کوتاه بوده و اجرای فلش‌ها تصویر اشتباهی به رانندگان دهد باید از ترسیم آنها خودداری شود. طرز قرار دادن فلش‌ها بدین گونه است که دو فلش قبل از شروع محل "سبقت ممنوع" ترسیم می‌شود و چنانچه میزان دید رانندگان خیلی کم باشد، مانند یک سربالایی که به تدریج شروع می‌شود، باید سه فلش ترسیم کرد. در شکل ۷-۱، دو نمونه از فلش‌ها و به همراه معانی آنها نشان داده شده است.

---

1- The Deflecting Arrows



ب: مسیر حرکت

الف: فلش مورد استفاده برای نشان دادن گردش بچپ (خط گردشی)

شکل ۷-۱: مثال‌هایی از فلش‌های استاندارد برای خط‌کشی روسازی [۲]

### ۷-۳- خط نوشته‌ها<sup>۱</sup>

نوشتن کلمات بر سطح معابر می‌تواند در ارتقای ایمنی و کارایی تردد مسیر موثر واقع باشد، و برای تنظیم ترافیک، هشدار و آگاهی دادن به رانندگان به کار رود. خط نوشته‌ها عموماً به دو زبان فارسی و لاتین ترسیم می‌شوند و می‌بایست با آئین نامه علائم راههای ایران و استانداردهای بین‌المللی مطابقت داشته باشند. فقط کلماتی مانند "ایست" و "آهسته" که به سادگی قابل فهم هستند، باید به کار روند. ارتفاع حروف رابطه مستقیم با میزان سرعت وسایل نقلیه دارد.

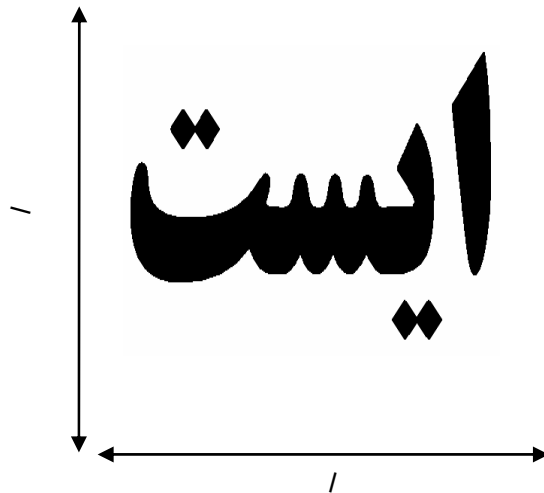
از کلمه "آهسته" معمولاً در نزدیکی تقاطع‌ها و ورودی رمپ‌ها و لوپ‌ها استفاده می‌شود و به مفهوم امکان وجود خطر است و رانندگان باید از سرعت خود بکاهند. کلمه "ایست" در مواقعی روی سطح سواره‌رو ترسیم می‌شود که آگاه کردن رانندگان از وجود تقاطع یا محل توقف مورد نظر باشد. همچنین می‌توان از این کلمات به عنوان مکمل تابلوی ایست یا خط ایست استفاده کرد.

در نحوه استفاده به موقع از فلش‌ها، باید دقت لازم بکار برده شود، تا مبادا استفاده زیاد از حد، باعث از بین رفتن اثر آنها گردد. در موقعیت‌های خطرناک مانند نزدیک شدن

1- Word Markings

پیچ‌هایی که بعد از یک مسافت نسبتاً طولانی و مستقیم از راه قرار دارند، تکرار "خط نوشته" جهت تأکید خاص، موثر است. انتخاب محل نوشتن "خط نوشته" مرتبط با نوع خطر است و می‌باشد، به طور کلی باید خیلی قبل از رسیدن به محل، خط بر سطح راه نوشته شود تا راننده فرصت کافی برای کاهش سرعت و مواجهه اطمینان بخش با خطر را داشته باشد.

ارتفاع حروف به نحوه قابل ملاحظه‌ای با توجه به زاویه دید رانندگانی که به کلمات نزدیک می‌شوند، زیاد می‌شود. در صورتی که حداکثر سرعت حرکت ۶۵ کیلومتر در ساعت باشد، ارتفاع حروف و اعداد باید حداقل ۱/۶ متر و وقتی این سرعت از ۶۵ کیلومتر در ساعت بیشتر شود، ارتفاع مزبور باید حداقل ۴ متر در نظر گرفته شود. در شکل ۲-۷ نمونه‌ای از خط نوشته و تناسب بین ابعاد آن در خط‌کشی راهها نشان داده شده است.



شکل ۲-۷: کشیدگی و ابعاد حروف در خط نوشته‌های روسازی

#### ۲-۷-۴- مواد مصرفی در ترسیم فلش‌ها و خط نوشته‌ها

با توجه به اینکه زاویه دید برای مشاهده خط‌کشی‌های سطحی محدود است، کلیه خط‌کشی‌های عرضی باید به نحوی اجرا شوند که متناسب با خط‌کشی‌های طولی قابل رویت باشند. همچنین به دلیل عبور مداوم وسایل نقلیه، این نوع خط‌کشی‌ها باید از دوام و

ثبات مناسبی در زمان سرویس‌دهی برخوردار باشند. بطور کلی برای اجرای خط‌کشی‌های سطحی می‌توان از کلیه مواد بادوام خط‌کشی سرد و گرم استفاده کرد، ولی بدلیل مشکلاتی که ممکن است در زمان اجرا پیش آید، معمولاً مواد مصرفی در خط‌کشی‌های سطحی به انواع نوارها، مواد ترموپلاستیک، ترموپلاستیک‌های حرارت دیده در زمان اجرا، پلاستیک‌های پیش ساخته و اکریلیک‌های دوجزئی (پلاستیک سرد) محدود می‌شود.

خط‌کشی‌های سطحی با قابلیت بازتاب نور برگشتی، حاوی دانه‌های شیشه‌ای از نوع پیش مخلوط و روپاشی هستند. میزان مصرف مواد جهت اجرای خط نوشته‌ها، علائم و نمادها با ضخامت ۳۰۰۰ میکرون برابر با ۶/۵ کیلوگرم بر متر مربع و با ضخامت ۱۵۰۰ میکرون (مطابق با آئین نامه علائم راه‌ها و اجرای خط‌کشی ایران) برابر با ۳/۲۵ کیلوگرم بر متر مربع می‌باشد.

#### ۷-۴-۱- خط‌کشی‌های سطحی از نوع نوارهای پیش ساخته

نوارهای پیش ساخته، با ذوب و اکستروژن مواد پلاستیک در شکل‌ها و حروف طراحی شده، در کارخانه تولید می‌شوند و به صورت سرد در مکان مورد نظر با روش لایه‌گذاری یا روکش‌دهی نصب می‌شوند. اکثر نوارها با چسب کاغذی پشت آنها ارائه می‌شوند که پس از برداشتن کاغذ و فشار دادن نوار روی سطح روسازی توسط یک غلتک، تثبیت می‌شوند. نوارهای پیش ساخته حساس‌ترین مواد خط‌کشی روسازی هستند و کارایی آنها به روش و درجه آماده‌سازی سطح روسازی وابسته است. بسیار مهم است که سطح جاده تمیز و خشک باشد و دمای روسازی و هوا مناسب باشد. اگر شرایط مناسب برای هر یک از عوامل فراهم نشده باشد، نوار پیوند کافی با سطح روسازی برقرار نمی‌کند. نوارهای پلاستیک سرد مخصوص خط‌کشی راه‌ها به صورت نوارهای طویل و با عرض‌های متفاوت عرضه می‌شوند. نوارهای از پیش تهیه شده، به فام‌های رنگی سفید و زرد و در ابعاد مختلف استاندارد برش داده شده‌اند.

خط‌کشی‌های سطحی از نوع نوارهای پیش ساخته، برای استفاده در نواحی شهری با حجم ترافیک بالا نیز توصیه می‌شوند. عملکرد خط‌کشی‌های سطحی از نوع نوارهای پیش ساخته به میزان زیادی وابسته به عوامل زیر است:

- دمای هوا و سطح جاده و رطوبت سطح در زمان خط‌کشی،
- کیفیت و نوع آماده‌سازی سطح قبل از اجرای خط‌کشی،
- کیفیت چسب مورد استفاده،
- توانایی ایجاد زمان پخت مناسب برای چسب قبل از اینکه در معرض بار ترافیکی قرار گیرد.

(جهت اطلاع بیشتر در خصوص مواد خط‌کشی نواری به فصل ششم مراجعه شود.)

#### ۷-۴-۲- خط‌کشی‌های سطحی از نوع مواد ترموپلاستیک حرارت دیده در محل

خط‌کشی‌های سطحی از نوع مواد ترموپلاستیک حرارت داده شده در محل، مواد پیش ساخته‌ای هستند که به وسیله تولیدکنندگان در شکل و ضخامت نهایی تهیه شده و حاوی لایه‌ای از دانه‌های شیشه‌ای می‌باشند. این نوع خط‌کشی‌ها بسیار بادوام هستند و عمدتاً برای اجرای خطوط کوتاه از جمله خطوط متقاطع، کلمات و نمادها و بطور کلی خط‌کشی‌های سطحی مورد استفاده می‌شوند. این مواد نیاز به هیچگونه پیش اعمال چسب ندارند و پیوند با روسازی از طریق قرار دادن مواد در ناحیه مورد نظر و حرارت‌دهی آن با مشعل انجام می‌گیرد. بنابر توصیه سازنده مواد، قبل از اجرای آن روی سطح بتنی یا آسفالت قدیمی، باید از سیلر مخصوص استفاده شود. مواد ترموپلاستیک مصرفی در خط‌کشی‌های سطحی معمولاً از نوع سنتزی (الکیدی) می‌باشند، زیرا نسبت به نوع هیدروکربنی، مقاومت بهتری در برابر روغن‌ها و سوخت خودروها دارند.

#### • خصوصیات مواد خط‌کشی ترموپلاستیک پیش ساخته

مواد پیش ساخته باید از پلیمرهایی با کیفیت مناسب تهیه شوند و قابلیت حفظ دانه‌های شیشه‌ای را در زمان سرویس‌دهی داشته باشند. اندازه، نوع، نقشه و الگوی

خط‌نوشته‌ها و سمبل‌ها باید مطابق با آئین نامه علائم راههای ایران تهیه و اجرا شود. مواد پیش ساخته ترموپلاستیک با استفاده از مشعلی با سوخت پروپان، بر روی سطح جاده ذوب می‌شوند. قبل از اجرای این نوع مواد روی آسفالت، معمولاً استفاده از هر گونه چسب، پرایمر و یا سیلر توصیه نمی‌شود. خصوصیات اولیه خط‌کشی‌های سطحی از نوع مواد ترموپلاستیک حرارت داده شده در محل عبارتند از:

- مواد خط‌کشی پیش ساخته باید از انعطاف‌پذیری و استحکام لازم در دماهای بالاتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد برخوردار باشند.
- باید قابلیت اجرا تا یک سال پس از ساخت، بدون هیچ‌گونه تغییری در خواص را داشته باشند.
- همچنین این مواد باید قابلیت ذوب و نفوذ به درون خط‌کشی‌های گرم سائیده شده الکییدی یا هیدروکربنی را داشته باشند.

#### • ترکیب مواد

مواد خط‌کشی ترموپلاستیک با خاصیت بازتابش نور برگشتی باید از پلیمرهای انعطاف‌پذیر که مخلوطی از بیندراهای پلیمری با کیفیت خوب، پیگمنت‌ها، پرکننده‌ها و دانه‌های شیشه‌ای تهیه شده نیازهای اولیه استاندارد AASHTO M 249 را برآورده سازند [۳].

#### • دانه‌های شیشه‌ای

مواد خط‌کشی باید حداقل حاوی ۳۰ درصد دانه‌های شیشه‌ای کروی شکل مطابق با استاندارد AASHTO M 247 Type 1 و دارای حداقل ۷۰ درصد دانه‌های شیشه‌ای کروی در هر الک و ۸۰ درصد دانه‌های شیشه‌ای کروی شکل واقعی در مجموع باشند [۴]. دانه‌های شیشه‌ای باید بصورت هموزن در داخل مواد خط‌کشی پخش شده باشند. برای حصول استحکام مناسب دانه‌های شیشه‌ای و در نتیجه حفظ قابلیت بازتاب نور برگشتی، وجود لایه‌های بهبود دهنده چسبندگی برای دانه‌های شیشه‌ای مصرفی توصیه می‌شود. هیچ

گونه دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده مضاعفی در این نوع سیستم‌ها استفاده نمی‌شود. چنانچه قابلیت بازتابش مورد نظر باشد، فلش‌ها و خط‌نوشته‌ها باید بدون استفاده از دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده خواص لازم را داشته باشند.

#### • بازتاب نور برگشتی

خط‌کشی‌ها و خط‌نوشته‌های اجرا شده توسط مواد پیش ساخته باید بلافاصله پس از اجرا دارای قابلیت بازتاب نور برگشتی اولیه برای فام سفید  $350 \text{ mcd/lux/m}^2$  و برای فام زرد  $175 \text{ mcd/lux/m}^2$  باشند.

بر اساس استاندارد ASTM D 4060 و با استفاده از دستگاه آزمون تعیین مقاومت سایشی تَبر با چرخ شماره H-18، بارگذاری 125 گرم، و سیکل آزمون 200 بار، میزان جداشدن دانه‌های شیشه‌ای از مواد خط‌کشی نباید بیشتر از 15 درصد باشد [5].

#### • خصوصیات رنگی

مواد ترموپلاستیک بدون دانه‌های شیشه‌ای، باید در نور روز و تحت زاویه 45/0 دارای انعکاس حداقل 10 درصد برای فام سفید و حداقل 45 درصد برای فام زرد باشند. مواد مصرفی خط‌نوشته‌ها در بزرگراه‌ها باید حداقل حاوی 8 درصد پیگمنت سفید دی اکسید تیتانیوم مطابق با استاندارد Federal, Color No. 17886 Standard 595 باشند [6].

#### • مقاومت در برابر سُر خوردگی

مطابق با استاندارد ASTM E 303، میزان مقاومت در برابر سُر خوردگی خط‌کشی‌های سطحی انجام شده با مواد ترموپلاستیک پیش ساخته باید حداقل 45 BPN باشد [7].

#### • ضخامت

ضخامت خط‌کشی‌های سطحی انجام شده با مواد ترموپلاستیک پیش ساخته بین 2300 الی 3200 متغیر می‌باشد.

### • انعطاف‌پذیری

مواد ترموپلاستیک پیش ساخته باید دارای انعطاف‌پذیری مناسبی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد باشند، بطوری که یک نمونه تهیه شده از مواد در ابعاد  $50 \times 150$  میلی‌متر، و با مندرل استوانه‌ای با قطر ۲۵ میلی‌متر بگونه‌ای خم شود، که فاصله بین دو انتهای نمونه نسبت به محور مندرل ۵۰ میلی‌متر مندرل باشد. با ارزیابی میکروسکوپی از محل خم شده نباید بیش از ۱۰ درصد دانه‌های شیشه‌ای موجود در مواد خط‌کشی سطحی از مواد جدا شده باشند. سرعت خم کردن نمونه ۹ درجه بر ثانیه در نظر گرفته می‌شود. (زمان خم کردن نمونه ۱۰ ثانیه است) [۸].

### • مقاومت‌های محیطی

فلش‌ها و خط‌نوشته‌های اجرا شده باید در مقابل عوامل طبیعی از قبیل نور خورشید، شرایط جوئی مختلف و آب و هوایی، در مقابل شرایط جاده از قبیل تردد زیاد، ریزش روغن و سوخت خودروها و سایر آلودگی‌های جاده مقاوم باشند.

### • خصوصیات اجرا

بطور کلی روش اجرای این مواد باید مطابق با دستورالعمل ارائه شده از سوی سازنده مواد بر روی سطوح تمیز و خشک جاده انجام شود.

### • سطح آسفالت

- اجرای مواد با استفاده از یک مشعل پروپان که توسط سازنده مواد توصیه شده است صورت می‌گیرد.
- مواد مصرفی باید قابلیت اجرا در دماهای کمتر از صفر درجه را بدون حرارت‌دهی سطح جاده در یک دمای مشخص داشته باشند.
- سطح جاده باید تمیز، خشک و عاری از هرگونه مواد اضافی، روغن، گریس و غیره باشد.



- در دماهای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد باید تا آنجایی که ممکن است مواد گرم نگه‌داشته شوند.
- برای زدودن رطوبت سطحی، می‌توان از مشعل پروپان با فاصله ای حدود ۱/۵ متر از سطح جاده و با حرکت یکنواخت و پیوسته چرخشی استفاده کرد.
- برای حصول نتیجه مناسب برای ضخامت‌های ۲۳۰۰ میکرونی، با استفاده از مشعل پروپان، سطح جاده تا دمای ۹۳ درجه سانتی‌گراد و برای ضخامت ۳۲۰۰ میکرونی سطح روسازی تا دمای ۱۵۰ درجه حرارت داده می‌شود.
- بلافاصله پس از حرارت دادن سطح جاده، مواد خط‌کشی در جهتی که لایه سطحی حاوی دانه‌های شیشه‌ای بسمت بالا باشد، بر روی سطح قرار داده و مجدداً عمل حرارت‌دهی انجام می‌شود.
- فاصله مشعل پروپان تا سطح خط‌نوشته‌ها یا فلش‌ها باید تقریباً ۳۰ سانتی‌متر باشد و جهت شعله حرارت‌دهی عمود بر سطح خط‌کشی‌های سطحی باشد. نقطه پایان حرارت‌دهی و یا بعبارت دیگر زمانی که مواد به دمای مورد نظر برسند، زمانی است که سطح مواد خط‌نوشته‌های با فام سفید کمی تیره و کمی زرد شود. در اینجا حرارت‌دهی باید متوقف شود، زیرا حرارت بیشتر موجب تغییر رنگ و در نهایت سوختن مواد می‌شود.
- پس از ذوب مواد، برای اطمینان از اتصال کافی آن سطح روسازی، کناره‌ها و اطراف خط‌نوشته‌ها مجدداً حرارت داده می‌شود.
- چنانچه فلش‌ها و خط‌نوشته‌ها فاقد لایه نهایی حاوی دانه‌های شیشه‌ای باشند، پاشش دستی دانه‌های شیشه‌ای با استفاده از یک وسیله مناسب روی مواد مذاب صورت می‌گیرد.
- پس از سرد شدن، چسبندگی مواد با استفاده از یک تیغه تیز یا چاقو بررسی می‌شود بدین ترتیب که تیغه چاقو زیر لایه خط‌کشی فرو برده می‌شود و

بسمت بالا حرکت داده می‌شود، جداشدن مواد از سطح جاده باید از داخل لایه آسفالت صورت گیرد.

#### • سطوح بتنی

- سطوح تازه بتنی باید ابتدا سند بلاست و مواد اضافی از روی سطح آن پاک شود.
- روش اجرای مواد، مشابه با روش اجرا روی سطوح آسفالت است؛ با این تفاوت که در برخی موارد برای استحکام چسبندگی مواد از یک لایه سیلر یا پرایمر سازگار با مواد استفاده می‌شود.

#### • سیل کوت

- روش اجرا مشابه با روش اجرا روی سطوح آسفالت است، با این تفاوت که چنانچه سنگدانه‌ها بدون بیندر در سطح روسازی قرار گرفته باشند، ابتدا باید سنگدانه‌های اضافی از روی سطح برطرف شود و سپس خط‌کشی سطحی اجرا گردد.

### ۷-۴-۳- خط‌کشی‌های سطحی از نوع مواد متیل متاکریلات

به علت خصوصیات ویژه‌ای از قبیل قابلیت اجرا در دماهای پایین و مقاومت در برابر آسیب ماشین برف‌روب، ضد یخ و سایر مواد شیمیایی که عموماً بر روی سطح راهها یافت می‌شود؛ و برقراری پیوند مناسب با سطح روسازی‌های بتنی و آسفالت، مواد خط‌کشی متیل متاکریلات در ترسیم خط‌کشی‌های سطحی کاربرد گسترده‌ای دارند.

خط‌کشی‌های سطحی از نوع دو جزئی سرد (متیل متاکریلات) معمولاً با استفاده از فرآیند قالبگیری و یا با استفاده از یک شابلون مناسب اجرا می‌شود. معمولاً خط‌کشی‌های سطحی توسط نیروهای متخصص، به صورت دستی اجرا می‌شود. چنانچه خاصیت بازتاب نور برگشتی مورد نظر باشد، پس از اجرای مواد و قبل از سفت شدن و تشکیل فیلم جامد

خط‌کشی مواد، با استفاده از یک غربال و یا هر وسیله مناسب دیگر، دانه‌های شیشه‌ای روپاشی بصورت دستی بر روی خط نوشته‌ها و فلش‌ها پاشیده می‌شود و پس از سفت شدن کامل، دانه‌های شیشه‌ای جذب نشده و اضافی از روی سطح جمع‌آوری می‌گردد. زمان اجرای دانه‌های شیشه‌ای بسیار مهم می‌باشد، زیرا اگر بلافاصله پس از اجرای مواد خط‌کشی، اعمال شوند، به عمق خط‌کشی فرو می‌روند. همچنین اگر اعمال دانه‌های شیشه‌ای پس از سفت شدن نسبی و پایان زمان ژل شدن مواد انجام شود، نفوذ به داخل لایه انجام نمی‌گیرد و چسبندگی لازم بین دانه‌های شیشه‌ای و مواد خط‌کشی بوجود نمی‌آید و تعداد معدود دانه‌های شیشه‌ای جذب شده هم در مدت کوتاهی در زمان سرویس دهی از روی خط‌کشی جدا می‌شوند. چون در اغلب موارد، خط‌کشی‌های سطحی بصورت دستی انجام می‌شود، می‌بایست از دقت، سرعت، ظرافت و حسن سلیقه برخوردار باشد. در عین حال ضروری است محیط ایمنی برای پرسنل مجری فراهم گردد، زیرا اجرای خط‌کشی‌های سطحی از سخت‌ترین و خطرناک‌ترین نوع خط‌کشی‌ها بشمار می‌آید. از این رو، در زمان ترسیم خط‌کشی‌های سطحی، ایجاد منطقه امن برای فعالیت نیروهای مربوطه از اهمیت زیادی برخوردار است.

دمای سطح جاده و هوا تأثیر بسیار زیادی در زمان خشک شدن رنگ‌های سرد دو جزئی متیل متاکریلات دارد. اگر دمای هوا و سطح راه پایین باشد، سرعت تشکیل فیلم و سفت شدن مواد به تأخیر می‌افتد. همچنین اگر دمای سطح روسازی و محیط زیاد باشد، زمان تشکیل فیلم کاهش می‌یابد و زمان اعمال دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده بسیار کوتاه می‌شود.

## ۷-۵- مشکلات، علل و روش برطرف کردن آنها در زمان سرویس دهی فلش‌ها و

### خط نوشته‌ها

خط‌کشی‌های سطحی نیز مانند سایر خط‌کشی‌های متداول، در زمان سرویس دهی دچار مشکلاتی از قبیل جذب آلودگی‌های سطحی و سیاه شدگی، جداشدگی و ضعف

چسبندگی، دوام نامناسب و کاهش میزان نور برگشتی می‌شوند. نکته حائز اهمیت این است که این نوع خط‌کشی‌ها در معرض شرایط سخت‌تری نسبت به خط‌کشی‌های متداول هستند، بنابراین این طبیعی است که دچار مشکلات بیشتری هم شوند [۹].

#### ۷-۵-۱- سیاه شدن خط‌کشی‌های سطحی

از جمله مشکلات ملموس و متداول فلش‌ها و خط نوشته‌ها، جذب آلودگی‌ها و پدیده سیاه شدگی است که در اغلب راههای کشور وجود دارد. این امر ناشی از شرایط آب و هوایی کشور است که جزو مناطق خشک و کم باران جهان محسوب می‌شود. زمانی که به مدت طولانی بارندگی نمی‌شود، خط‌کشی جاده‌ها در اثر عبور وسایل نقلیه سیاه می‌شود.

مصرف زیاد دانه‌های شیشه‌ای در ترکیب خط‌کشی، عبور و مرور خودروها، جذب غبار موجود در محیط، جذب دوده ناشی از سوخت خودروها، روغن و سوخت ریزش کننده از خودروها، انتقال قیر و سیاهی آسفالت بوسیله لاستیک خودروها، نامناسب بودن رنگ مصرف شده، عدم سازگاری رنگ مصرفی با شرایط جوی و ترافیکی، نامناسب بودن وضعیت رویه راه، عدم رعایت درجه حرارت مجاز سطح رویه و هوا به هنگام اجرای خط‌کشی و باز شدن ترافیک قبل از خشک شدن کامل علائم و خط نوشته‌ها و زمانی که هنوز سطح خطوط چسبناک است، از جمله عوامل اصلی و مهم در بروز پدیده سیاه شدگی خط‌کشی‌های سطحی می‌باشند.

پاشش آب بر روی خط‌کشی‌های سطحی تازه اجرا شده، پیش از شروع آمد و شد خودروها و باز شدن ترافیک جاده و یا کنترل تردد بر روی خطوطی که به تازگی اجرا شده‌اند، تا حدی موجب کاهش معضل سیاه‌شدگی خطوط می‌شود. شستشوی خط‌کشی‌ها در فواصل زمانی مشخص نیز یکی از راههای کاهش مشکل سیاه‌شدگی خط‌کشی‌ها توصیه است.

## ۷-۵-۲- جداسدن علائم و خط نوشته‌ها از سطح روسازی

جداسدن مواد علائم و خط نوشته‌ها از سطح روسازی به دلیل نقص چسبندگی، از جمله مشکلاتی است که معمولاً متولیان امر خط‌کشی با آن روبرو هستند. مواد علائم و خط نوشته‌ها در اثر عوامل زیر از سطح روسازی جدا می‌شوند. می‌توان با دقت در اجرای صحیح و انتخاب مواد مناسب این مشکلات را به حداقل رسانید.

- ۱- تمیز نبودن سطح جاده،
- ۲- پایین بودن دمای سطح راه، هوا و مواد در هنگام اجرای خط‌کشی (به ویژه با رنگ گرم)،
- ۳- وجود رطوبت در سطح رویه در هنگام اجرای خط‌کشی،
- ۴- عدم تناسب رنگ مصرفی با شرایط جوی،
- ۵- نقص در فرمولاسیون مواد، کافی نبودن ضخامت و یا ضخامت بیش از حد خط‌کشی.

## ۶-۷- مراجع

.e

2. **"Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways", Chapter 3.**, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, 2003.
3. AASHTO M 249: **"White and Yellow Reflective Thermoplastic Striping Material"** (Solid Form) ® 1986)
4. **AASHTO M247 : 2003, "Standard Specification for Glass Beads Used in Traffic Paints"**, 1996.
5. ASTM D 4060: 2002: **" Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser"**.
6. Federal, Color No. 17886 Standard 595.
7. ASTM E 303: 2003, **"Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester"**.
8. ASTM D 522:2003, **"Test Method for Mandrel Bend Test of Attached Organic Coatings"**.
9. Carlos A. Lopez, P.E., **"Pavement Marking Handbook"**, Copyright © 2004 by Texas Department of Transportation.









## فصل هشتم

### تیپ خطکشی راهها

#### مقدمه

مطابق با بند ۵ آئین‌نامه علائم راههای ایران، هدف از خطکشی منظم کردن حرکت وسایل نقلیه و آگاهی دادن به استفاده‌کنندگان از راه و راهنمایی آنهاست. خطکشی می‌تواند به تنهایی و یا برای تأکید بیشتر مفهوم خود همراه با سایر علائم و چراغ‌های راهنمایی توأم مورد استفاده قرار گیرد. بند ۵-۵ آئین‌نامه علائم راههای کشور تأکید بر استفاده از فام سفید در خطکشی‌های طولی (خطوط محوری، حرکت و حاشیه‌ای) در کلیه راهها دارد [۱].

انواع علائم و خطکشی‌های سواره‌روی مورد استفاده، باید همراه با قوانین مربوط به خود به کار روند. محدود کردن تعداد انواع علائم موجود به شناخت سریع آنها کمک می‌کند، همچنانکه هماهنگی شکل، فام رنگی و حروف به کار رفته برای هر نوع از علائم نیز برای شناخت سریع آنها مفید است. بدین ترتیب این کار باعث ایجاد علائم استاندارد برای مقامات مسئول می‌شود و در وقت طراحی علائم صرفه جویی می‌شود. این عمل به مراجع تصمیم‌گیرنده کمک می‌کند تا یک مفهوم یکسان به علائم استاندارد بدهند.

در این فصل ضمن معرفی و موارد کاربرد انواع خطکشی‌های مورد استفاده در علامت‌گذاری جاده‌ها، تیپ نقشه خطکشی‌های مختلف راهها ارائه می‌شود.

### ۸-۱- خط‌کشی‌های طولی<sup>۱</sup>

#### ۸-۱-۱- تعریف

خط‌کشی‌های طولی خطوطی هستند که در امتداد مسیر حرکت، بر روی سطح سواره رو اجرا می‌شوند و عمدتاً برای مشخص کردن مرز بین خطوط عبوری هم‌جهت (کانالیزه کردن حرکات)، جداسازی وسایل نقلیه ای که در دو جهت مخالف هم‌در حال حرکت هستند، تعیین حریم روسازی و آگاه کردن رانندگان از حریم راه و مشخص کردن خطوط ویژه به کار می‌روند [۱-۲].

#### ۸-۱-۲- پهنا و نوع خطوط طولی

در مناطق مختلف شهری و بین شهری پهنای خط‌کشی‌های طولی و فاصله پُر و خالی بین آنها بر حسب نوع راه و موقعیت آن متفاوت می‌باشد. هر قدر درجه راه بالاتر رود، عرض خطوط و فاصله پُر و خالی بین آنها متناسب با آن و سرعت طرح پیش‌بینی شده افزایش خواهد یافت. چنانچه از خطوط منقطع برای مشخص کردن محل‌های خطر و یا نزدیک شدن به خطر استفاده شود، طول خطوط پُر باید بزرگتر از طول فاصله خالی بین آنها باشد. طول خطوط پُر بین ۲ تا ۳ برابر طول فواصل خالی بین آنهاست. طول و فاصله بین پاره‌خط‌ها در مناطق مسکونی از مقادیر مشابه آنها در مناطق غیر مسکونی، برای تفکیک و جلب توجه بیشتر رانندگان، کمتر است. در جدول ۸-۱ عرض خطوط و فاصله پُر و خالی خط‌کشی‌های منقطع بر حسب نوع راه آورده شده است [۳].

جدول ۸-۱: خط‌کشی به تفکیک نوع راهها [۳]

ردیف	نوع راه	روش اجرای خط‌کشی		دوام خط‌کشی (ماه)		عرض خط‌کشی (سانتی‌متر)		ابعاد خطوط (منقطع) خالی × پر (متر)	حداقل بازتاب نور برگشتی $mcd.m^{-2}.lx^{-1}$	
		محور	حاشیه	محور	حاشیه	روز (Qd)	شب (RL)			
۱	آزادراه	اسکرید**	اکستروژن**	۳۶	۳۶	۱۵	۲۰	۳×۹	۱۳۰	۳۰۰
۲	بزرگراه با شانه آسفالتی	اسکرید	اکستروژن	۳۶	۳۶	۱۵	۱۵	۳×۹	۱۳۰	۳۰۰
۳	بزرگراه با شانه خاکی	اسکرید	اسپری گرم	۳۶	۲۴	۱۵	۱۵	۳×۹	۱۳۰ و ۲۰۰	۳۰۰ و ۲۰۰
۴	اصلی *ADT > ۴۰۰۰	اسپری گرم	اسپری سرد	۱۸	۱۲	۱۵	۱۵	۳×۶	۱۳۰ و ۱۰۰	۲۰۰ و ۱۰۰
۵	اصلی ADT < ۴۰۰۰	اسپری سرد	اسپری سرد	۹	۱۲	۱۲	۱۲	۳×۶	۱۰۰	۱۰۰
۶	راه‌های فرعی	اسپری سرد	اسپری سرد	۱۲	۱۵	۱۰	۱۰	۳×۶	۱۰۰	۱۰۰
۷	راه‌های روستایی	اسپری سرد	اسپری سرد	۱۲	۱۵	۱۰	۱۰	۲×۷	۱۰۰	۱۰۰

\* ترافیک متوسط روزانه بر حسب تعداد وسایل نقلیه معادل سواری

\*\* لازم به ذکر است که در گرده‌های برف‌گیر که عملیات راهداری (برف‌روبی و نمک پاشی) انجام می‌شود و در مناطقی از مسیرها که قرار است روکش شوند، از اجرای عملیات خط‌کشی به روش‌های اسکرید و اکستروژن باید جلدأ خودداری گردد.

### ۸-۱-۳- کاربرد خط‌کشی‌های طولی [۱-۳]

طبق "آئین‌نامه ایمنی راه‌ها کشور"، کتاب "راهنمای تجهیزات کنترل ترافیک" MUTCD، و کنوانسیون عبور و مرور جاده‌ای تعاریف زیر برای ابعاد، فام و الگوی خط‌کشی‌های طولی در نظر گرفته می‌شود [۱-۳]:

- خط معمولی سفید منقطع: نمایانگر مرز حرکتی است که ترافیک در دو طرف آن می‌تواند در یک جهت و یا در جهت مخالف حرکت نمایند. متداول‌ترین کاربرد آن در تفکیک خطوط حرکت در هر سمت آزادراه و یا بزرگراه است. یک خط‌کشی منقطع از یک خط معمولی با قسمت‌های جدا از هم تشکیل

شده است و کاربرد این خطوط به مفهوم این است که وسایل نقلیه می‌توانند آنها را قطع کنند. چنانچه از خط سفید منقطع به عنوان محور یک راه دو خطه دو طرفه استفاده شود، سبقت در آن با احتیاط و دقت مجاز می‌باشد.



- **خط معمولی سفید پُر:** نمایانگر مرز خط حرکتی است که ترافیک در طرفین آن، در یک جهت یا جهت مخالف می‌تواند حرکت کند ولی رانندگان حق قطع کردن آن را ندارد. همچنین به منظور مشخص کردن حاشیه‌های سواره‌رو و در نزدیکی تقاطع‌ها نیز می‌تواند به کار رود. استفاده از یک خط پر برای تأکید بر رعایت احتیاط از سوی رانندگان است که یکی از کاربردهای معمولی آن، نشان دادن خطوط حرکت گردش به راست و گردش به چپ است. عرض یک خط معمولی بین ۱۲۰ الی ۲۰۰ میلی‌متر متغیر است. عرض یک خط پهن حداقل دو برابر یک خط معمولی می‌باشد. عرض یک خط مشخص‌کننده میزان اهمیت آن است.



- **خط دوتایی سفید پُر:** خطوط دوتایی از دو خط موازی جدا از هم و با یک فاصله مشخص از یکدیگر، تشکیل شده است. عرض فاصله خالی بین خطوط دوتایی برابر عرض یک خط (حداکثر ۱۵ سانتی‌متر) می‌باشد. این خطوط نمایانگر خط مرز حرکتی‌ای است که ترافیک در طرفین آن می‌توانند در یک جهت یا جهت مخالف حرکت نمایند و هیچکدام از رانندگان حق عبور از آن را ندارند. از این خط می‌توان به منظور کانالیزه کردن ترافیک در نزدیک موانعی که عبور از آنها

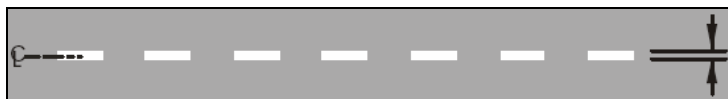
مجاز نیست، و همچنین به منظور کانالیزه کردن دو جریان ترافیک که دارای جهت حرکت مخالف هستند، استفاده کرد.



- خط سفید دوتایی متشکل از یک خط معمولی پُر و یک خط منقطع: به منظور تفکیک دو جریان ترافیک که هم جهت و یا جهت مخالف هم حرکت می‌کنند، به کار می‌رود. ترافیک در طرفی که خط منقطع است مجاز است که خط را قطع کند، ولی در جهتی که خط پُر کشیده شده این کار مطلقاً ممنوع می‌باشد. این خط‌کشی جهت ممانعت از سبقت گرفتن از یک جهت است و در جاده‌های دو طرفه که دارای دو و یا سه خط حرکت هستند، معمول می‌باشد.



- خط چین‌ها از خطوط کوتاه و فواصل خالی کوتاه بین آنها (معمولاً قطعات یک متری به فاصله یک متر از یکدیگر) تشکیل شده که برای آگاهی دادن به رانندگان، ترسیم شده‌اند.



#### ۸-۱-۴- انواع خط‌کشی‌های طولی

##### ۸-۱-۴-۱- خط‌کشی محور

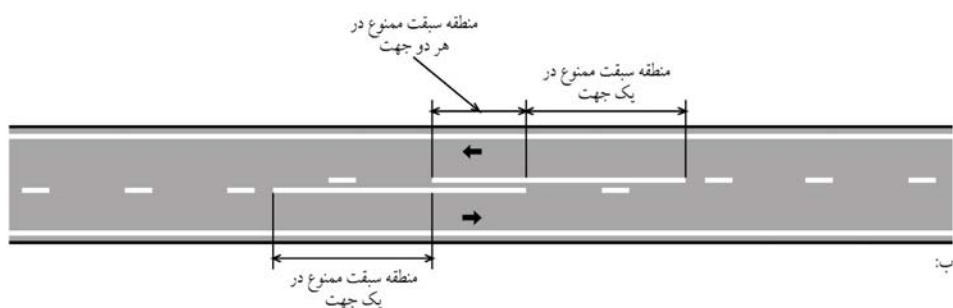
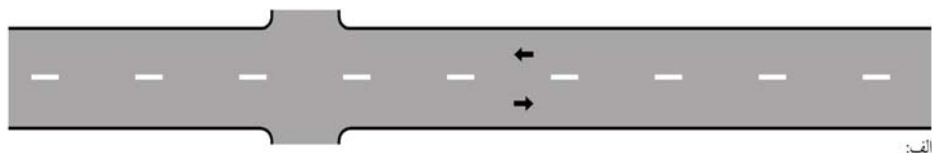
دو جریان ترافیکی که در دو جهت مخالف در حال حرکت هستند، توسط خط‌کشی محور از هم جدا می‌شوند. الزاماً محور نباید مرکز هندسی راه باشد. در راه‌های کم عرض بین شهری که ممکن است خط‌کشی نشده باشند، قسمت‌هایی از راه که در نزدیکی

تقاطع‌های عمده، محل‌های عبور عابر پیاده یا تقاطع با راه‌آهن قرار دارند، برای مشخص کردن محور، باید خط‌کشی شوند. همچنین در پیچ‌ها و بلندی‌ها، جهت کنترل ترافیک که در جهت مخالف در حال حرکت است، خط‌کشی محور لازم است.

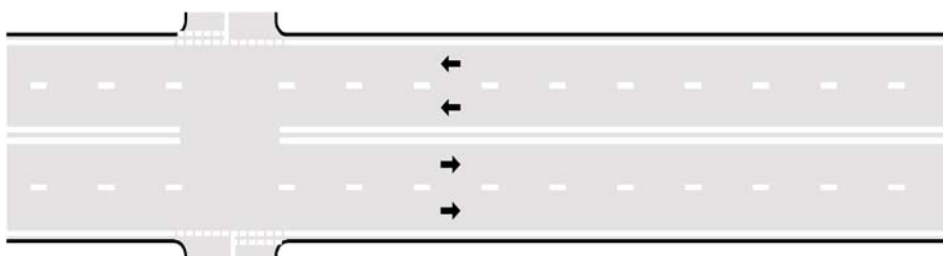
• خط‌کشی محور در شرایط زیر لازم است:

۱. روی جاده‌های شهری شریانی با عرض سواره روی بیش از ۶/۱ متر یا میزان تردد روزانه ۶۰۰۰ یا بیشتر، در راه‌های بین شهری که عرض آنها از ۵ متر بیشتر است و سرعت حرکت نیز از ۵۰ کیلومتر در ساعت تجاوز می‌کند، و در جاده‌های روستایی با عرض بیش از ۵/۵ متر یا بیشتر و میزان تردد ۳۰۰۰ یا بیشتر وسیله نقلیه، خط‌کشی محوری باید انجام شود. خط مرکزی محوری همچنین باید روی روسازی جاده‌هایی با دو جهت عبوری و یا بزرگراهایی که دارای سه یا بیشتر خط عبوری هستند، انجام گیرد.
  ۲. در کلیه راه‌های عبوری بین شهری و سایر راه‌هایی که حجم تردد در آنها زیاد است.
  ۳. در کلیه راه‌های بدون جدا کننده وسط که دارای بیش از چهار خط حرکتی هستند.
- خط‌کشی محور در راه‌های دو طرفه و دو خطه باید به یکی از صورت‌های زیر انجام گیرد:
۱. یک خط سفید معمولی منقطع که با احتیاط لازم عبور از آن مجاز است (شکل ۸-۱، الف).
  ۲. یک خط سفید دوبل متشکل از یک خط معمولی پُر و یک خط معمولی منقطع که عبور از یک سمت آن مجاز است (شکل ۸-۱، ب).
  ۳. یک خط سفید دوبل متشکل از دو خط معمولی پُر که عبور از دو سمت آن ممنوع است.

- در راههای بدون جداکننده وسط که دارای چهار خط حرکت یا بیشتر هستند باید از یک خط سفید دوبل پُر استفاده شود (شکل ۲-۸).
- در راههای دو طرفه با سه خط عبوری و برای حرکت وسایل نقلیه با دو خط حرکتی هم جهت، طبق شکل‌های ۳-۸ و ۴-۸ خط‌کشی انجام می‌شود.
- در راههای دو طرفه با چهار خط عبوری یا بیشتر و خط عبوری چپ گرد کانالیزه شده، خط‌کشی طبق شکل‌های ۵-۸ و ۶-۸ انجام می‌شود.

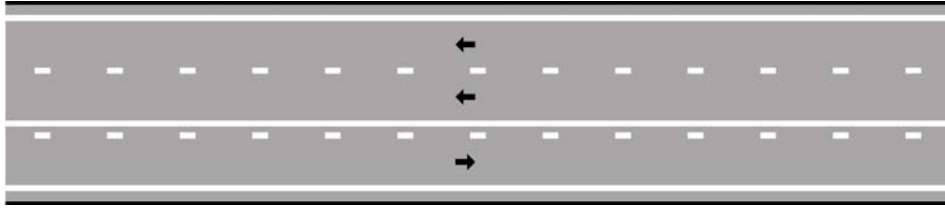


شکل ۸-۱: خط‌کشی جاده دو طرفه با دو خط حرکت که در آن سبقت گرفتن مجاز است [۴]



شکل ۸-۲: خط‌کشی جاده دو طرفه با چند خط حرکت [۴]



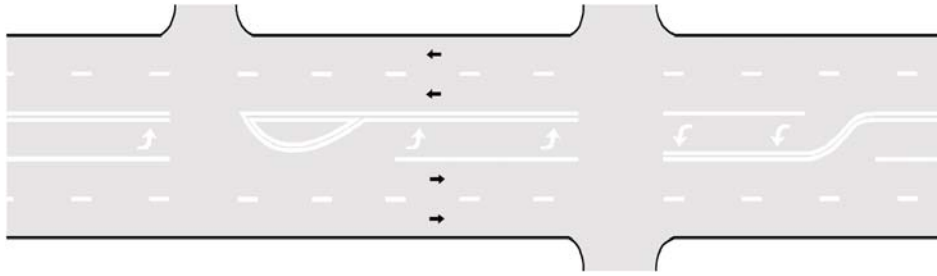


شکل ۸-۳: خط‌کشی جاده دو طرفه، رانندگانی که در سمت یک خط حرکت می‌کنند، مجاز به سبقت گرفتن هستند [۴]

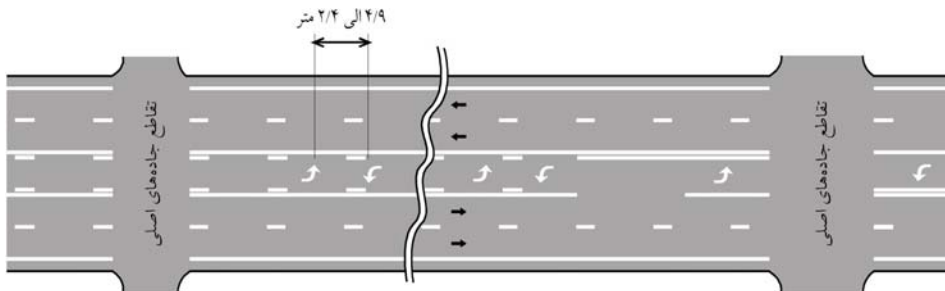


شکل ۸-۴: خط‌کشی جاده دو طرفه (سه خطه)، رانندگانی که در سمت یک خط حرکت می‌کنند، مجاز به سبقت گرفتن نیستند [۴]

→ : نشان دهنده جهت حرکت



شکل ۸-۵: خط‌کشی یک مسیر دو طرفه با چهار خط عبوری یا بیشتر و با یک خط عبوری گردش به چپ کانالیزه شده همراه با مشخص شدن محل ترسیم فلش‌های راهنما [۴]



شکل ۸-۶: خط‌کشی یک مسیر دو طرفه با خط عبوری گردش به چپ [۴]

۸-۱-۴-۲- خط‌کشی محل‌هایی که سبقت گرفتن در آنها ممنوع است<sup>۱</sup>

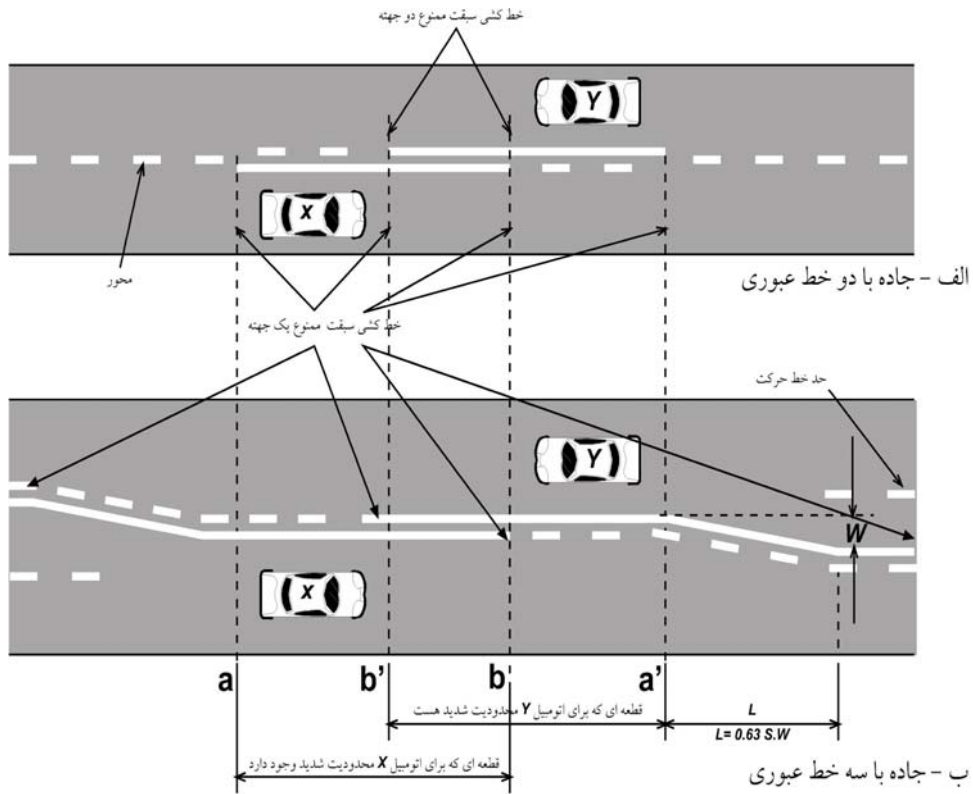
۱. در نقاطی مانند پیچ و خمها که سبقت گرفتن در آنها به علت محدودیت دید ناکافی ممنوع است، مشخص کردن منطقه سبقت ممنوع می‌تواند از طریق اجرای خط‌کشی "سبقت ممنوع از یک جهت" و یا "سبقت ممنوع از هر دو جهت"، بطوری که در شکل ۷-۸ نشان داده شده، عملی شود.
۲. در یک راه دو خطه، باید خط‌کشی سبقت ممنوع به موازات محور در تمام طول منطقه سبقت ممنوع ترسیم شود.
۳. در جاده‌های سه خطه، هر جا که میزان دید محدود است و یا خط‌کشی سبقت ممنوع از یک جهت به جهت دیگر انتقال یافته باشد، خط‌کشی سبقت ممنوع باید از قبل از نقطه شروع منطقه سبقت در سمت چپ خط حرکت میانی شروع شده و بصورت مورب تا وسط خط حرکت میانی در نقطه شروع منطقه سبقت ممنوع امتداد یافته و از آنجا در طول محور جاده تا پایان منطقه سبقت ممنوع کشیده شود (شکل ۷-۸ ب).
۴. خط‌کشی سبقت ممنوع به صورت مورب در طول خط حرکت میانی به اندازه  $L$  که از رابطه (۸-۱) محاسبه می‌شود، ترسیم می‌گردد. در این رابطه  $L$  طول خط برحسب متر،  $S$  معادل ۸۵٪ آماری سرعت در ساعات کم تردد بر حسب کیلومتر در ساعت و  $W$  برابر است با عرض برون‌گرائی<sup>۲</sup> بر حسب متر (شکل ۷-۸ ب).

$$L = 0.63 \times S \times W \quad (1-8)$$

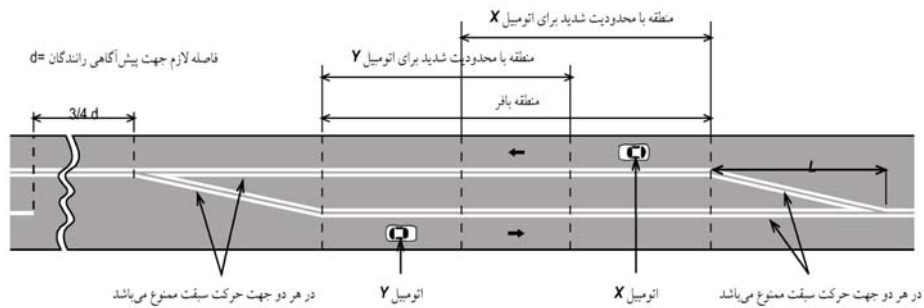
---

1- No Overtaking Zone Markings

2- Offset



این خط‌کشی می‌تواند به منظور تغییر جهت حرکت یک جاده دو خطه به یک جاده سه خطه که در شکل‌های ۳-۸ و ۴-۸ نشان داده شده به کار رود. در این صورت فاصله  $b$  تا  $a'$  برابر با فاصله  $a$  تا  $b'$  مساوی ۹۰ متر و فاصله  $b'$  تا  $b$  برابر با ۱۵ متر است.



ج - جاده سه خطه

خط‌کشی جاده دو طرفه سه خطه برای تغییر جهت در خط مرکزی

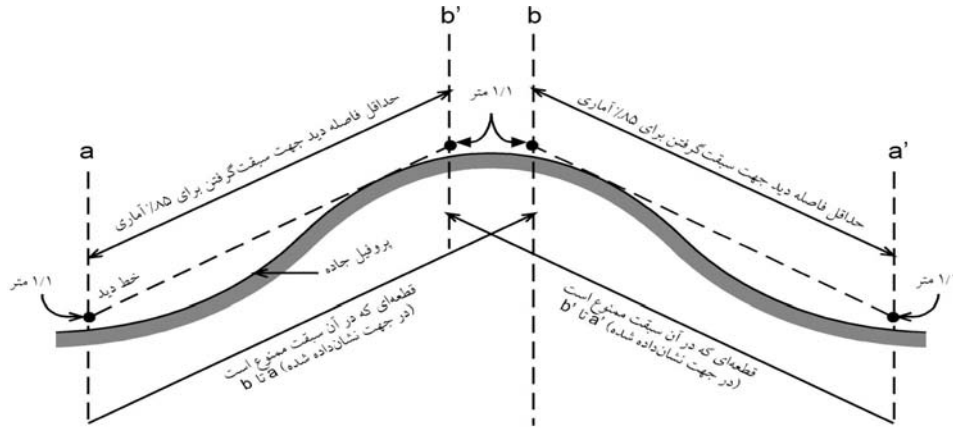
شکل ۷-۸: خط‌کشی استاندارد جهت مسیرهایی از راه که در آنها سبقت ممنوع است [۱ و ۴]

۵. در صورتی که با توجه به سرعت مجاز، فاصله دید کمتر از حداقل ذکر شده در جدول ۲-۸ باشد، مشخص کردن محل‌های سبقت ممنوع در پیچ‌ها، فراز و نشیب‌ها به منظور ایمن‌سازی ترافیک الزامی است. در یک قوس قائم، فاصله دید کافی که بتوان در آن سبقت گرفت، بدین ترتیب تعریف می‌شود که در آن فاصله شیئی به ارتفاع ۱/۱ متر از سطح روسازی در محلی که چشم راننده است، دیده می‌شود (شکل ۸-۸). فاصله دید در یک پیچ افقی عبارت است از فاصله‌ای که در طول محور بین دو نقطه روی یک خط مماس به خاکریز یا مانع دیگری که دید راننده را در داخل پیچ قطع می‌کند (شکل ۸-۹). در صورتی که راه سه خطه باشد، بجای محور از خط حرکت سمت راست باید اندازه‌گیری انجام شود.

۶. شروع محلی که در آن سبقت ممنوع است (نقاط  $a$  و  $a'$  در شکل‌های ۸-۸ و ۸-۹) همان نقاطی هستند که به محض رسیدن به آنها، فاصله دید کمتر از فواصلی خواهد بود که در جدول ۲-۸ آورده شده است. نقطه  $b$  و  $b'$  نقطه‌ای است که به محض رسیدن به آن، فاصله دید بیشتر از ارقام داده شده در جدول ۲-۸ است و پایان محل سبقت ممنوع است

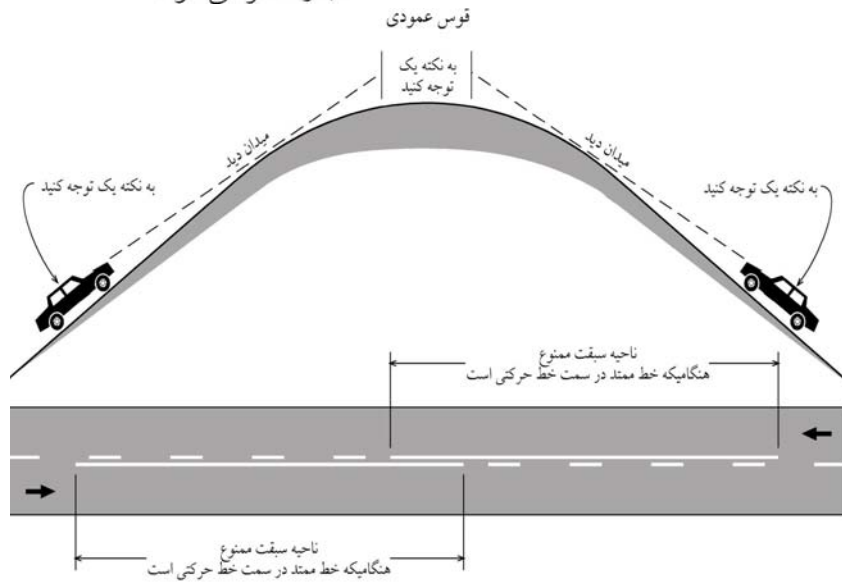
جدول ۲-۸: رابطه بین سرعت و حداقل فاصله دید سبقت مجاز [۱]

حدأقل فاصله دید که در آن سبقت مجاز است (متر)	سرعت ۸۵ درصد آماری (کیلومتر در ساعت)
۱۵۵	۵۰
۱۷۰	۶۰
۱۹۰	۷۰
۲۱۵	۸۰
۲۶۰	۹۰
۳۰۰	۱۰۰
۳۵۰	۱۱۰
۴۰۰	۱۲۰



$a$  و  $a'$  = شروع قطعه سبقت ممنوع  
(فاصله دید که از  $۱/۸$  متر بالای سطح  
سواره‌رو اندازه‌گیری می‌شود از حداقل  
مجاز کمتر می‌شود)

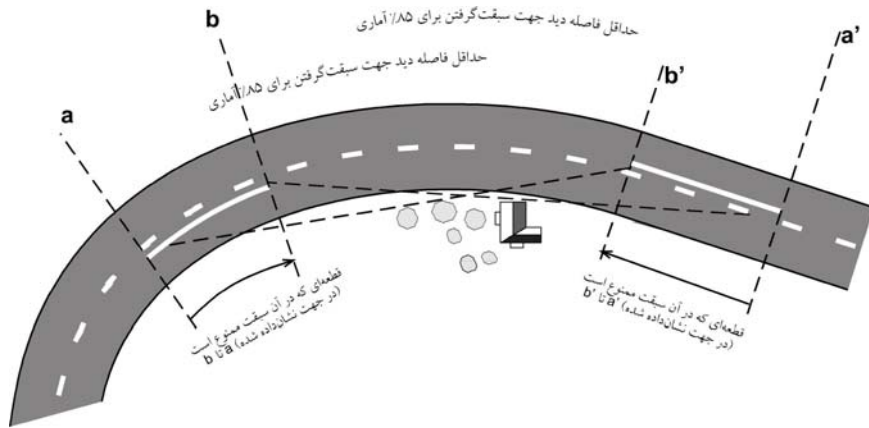
$b$  و  $b'$  = پایان قطعه سبقت ممنوع  
(فاصله دید مجدداً از حداقل مجاز  
بیشتر می‌شود)



شکل ۸-۸: نحوه خط‌کشی حد سبقت ممنوع در قوس‌های عمودی [۱ و ۵]

نکته ۱: فاصله چشم راننده از سطح جاده  $۱/۰۷$  متر است.

نکته ۲: حداقل طول ناحیه عبور ممنوع باید نصف فاصله دید باشد.



شروع قطعه سبقت ممنوع =  $a$  و  $a'$   
 (فاصله دید اندازه‌گیری شده روی محور و یا  
 در صورتیکه جاده سه خطه باشد اندازه‌گیری  
 شده در خط حرکت سمت راست از فاصله  
 دید مجاز کمتر می‌شود)

پایان قطعه سبقت ممنوع =  $b$  و  $b'$   
 (فاصله دید مجدداً از حداقل مجاز  
 بیشتر می‌شود)

شکل ۸-۹: نحوه خط‌کشی حد سبقت ممنوع در قوس‌های افقی [۴]

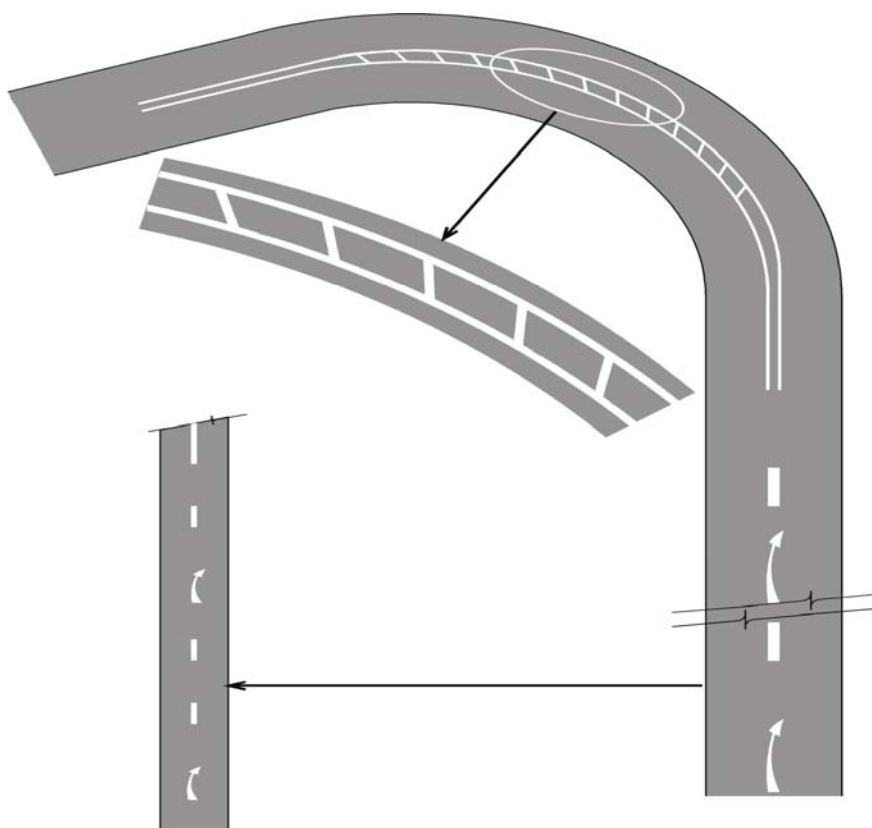
۷. در پیچ‌های تند، در صورتی که عرض کافی جهت حرکت آسان وسایل نقلیه موجود باشد، می‌توان خطوط دوتایی را در فاصله حدود ۶۰ سانتی‌متری از هم بنحوی رسم کرد که یک جزیره جداکننده میان دو خط تشکیل شود. سطح بین دو خط و قسمت‌های موازی باید هاشور خورده باشد. عرض خطوط مورب هاشور باید ۱۰ سانتی‌متر و فواصل آنها سه متر باشد (شکل ۸-۱۰).
۸. خط‌کشی "سبقت ممنوع" در نزدیکی تقاطع جاده با راه آهن و سایر مواردی که سبقت گرفتن ممنوع است، به کار می‌رود (شکل ۸-۱۲). همچنین در جاده‌های دو طرفه در محل‌هایی که جاده باریک می‌شود و یا در مقابل موانعی که باید از سمت راست آنها عبور کرد، ترسیم می‌شود (شکل ۸-۱۳).
۹. علاوه بر خط‌کشی پیشنهاد شده، نصب تابلوی "سبقت ممنوع" نیز می‌تواند تأکید بیشتری بر وجود منطقه سبقت ممنوع داشته باشد.

۱۰. هرگاه فاصله دو منطقه که در هر دوی آنها سبقت ممنوع است، کمتر از ۱۲۰ متر باشد، خط سبقت ممنوع (اعم از یک جهت و یا دو جهت) باید از یک منطقه به منطقه دیگر امتداد یابد.

#### ۸-۱-۴-۳- خط‌کشی خطوط حرکت

۱. خط‌کشی خطوط حرکت برای جدا کردن جریان‌های مختلف ترافیک هم جهت، اجرا می‌شود. موارد کاربرد خطوط حرکت عبارت است از:
  - در کلیه آزادراه‌ها و بزرگراههایی که دارای چند خط حرکت هستند.
  - در کلیه نقاط پُر تراکم، با توجه به عرض جاده در صورت انجام خط‌کشی، می‌توان تعداد خطوط حرکت بیشتری ایجاد کرد. این خطوط معمولاً خطوط منقطع معمولی با فام سفید هستند که رانندگان می‌توانند با احتیاط مسیر خود را تغییر دهند.
  - یک خط معمولی پُر با فام سفید می‌تواند به عنوان خط حرکت در نقاطی که تغییر مسیر توصیه نمی‌شود، به کار رود. تونل‌ها، پل‌ها و تقاطع‌های غیر هم سطح که تغییر مسیر باعث به هم خوردن جریان ترافیک می‌شود از نمونه‌های بارز چنین نقاطی هستند.
  - یک خط پُر سفید می‌تواند ترافیک عبوری را از خطوط حرکت درجه دوم مانند خطوطی که به حرکت وسایل نقلیه کندرو اختصاص دارند، جان‌پناه‌های چپ‌گرد یا راست‌گرد و ایستگاه‌های اتوبوس جدا نماید.
  - یک خط پُر سفید دوتایی باید در مواقعی که تغییر خط حرکت ممنوع است، ترسیم شود.
۲. فاصله بین خطوط حرکتی که با خط‌کشی مشخص می‌شوند باید ۳/۶۵ متر باشد. معذالک می‌توان این فاصله را به منظور ایجاد تعداد بیشتری خطوط

حرکت به عرض‌های خاص کمتر از ۳/۶۵ متر تقلیل داد. کارکرد این خطوط در شکل‌های ۲-۸ الی ۴-۸ نشان داده شده است.



شکل ۸-۱۰: خطوط دوبل و هاشوری در پیچ‌های تند [۱]

#### ۸-۱-۴-۴- خط‌کشی حاشیه راه<sup>۱</sup>

برای تعیین حاشیه و حدود چپ و راست جاده برای راهنمایی رانندگان خط‌کشی حاشیه راه انجام می‌شود و در جاده‌های خارج از شهر که فاقد جدول کناری هستند و همچنین در نقاطی از جاده‌های پُر ترافیک که بعد از غروب آفتاب مشخص بودن حاشیه

1- Marking of Edge Lines



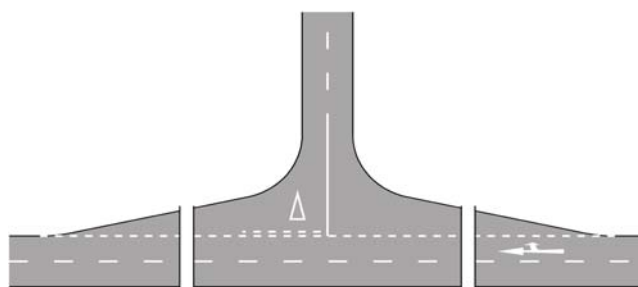
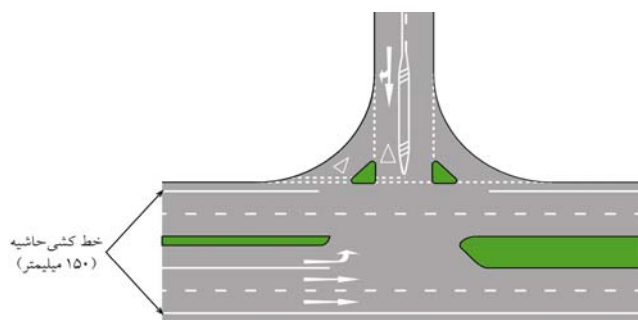
جاده حائز اهمیت است، بسیار موثر می‌باشد. به علاوه برای جلوگیری از عبور ترافیک از شانه‌ راه و یا رفوژهایی که دارای مقاومتی کمتر از سطح سواره‌رو هستند، از این نوع خط‌کشی استفاده می‌شود. خط حاشیه‌ راه بجز در محل تقاطع‌ها و پارکینگ‌ها که به صورت خط‌چین کشیده می‌شود، در سایر نقاط به صورت ممتد اجرا می‌گردد (به شکل‌های ۲-۸، ۳-۸ و ۱۱-۸ مراجعه شود).

خط‌کشی حاشیه‌ای راه به جز در مواردی که از خط‌چین برای تعیین حدود خطوط حرکتی اضافه شده استفاده می‌شود، نباید در تقاطع مسیرها و راههای اصلی ادامه یابد. خط‌کشی حاشیه راه در کلیه آزادراهها، بزرگراهها و راههای اصلی شریانی و سایر راههایی با عرض ۶/۱ متر یا بیشتر و یا با میزان تردد روزانه ۶۰۰۰ وسیله نقلیه یا بیشتر، الزامی است. در سایر جاده‌ها و مسیرها به تشخیص مهندس راه، از خط‌کشی‌های حاشیه‌ای استفاده می‌شود. در مسیرهایی که مهندس راه تشخیص دهد که اجرای خط‌کشی حاشیه‌ای موجب کاهش ایمنی شود، استفاده نمی‌گردد. خط‌کشی‌های حاشیه‌ای ممکن است در مسیرهایی با و یا بدون خط‌کشی محوری نیز انجام شود. این خط‌کشی به رنگ سفید است (به شکل‌های ۱۱-۸ و ۱۲-۸ مراجعه شود). این خطوط دارای عرض معمولی خواهند بود مگر در آزادراهها که باید به عرض ۲۰۰ میلی‌متر اجرا شوند. خطوط حاشیه‌ای برای راههای فرعی نباید شکسته باشد [۱].

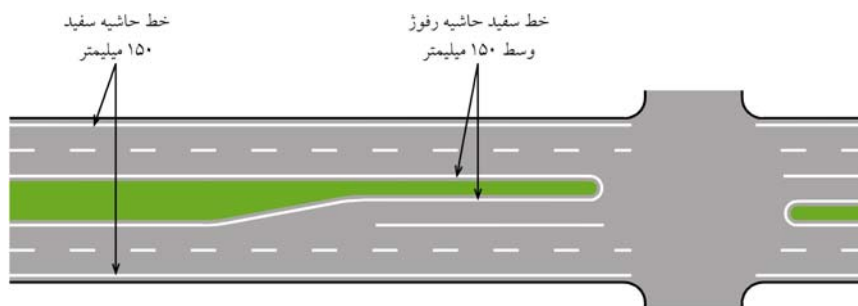
#### ۸-۱-۴-۵- ادامه خط حاشیه به داخل تقاطع‌ها<sup>۱</sup>

برای تعیین حدود راه، خط‌کشی ادامه حاشیه سواره‌رو به داخل تقاطع‌ها باید به صورت خط‌چین اجرا شود. در مواقعی که خط ایست یا خط‌کشی حق تقدم در راه فرعی موجود باشد، خط‌چین مورد نظر فقط تا محور راه فرعی ترسیم می‌شود. در مواردی که خط‌کشی حاشیه‌ای در راه اصلی انجام نشده باشد خط‌چین حاشیه باید به صورت یک خط طولی در محل برخورد با راه فرعی ترسیم شود (شکل ۱۱-۸). هنگامی که کنترل بیشتری

برای هدایت رانندگان در عبور از تقاطع‌ها لازم باشد، مانند محل‌های گردش، تقاطع‌های محل برخورد چندین راه و خطوط حرکتی که به چند جهت هدایت می‌شوند، می‌توان با استفاده از خط‌چین، خطوط طولی را به داخل تقاطع‌ها ادامه داد. هر زمان که کنترل بیشتری مورد نظر باشد، خطوط پُر و یا خطوط حرکت کانالیزه شده (خطوطی که عریض یا زوج هستند) به داخل تقاطع‌ها اجرا می‌شوند. ترسیم چنین خطوطی همچنین گردش به چپ و راست را آسان می‌نماید [۱].

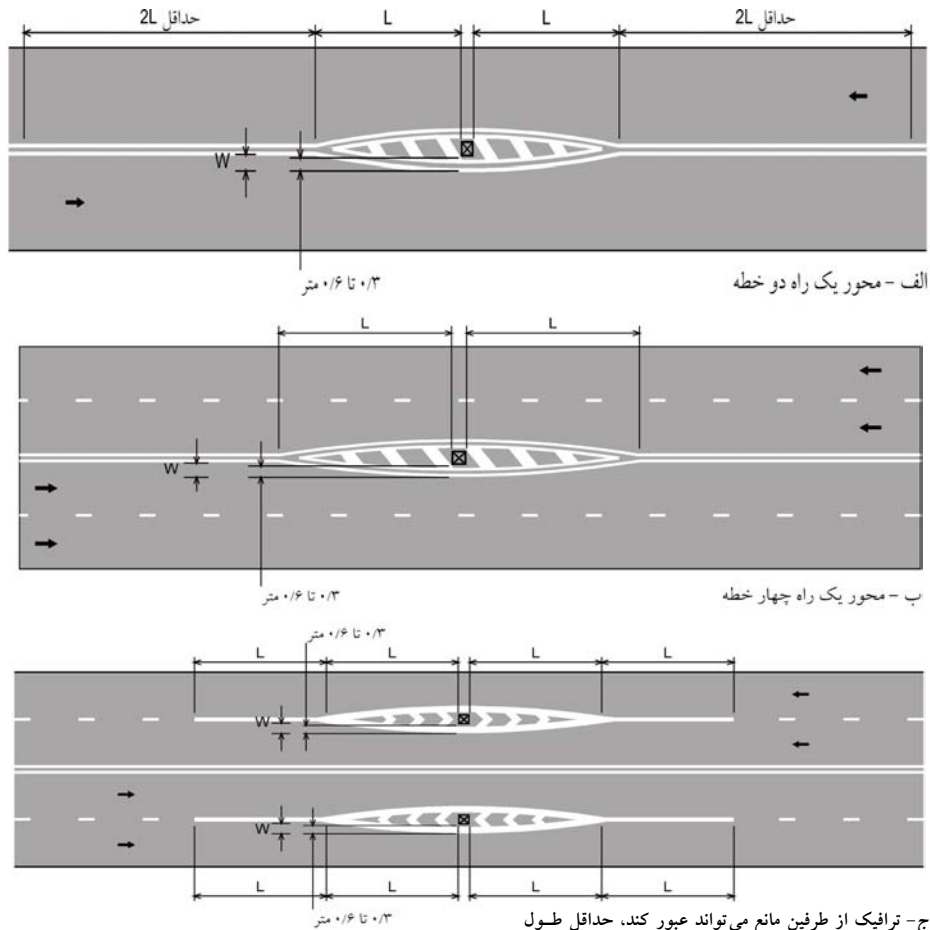


شکل ۸-۱۱: نحوه خط‌کشی تقاطع‌ها [۱]



شکل ۸-۱۲: نحوه خط‌کشی راه با جداکننده وسط [۱]

۸-۱-۴-۶- خط‌کشی محل‌های نزدیکِ موانع یا جزیره‌های وسط سواره‌رو<sup>۱</sup>  
 برای تشکیل چنین جزیره‌هایی دو خط سفید دوتایی که ترافیک جهت‌های مخالف را از هم جدا می‌کنند اجرا می‌شوند. سایر خط‌کشی‌های درون منطقه جزیره نظیر هاشور و غیره باید سفید رنگ باشند (شکل ۸-۱۳).



$$L = 0.16 S \times W$$

S= ۸۵٪ آماری سرعت بر حسب کیلومتر در ساعت

W= برون گرانی بر حسب متر

ج- ترافیک از طرفین مانع می‌تواند عبور کند، حداقل طول برابر ۳۰ متر در شهر و ۶۰ متر در جاده‌های خارج از شهر است. با توجه به شرایط دید طولی باید زیاد شود

شکل ۸-۱۳: نحوه خط‌کشی جاده در نزدیکی مانع [۴]

#### 1- Median Islands Formed by Carriageway Marking

۸-۱-۴-۷- خط‌کشی تعیین محدودیت توقف<sup>۱</sup>

وجود خط‌کشی‌های طولی سفید مجاور جدول سواره‌رو (در صورتی که سواره‌رو دارای جدول باشد) بدین معناست که تا جایی که این خطوط امتداد دارند ایستادن و یا پارک کردن ممنوع یا محدود می‌باشد. این خطوط، نواحی دارای محدودیت را مشخص می‌سازد و ممکن است طوری طراحی شوند که نوع و زمان محدودیت را نیز مشخص کنند. ممکن است تغییر مدت محدودیت در هر زمان به وسیله یک خط منقطع یا ممتد منفرد بیان شود. اگر برای مدتی طولانی توقف ممنوع باشد، می‌توان از خطوط دوتایی ممتد استفاده کرد. در انتهای خطوط طولی باید یک خط عریض کوچک، برای تعیین حدود این محدودیت، ترسیم شود [۱].

۸-۱-۴-۸- خط‌کشی لبه سواره‌رو<sup>۲</sup>

خط‌کشی لبه سواره‌رو برای جلب توجه رانندگان به قوانین مربوط به پارک وسیله نقلیه و پارکینگ‌ها و یا مشخص کردن حدود راه و جدول‌ها به کار می‌رود. این خط‌کشی‌ها بخصوص در جاده‌های کوهستانی و محل‌هایی که امکان سقوط به دره و یا برخورد با دیواره راه وجود دارد، اهمیت ویژه‌ای دارند. در جایی که خط‌کشی لبه سواره‌رو ترسیم می‌شود، فام رنگی باید با اصول عمومی خط‌کشی مطابقت داشته باشند. خط‌کشی‌های ممتد سفید با قابلیت بازتاب نور برگشتی باید بر روی جزیره‌های برجسته و جدول‌های اطراف جزیره‌هایی که در مسیر جریان ترافیک، و جایی که ترافیک کانالیزه و به سمت راست مانع هدایت می‌شود، ترسیم شود. خط‌کشی‌های ممتد سفید باید در زمانی که جریان ترافیک از هر دو سمت جزیره‌ها می‌گذرد، اجرا شود.

---

1- Waiting Space Marking

2- Curb Markings

### ۸-۱-۴-۹- خط‌کشی‌های طولی برای وسایل نقلیه موتوری در خط‌های ویژه<sup>۱</sup>

خط‌کشی‌های طولی برای وسایل نقلیه موتوری در خطوط ویژه باید به وسیله یک نماد و یا خط نوشته مناسب اجرا شود. خطوط ویژه بسته به سطح کاربرد و امکانات طرح، به صورت‌های مختلف خط‌کشی می‌شوند. همچنین ممکن است که خطوط ویژه توسط موانع، جزیره‌ها و یا محدوده‌های طبیعی ترسیم شده، به صورت فیزیکی از دیگر خطوط عبوری جدا شوند و یا ممکن است با دیگر خطوط عبوری متقارن بوده و تنها توسط خط‌کشی‌های طولی از هم جدا شده باشند. علاوه بر این، خطوط ویژه‌ای که بصورت فیزیکی از هم جدا می‌شوند ممکن است هم جهت و یا در خلاف جهت یکدیگر باشند. انواع خطوط ویژه را می‌توان بصورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

**الف: خطوط ویژه برگشت‌ناپذیر که به صورت فیزیکی از هم جدا شده‌اند:**

خط‌کشی‌های طولی خطوط عبوری توسط موانع، جزیره و یا محل‌های ترسیم شده طبیعی که شامل یک خط ممتد معمولی در لبه چپ خط عبوری و یک خط ممتد معمولی در لبه سمت راست خط عبوری را شامل می‌شود. اگر خط ویژه از دو خط و یا بیشتر تشکیل شده باشد، خطوط ویژه حرکت ممکن است با یک خط منقطع سفید معمولی از هم جدا شوند.

**ب: خطوط ویژه برگشت‌پذیر که به صورت فیزیکی از هم جدا شده‌اند:**

خط‌کشی‌های طولی برای خطوط ویژه برگشت‌پذیر که بصورت فیزیکی از دیگر خطوط عبوری توسط موانع، جزیره یا محدوده طبیعی ترسیم شده شامل خط ممتد در دو لبه خطوط حرکت، جدا شده‌اند. اگر خط ویژه از دو خط و یا بیشتر تشکیل شده باشد، خطوط ویژه حرکت ممکن است با یک خط منقطع سفید معمولی از هم جدا شوند.

**ج: خطوط ویژه جریان موافق (سمت چپ):** خط‌کشی طولی برای خط ویژه

تمام وقت و یا پاره‌وقت در سمت چپ دیگر خطوط حرکتی شامل یک خط

1- Preferential Lane Longitudinal Markings for Motor Vehicles

سفید معمولی در لبه سمت چپ خط و یکی از خطوط باریک در لبه سمت راست خط ویژه حرکت.

- یک خط دوتایی ممتد پهن در جایی که دور زدن ممنوع است (شکل ۸-۱۴ ب).

- یک خط پهن در جایی که دور زدن توصیه نمی‌شود (شکل ۸-۱۴ ج).

- یک خط پهن در جایی که دور زدن ممنوع است (شکل ۸-۱۴ د).

اگر خط ویژه از دو خط و یا بیشتر تشکیل شده باشد، خطوط ویژه حرکت ممکن است با یک خط منقطع سفید معمولی از هم جدا شوند.

**د: خط ویژه جریان موافق (سمت راست):** خط‌کشی‌های طولی‌ای هستند که

برای یک خط ویژه تمام وقت و یا نیمه‌وقت در سمت راست دیگر خطوط عبوری شامل یک خط ممتد سفید معمولی در لبه راست خط ویژه عبوری، و یک نوع خط‌کشی‌های زیر برای لبه سمت چپ خط ویژه، از آنها استفاده می‌شود:

- یک خط دوتایی سفید جایی که دور زدن ممنوع است (شکل ۸-۱۴ ب).

- یک خط سفید ممتد پهن در جایی که دور زدن توصیه نمی‌شود (شکل ۸-۱۴ ج).

- یک خط سفید پهن در جایی که دور زدن مجاز است (شکل ۸-۱۴ د).

- یک خط چین سفید معمولی برای محلی که گردش به راست هر وسیله نقلیه‌ای مجاز است (شکل ۸-۱۴ ه).

اگر خط ویژه از دو خط و یا بیشتر تشکیل شده باشد، خطوط ویژه حرکت

ممکن است با یک خط منقطع سفید معمولی از هم جدا شوند.

#### ۸-۱-۴-۱۰- خط‌کشی در محل تقاطع‌های میدانی<sup>۱</sup>

اصولاً در داخل یک میدان، مسیر حرکت به صورت مدور است. اکثراً در مسیرهای

مدور به دلیل تغییر جهت مسیر، وسیله نقلیه در سمت راست مسیر حرکت می‌کند. در

1- Markings for Roundabout Intersections

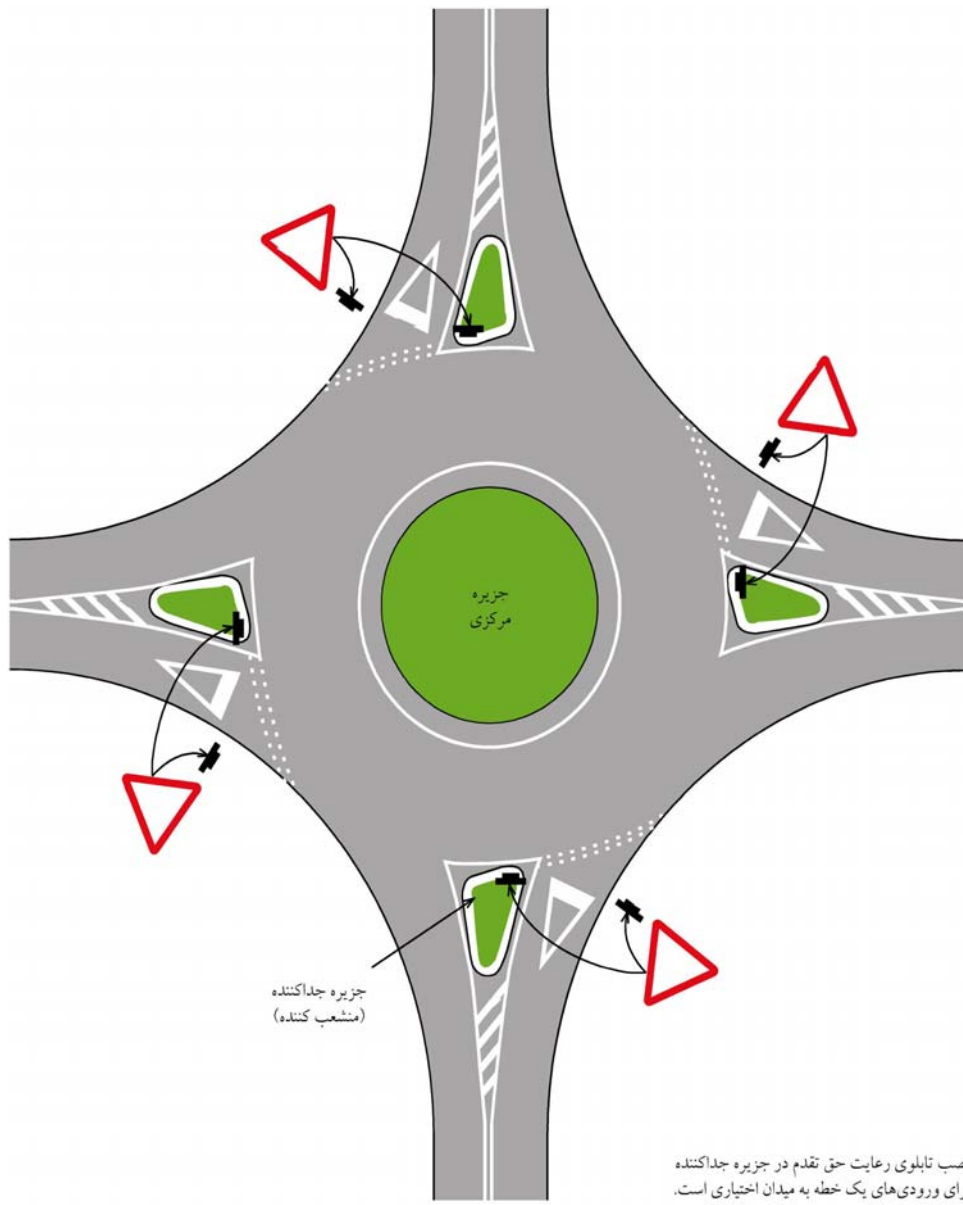
شکل‌های ۸-۱۵ الی ۸-۱۸ نمونه‌هایی از خط‌کشی تقاطع‌های میدانی نشان داده شده است. در خط‌کشی‌های میدانی موارد زیر باید لحاظ گردد:

- خط‌کشی با فام سفید که دور لبه یا حاشیه درونی مسیر حرکت مدور یعنی دور جزیره مرکزی ترسیم می‌شود.
- خط‌کشی با فام سفید که در حاشیه بیرونی مسیر حرکت مدور اجرا می‌شود. این خط شامل یک خط ممتد در حاشیه جزیره‌های کانالیزه کننده و یک خط چین در امتداد خط ممتد فوق است که در ورودی به میدان اجرا می‌شود.
- خط‌کشی‌های دوتایی ممتد با فام سفید برای مسیرهای دوطرفه بدون جداکننده محور قبل از رسیدن به جزیره‌های کانالیزه کننده.

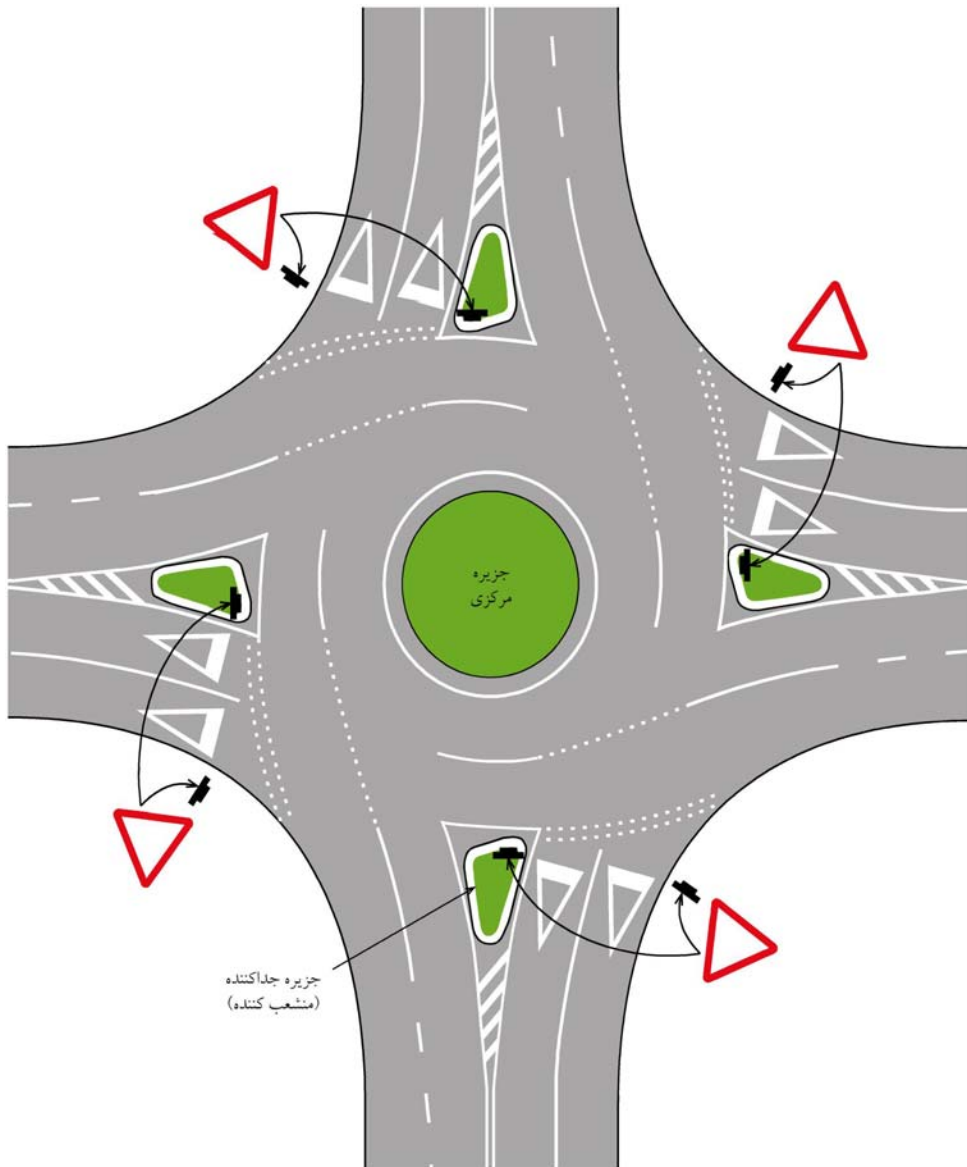


شکل ۸-۱۴: نحوه خط‌کشی خطوط حرکتی ویژه [۴]

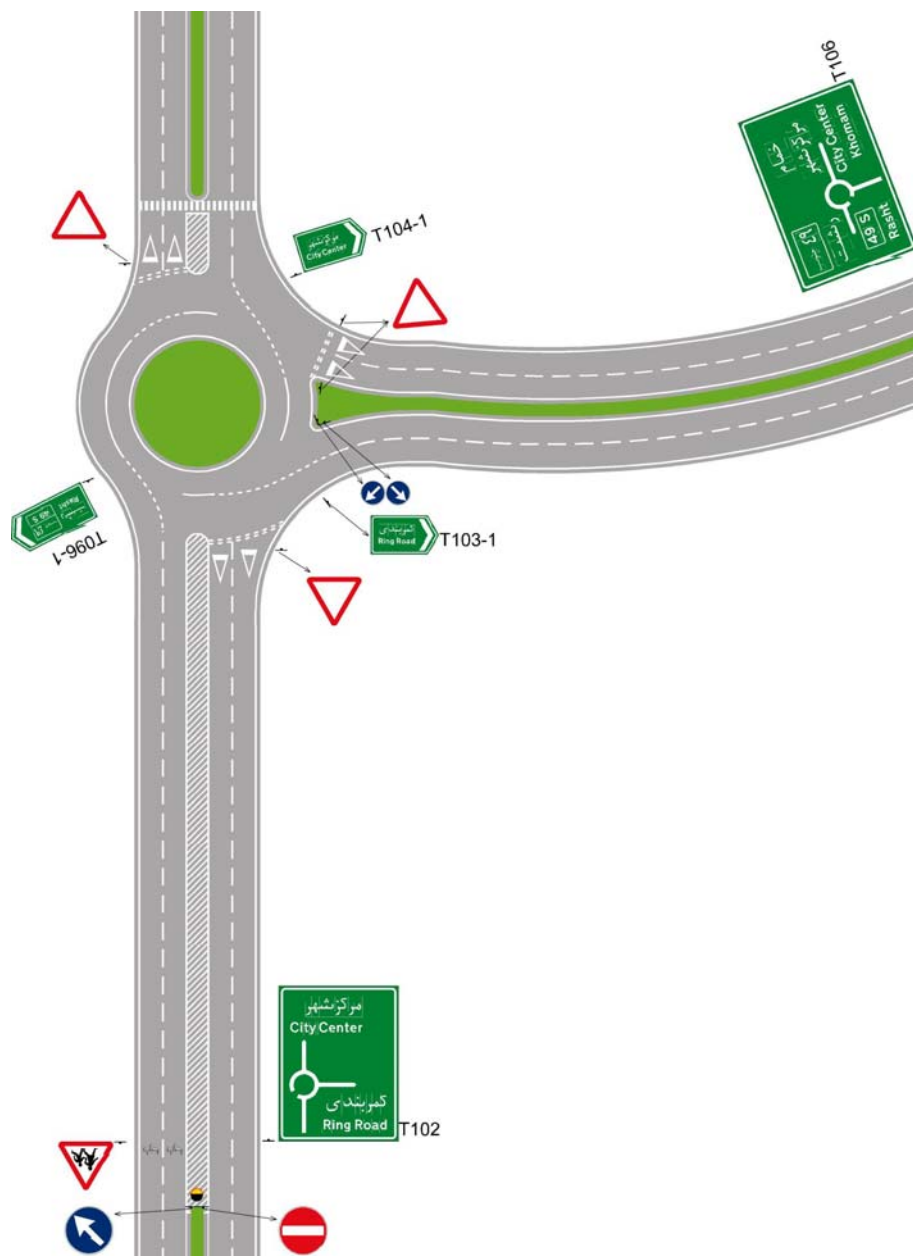




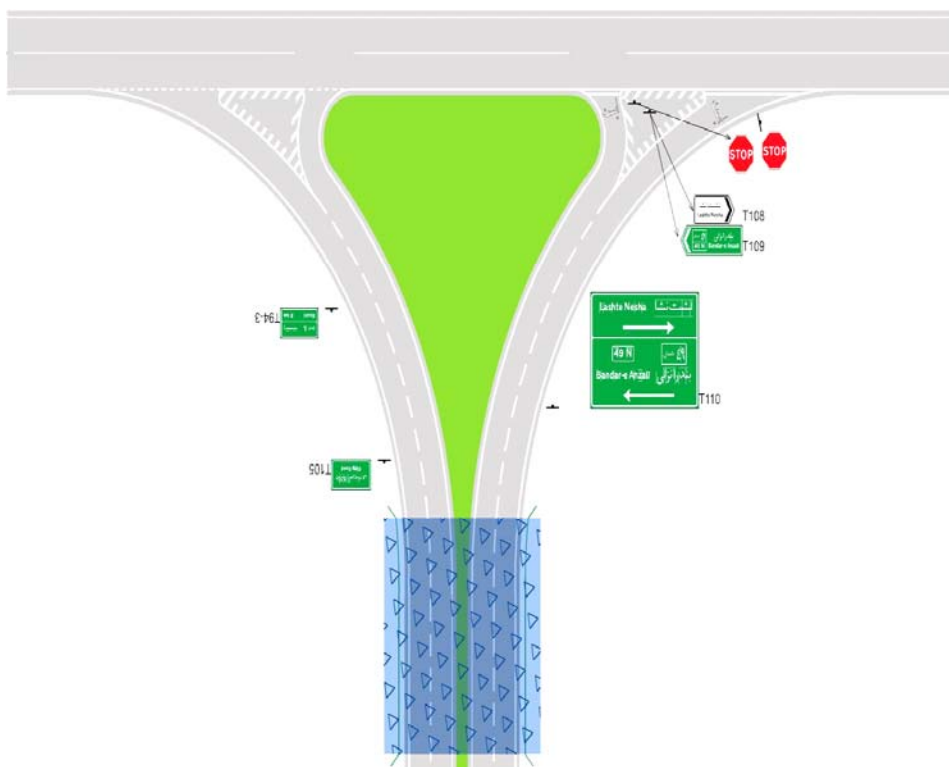
شکل ۸-۱۵: نحوه خط‌کشی میدان متقاطع با یک خط عبوری نزدیک شونده [۴]



شکل ۸-۱۶: نحوه خط‌کشی میدان متقاطع با دو خط عبوری نزدیک شونده [۴]

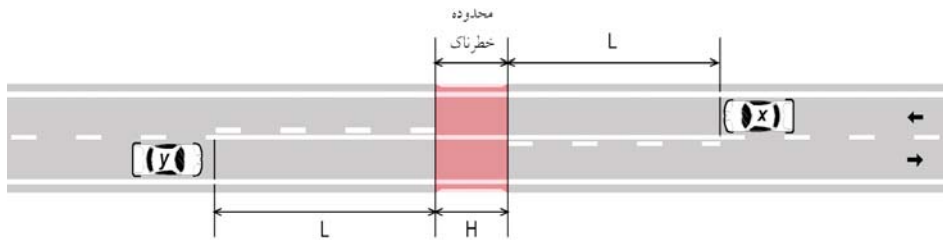


شکل ۸-۱۷: نمونه خط‌کشی تقاطع میدانی سه راهی در استان گیلان



شکل ۸-۱۸: نمونه خط‌کشی تقاطع سه راهی در استان گیلان [۴]

۸-۱-۴-۱۱- خط‌کشی ورودی و داخل تونل‌ها، تقاطع‌های پر تردد، دهانه و روی پل‌ها ورودی‌ها و داخل تونل‌ها، و دهانه و روی پل‌ها از جمله محل‌هایی هستند تغییر مسیر وسایل نقلیه در آنها مجاز نیست. خط‌کشی چنین محل‌هایی با ترسیم یک خط معمولی پُر با فام سفید مطابق با شکل ۸-۲۰ انجام می‌شود. در صورت لزوم و با نظر کارشناس ایمنی راه، می‌توان پیش از رسیدن به ناحیه خطرناک محدودیت سرعت اعمال کرد. همچنین می‌توان از چراغ چشمک زن برای آگاه کردن رانندگان از وجود خطر پیش رو نیز استفاده کرد.



شکل ۸-۱۹: نحوه خط‌کشی ورودی و تونل‌ها، دهانه و روی پل‌ها [۲]

نکته ۱: با توجه به نوع خطر و ۱۵ درصد آماری سرعت حرکت خودروها طول مسیر دارای ممنوعیت سبقت برای خودروی X (ناحیه L) بین ۶۰ متر تا ۲۳۰ متر می‌تواند متغیر باشد.

$H =$  طول محدوده خطرناک از قبیل پل‌های باریک، تونل‌ها، تقاطع‌های پر تردد و ....

نکته ۲: با توجه به نوع خطر و ۱۵ درصد آماری سرعت حرکت خودروها طول مسیر دارای ممنوعیت سبقت برای خودروی Y (ناحیه L) بین ۶۰ متر تا ۲۳۰ متر می‌تواند متغیر باشد.

نکته ۳: با توجه به نوع خطر، علائم دیگری مانند محدودیت سرعت و چراغ چشمک‌زن نیز قابل استفاده می‌باشد.

## ۸-۲- خط‌کشی‌های عرضی<sup>۱</sup>

### ۸-۲-۱- اصول کلی

خط‌کشی‌های عرضی خطوطی هستند که در جهت عمود بر حرکت وسایل نقلیه در سطح سواره رو، برای آگاهی رانندگان و رعایت حق تقدم، ترسیم می‌شوند. خط‌کشی‌های عرضی شامل نوشته‌ها و نقش‌ها، خط ایست، خط تقدم، گذرگاه عابر پیاده و خط‌کشی محل‌های توقف (پارکینگ) می‌باشد و کلاً به فام سفید اجرا می‌شوند.

به علت محدود بودن زاویه دید، کلیه خط‌کشی‌های عرضی باید به نحوی اجرا شوند که متناسب با خط‌کشی‌های طولی، قابل رویت باشند. هنگامی که خطوط طولی و عرضی با هم دیده می‌شوند، نباید اختلاف دید به وجود آید.

1- Transverse Marking

معمولاً خط‌کشی‌های عرضی در بزرگراهها و آزادراههای بین شهری کاربرد چندانی ندارد، ولی با توجه به اینکه درصد قابل توجهی از شبکه راههای کشور، راههای اصلی، فرعی و روستایی می‌باشد و وجود خط‌کشی‌های عرضی در راهها ممکن است در روند حرکت وسایل نقلیه اختلال ایجاد کند، تصمیم‌گیری در خصوص اجرا یا عدم اجرای خط‌کشی‌های عرضی در محل‌های مورد نیاز باید با در نظر گرفتن موارد زیر صورت می‌گیرد:

- سرعت حرکت وسایل نقلیه در هر دو سمت حرکتی
- حجم و تعداد وسایل نقلیه
- حجم و میزان عبور عابرین پیاده از عرض راه
- نوع و عرض راه
- قابلیت دید در روز و شب برای رانندگان و عابرین پیاده

در کلیه راههای برون شهری اجرای خط‌کشی‌های عرضی عبور عابرین پیاده ممنوع است.

#### ۸-۲-۲- خط "ایست-دوتایی"

خط "ایست دوتایی" (شکل ۸-۲۰) منحصراً برای مشخص کردن تقاطع‌های مجهز به تابلو ایست اختصاص دارد و به هیچ وجه نباید به منظور نشان دادن تقاطع با یک جاده اصلی که باید بوسیله خط "رعایت حق تقدم عبور" (شکل ۸-۲۱) خط‌کشی می‌شود، به کار رود. این خط‌کشی باید همیشه همراه با علائم افقی به کار رود و کلمه "ایست" روی سطح سواره‌رو نوشته شده باشد. چنانچه در مورد علامت ایست، پیش آگاهی لازم باشد این عمل با قرار دادن صفحه متمم شامل فاصله در زیر علامت ایست و نوشتن کلمه آهسته روی سواره رو انجام می‌پذیرد.

علامت ایست که با خط ایست دوتایی ادغام شده باشد به این معنی است که: هر وسیله نقلیه قبل از ورود به راه اصلی باید مقابل خط عرضی توقف نماید و یا وسایل نقلیه نباید در هیچ زمان و موقعیتی از خطوط عرضی فوق‌الذکر گذشته و به جاده اصلی وارد شوند و در صورتی که این خطوط قابل رویت نباشند نباید به گونه‌ای وارد جاده اصلی

شوند که برای وسایل نقلیه که در این سمت در حال حرکت هستند خطری بوجود آورند و یا باعث تقلیل سرعت و تغییر مسیر وسیله در جاده اصلی شود. خطوط طولی راههای فرعی در نزدیکی تقاطع‌ها باید تا محل ایست ترسیم شوند.

در شکل ۸-۲۲ نحوه کاربرد خط ایست دوتایی در تقاطع جاده با راه آهن نشان داده شده است. خط‌کشی محوری ممکن است تا محل تلاقی با ریل راه آهن امتداد داشته باشد.

#### ۸-۲-۳- کنترل بوسیله خط ایست<sup>۱</sup>

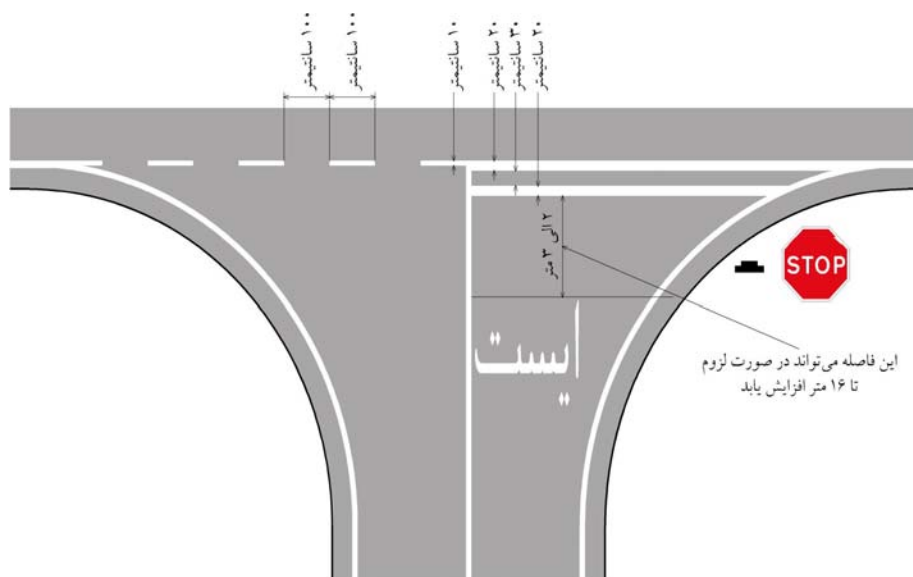
هرگاه این خط‌کشی بوسیله علامت ایست تکمیل شود باید در محلی ترسیم گردد که راننده‌ای که بلافاصله پشت آن توقف می‌نماید، دید کافی بر ترافیک جاده متقاطع داشته باشد و ضمناً محل توقف مزاحم عابر پیاده و ترافیک عبوری از جاده متقاطع نباشد. نزدیکترین خط به جاده اصلی معمولاً باید در امتداد جدول آن بوده و به ندرت تغییر محل دهد این خط نباید از ۶۰ سانتیمتر به مسیر حرکت اتومبیلی که در خط متنها الیه راست جاده حرکت می‌کند، نزدیک‌تر باشد. خط ایست عرضی دوتایی همیشه باید همراه با کلمه ایست که در سطح سواره‌رو نوشته می‌شود، به کار رود (شکل ۸-۲۰). همچنین در شکل‌های ۸-۲۳ و ۸-۲۴ مثال‌هایی از نحوه خط‌کشی نقاط توقف نشان داده شده است.

#### ۸-۲-۴- خط‌کشی ایست ساده<sup>۲</sup>

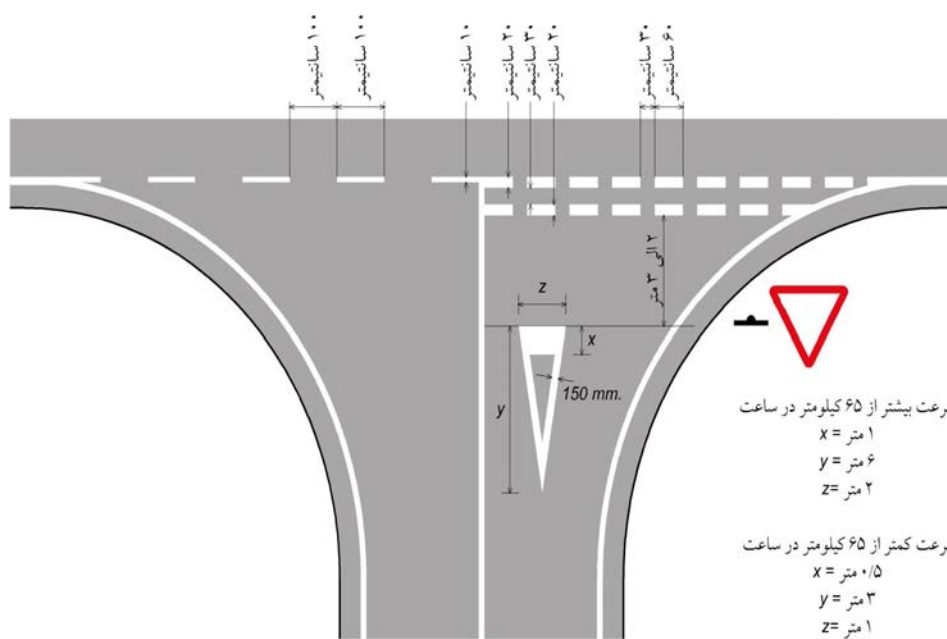
خط ایست ساده به منظور نشان دادن محلی است که از آن به بعد اتومبیل در مواردی که به علت نصب چراغ راهنمایی و رانندگی باید متوقف شود، حق جلو رفتن را ندارد. این چراغ راهنما می‌تواند مربوط به تقاطع‌های هم سطح، تقاطع‌های مجهز به پل یعنی تقاطع‌های غیر هم سطح که بدون چراغ هستند و یا جاده‌های نزدیک به فرودگاه باشد. خطوط ایست ساده به فاصله ۱/۳ متر از این خطوط اجرا می‌شوند. عرض این خطوط باید در مناطق شهری ۲۰ سانتی‌متر و در مناطق خارج از شهر ۳۰ سانتی‌متر باشد.

1- Control by Stop Lines

2- Stop Line: Single

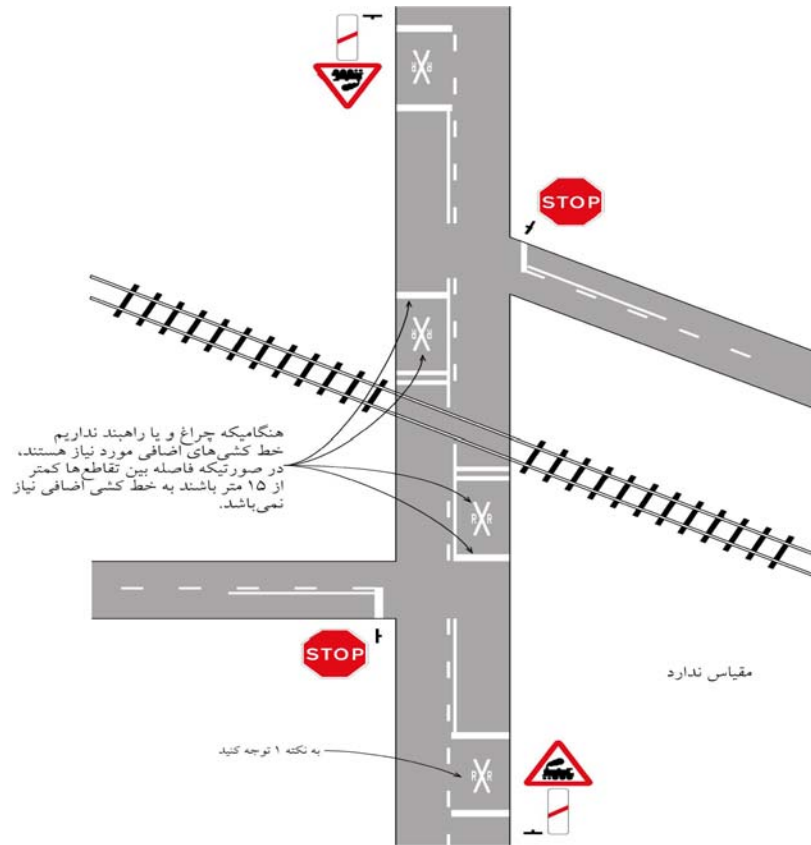


شکل ۸-۲۰: نحوه خط‌کشی برای استفاده با تابلوی ایست [۱]

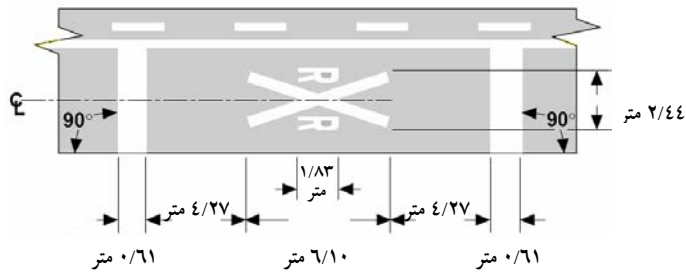


شکل ۸-۲۱: نحوه خط‌کشی رعایت حق تقدم [۱]



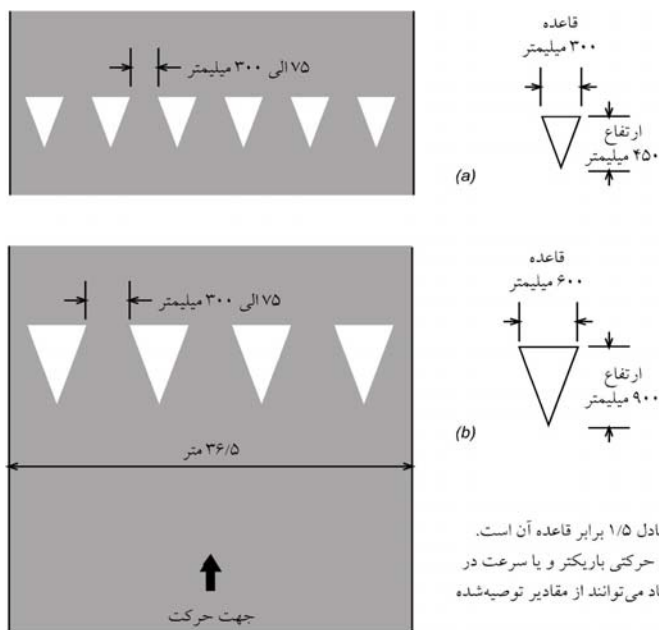


نکته ۱: ابعاد خط‌کشی‌ها و علامت‌گذاری بصورت زیر انجام می‌شود.



شکل ۸-۲۲: نحوه خط‌کشی و کاربرد خط ایست دوتایی در تقاطع جاده با راه‌آهن نزدیک تقاطع

بزرگراه و راه اصلی [۳]



شکل ۸-۲۳: نحوه خط‌کشی نقاط توقف [۴]

### ۸-۲-۵- خط‌کشی "رعایت حق تقدم عبور" - دوتایی [ ۵ او ]

این خط‌کشی شامل دو خط موازی منقطع است که هر یک شامل قطعه خط‌هایی به طول ۶۰ سانتیمتر و با فاصله ۳۰ سانتیمتری از یکدیگر می‌باشند. عرض خطوط ۲۰ سانتیمتر و فاصله آنها از یکدیگر ۳۰ سانتیمتر است. محل خط‌کشی درست همان جایی است که خط ایست اجرا می‌شود (شکل ۵-۲۰) و باید همراه با علامت رعایت حق تقدم استفاده گردد [۱].

خط‌کشی طولی راه فرعی در نزدیکی تقاطع باید تا خط‌کشی رعایت حق تقدم امتداد یابد. طبق مقررات مربوط به خطوط عرضی همراه با علامت "رعایت حق تقدم عبور" که هیچ وسیله نقلیه‌ای نباید در هیچ زمان و موقعیتی از خطوط عرضی فوق‌الذکر

گذشته و به جاده اصلی وارد شود به طوری که برای وسایل نقلیه‌ای که در جاده اصلی در حال حرکت است، ایجاد خطر کرده و یا باعث تقلیل سرعت و تغییر مسیر آنها می‌شود [۵]. با چند استثناء منظور از خط‌کشی حق تقدم عبور مشخص کردن کلیه تقاطع‌های راههای فرعی با راههای اصلی است بجز آنها که به علامت "ایست" یا چراغ راهنما مجهز هستند.

در راههای فرعی دو طرفه معمولاً خط‌کشی تا محور سواره‌رو به راه فرعی انجام می‌شود. محل دقیق خط‌کشی در رابطه با جدول را تابع همان ملاحظات است که درباره خط "ایست" وجود دارد.

وقتی که کاربرد قوانین منجر به ترسیم خطی کوتاه‌تر از ۳ متر شود، خط‌کشی باید درست در عرض راه انجام شود. هنگامی که دو خیابان با ترافیک مشابه یکدیگر را قطع می‌نمایند، مسئولین ترافیک باید تصمیم بگیرند که کدامیک به عنوان راه اصلی تلقی می‌شود و راه را متناسب با آن خط‌کشی نمایند. در بعضی تقاطع‌ها ممکن است شرایط ایجاب نماید که راه با ترافیک بیشتر به عنوان یک راه فرعی جهت دادن حق تقدم تلقی شود. برای مثال در یک چهارراه که راه شرقی - غربی دارای شیب تند بوده و ترافیک اصلی از جنوب به غرب می‌چرخد، ممکن است مسیرهایی که از شمال و جنوب به تقاطع می‌رسند فرعی تلقی شوند.

اجرای خط‌کشی "رعایت حق تقدم عبور" در شرایط زیر لازم نیست، مگر اینکه دلایل خاصی خلاف آن را تأیید کند:

- در بزرگراههایی با جداکننده وسط که ترافیک از رمپ در یک تقاطع غیر هم سطح وارد می‌شود و یا یک خط ازدیاد سرعت موجود است و جداکننده وسط نیز ممتد می‌باشد. در چنین شرایطی خط‌کشی حاشیه به صورت منقطع کافی است؛
- در تقاطع‌های Y شکل که دو جریان ترافیک یکطرفه با زاویه حاده به هم می‌رسند؛

- در ورودی میدان‌ها؛
- در ورود به قسمت‌های مربوط به تداخل ترافیک؛
- قسمت‌هایی از راه که دارای طرح پیچیده‌ای هستند.

زمانی که ترافیک از یک راه فرعی به وسیله یک خط ازدیاد سرعت وارد یک راه اصلی دارای سواره‌رو دو طرفه با جزیره غیر ممتد وسط بوده (امکان قطع آن موجود باشد) یا دارای یک سواره‌رو سریع یک طرفه باشد خط‌کشی عرضی "رعایت حق تقدم عبور" باید به اندازه عرض راه فرعی به سمت راست ادامه داده شود و بقیه دهانه خط ازدیاد سرعت به همان روش و مطابق با حاشیه راه خط‌کشی می‌گردد.

#### ۸-۲-۶- مثلث حق تقدم عبور<sup>۱</sup> [۱ و ۴]

هر جا که خط‌کشی عرضی "رعایت حق تقدم عبور" انجام شود، مثلث میان تهی مربوطه نیز باید ترسیم گردد (شکل ۸-۲۴). در جاهای دیگر ترسیم این مثلث ضروری نیست. قاعده مثلث معمولاً ۲ الی ۳ متر از خط "رعایت حق تقدم عبور" فاصله دارد. استثنائاً در نقاطی که میزان دید و شکل تقاطع و نیز سرعت حرکت در راه فرعی اجازه دهد، این فاصله می‌تواند تا ۱۶ متر افزایش یابد. یک محل مناسب جهت ترسیم آن عبارت است از قرار دادن قاعده مثلث نزدیک نقطه تماس خط جدول راه است. خط "رعایت حق تقدم عبور" می‌تواند همراه با مثلث مربوطه و یا به تنهایی کشیده شود. در مواردی که بیش از یک خط حرکت به خط‌کشی "رعایت حق تقدم عبور" می‌رسد، باید برای هر یک از خطوط مزبور مثلث مربوطه بطور جداگانه ترسیم گردد [۱].

#### ۸-۲-۷- پیش‌آگاهی برای خط‌کشی رعایت حق تقدم عبور<sup>۲</sup> [۱ و ۴]

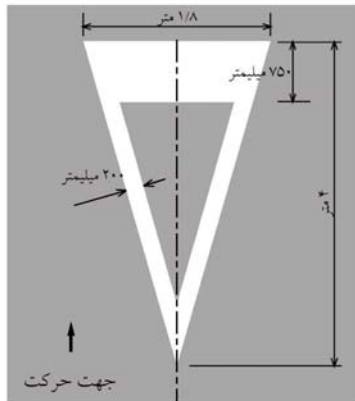
در مواردی که جریان ترافیک در راه فرعی خیلی سنگین باشد و یا به علت محدودیت دید شرایط طوری ایجاب کند که باید تقدم عبور را به راه فرعی داده شود، باید

1- Triangular Give Way Approach Marking

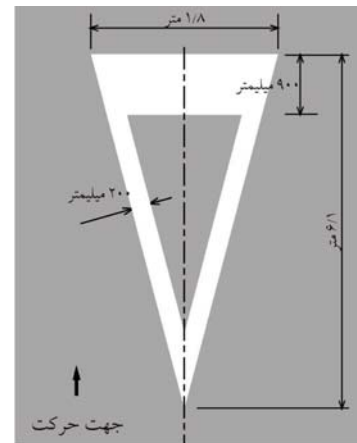
2- Advance Warning of give Way Markings

در راه اصلی علامت پیش‌آگاهی رعایت حق تقدم عبور، به وسیله کلمه "آهسته" که در سطح سواره‌رو نوشته می‌شود تکمیل گردد.

برای خط‌کشی "حق تقدم عبور" - ساده از یک خط منقطع به عرض ۲۰ سانتی‌متر با قطعۀ خطوطی به طول ۶۰ سانتی‌متر و فاصلۀ ۳۰ سانتی‌متر استفاده می‌شود. منظور از این خط‌کشی این است که در میدان‌هایی که دارای چراغ راهنمایی نیستند محلی را که باید در آن و یا بلافاصله بعد از آن راننده به سایر وسایل نقلیه‌ای که در حرکت هستند حق تقدم عبور را دهد، مشخص نماید. منظور از ترسیم این خط این است که رانندگانی که به میدان‌های بدون چراغ راهنمایی وارد می‌شوند باید حق تقدم را در روی این خط و یا بلافاصله بعد از آن به آنهایی که قبلاً وارد میدان شده‌اند، دهند.



الف: نحوه ترسیم مثلث میان‌تهی حق تقدم عبور برای سرعت‌های مجاز کمتر از ۷۰ کیلومتر در ساعت



لف: نحوه ترسیم مثلث میان‌تهی حق تقدم عبور برای سرعت‌های مجاز ۷۰ کیلومتر در ساعت یا بیشتر

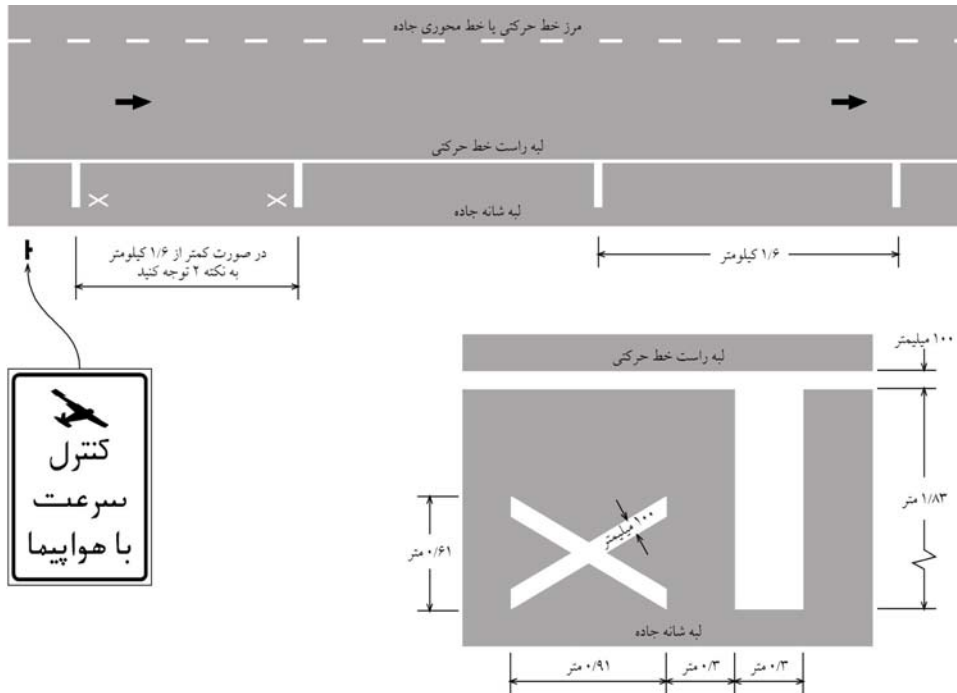
شکل ۸-۲۴: نحوه ترسیم و ابعاد مثلث میان‌تهی رعایت حق تقدم برای سرعت‌های مختلف [۴]

### ۸-۲-۸- خط‌کشی‌های سرعت‌سنج<sup>۱</sup> [۴-۶]

خط‌کشی سرعت‌سنج، یک نوع خط‌کشی عرضی است که بر روی جاده ترسیم می‌شود تا به اجرای قوانین کنترل سرعت و وسایل نقلیه بوسیله هلیکوپتر و هواپیماهای

1- Speed Measurement Markings

کوچک کمک کند. خط‌کشی‌های سرعت‌سنج باید به اندازه ۶۰۰ میلیمتر در هر یک از لبه‌های خطوط محوری، یا ۶۰۰ میلیمتر (۲۴ اینچ) در کنار خطوط حاشیه‌ای با طول ۱/۶ کیلومتر (۱ مایل) از جاده رسم شوند. هنگامی که شانه‌های روسازی شده راه با پهنای مناسب در دسترس باشند، خط‌کشی‌های سرعت‌سنج می‌تواند کاملاً بر روی این شانه‌ها قرار گیرد. در شکل ۸-۲۵ نحوه خط‌کشی سرعت‌سنج در جاده‌هایی که سرعت وسایل نقلیه توسط هواپیما کنترل می‌شود، نشان داده شده است [۶-۴].



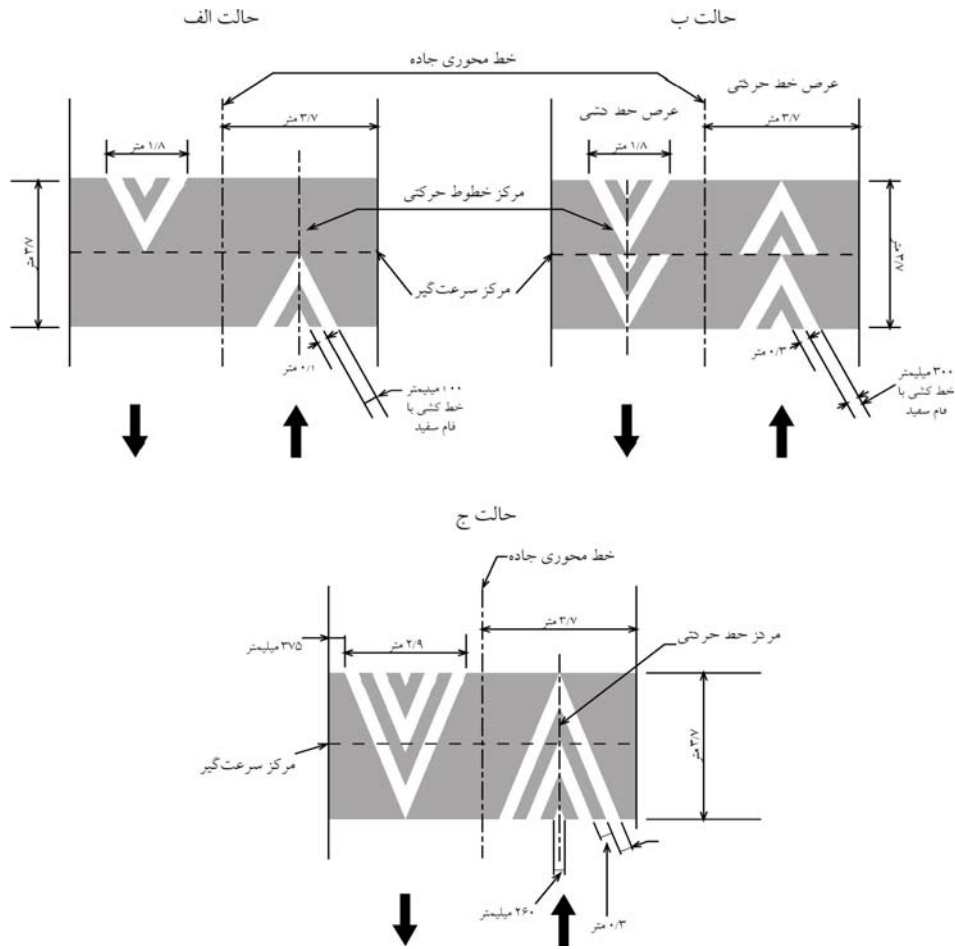
۱۵۰ میلیمتر

شکل ۸-۲۵: نحوه خط‌کشی برای جاده‌هایی که در آنها سرعت توسط هواپیما کنترل می‌شود [۳]

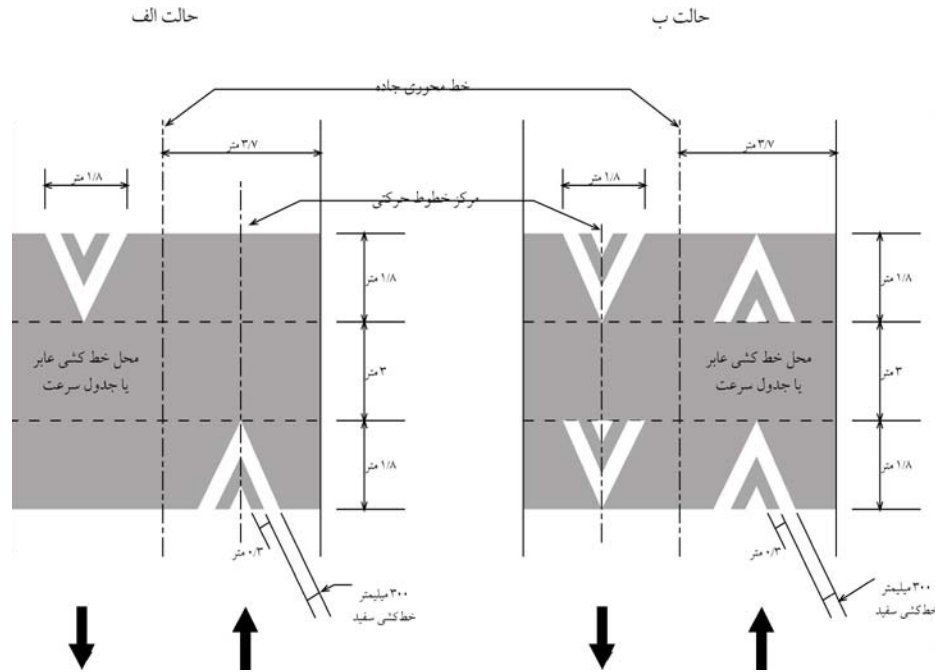
نکته ۱: خط‌کشی سرعت‌سنج معمولاً بر حاشیه سمت راست راه ترسیم می‌شود.  
 نکته ۲: در مواردی که فاصله دو خط‌کشی کمتر از ۱/۶ کیلومتر (۱ مایل) باشد، باید از علامت "X" با فام سفید در که در انتهای هر خط‌کشی ترسیم می‌شود، استفاده گردد.

## ۸-۲-۹- خط‌کشی سرعت‌گیرها

خط‌کشی‌های سرعت‌گیر یکسری از خطوط با فام سفید می‌باشد که بر روی سرعت‌گیرهای برجسته اجرا می‌شوند تا موقعیت آن‌ها را مشخص کنند. خط‌کشی سرعت‌گیر، بجز آنهایی که برای خطوط عبور عابر به کار می‌روند مطابق با شکل ۸-۲۶ انجام می‌شود. خط‌کشی نشان داده شده در شکل ۸-۲۷ برای محل‌هایی به کار می‌رود که سرعت‌گیر به عنوان یک خط عبور عابر پیاده و یا جدول سرعت در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۸-۲۶: نحوه خط‌کشی سرعت‌گیرها بدون در نظر گرفتن خط‌کشی گذرگاه عابر پیاده [۴]



شکل ۸-۲۷: نحوه خط‌کشی روسازی برای جدول‌های سرعت یا سرعت‌گیرها با در نظر گرفتن خط‌کشی عابر پیاده [۲]

#### ۸-۲-۱۰- خط‌کشی‌های پیش‌آگاهی‌دهنده از وجود سرعت‌گیر [۴]

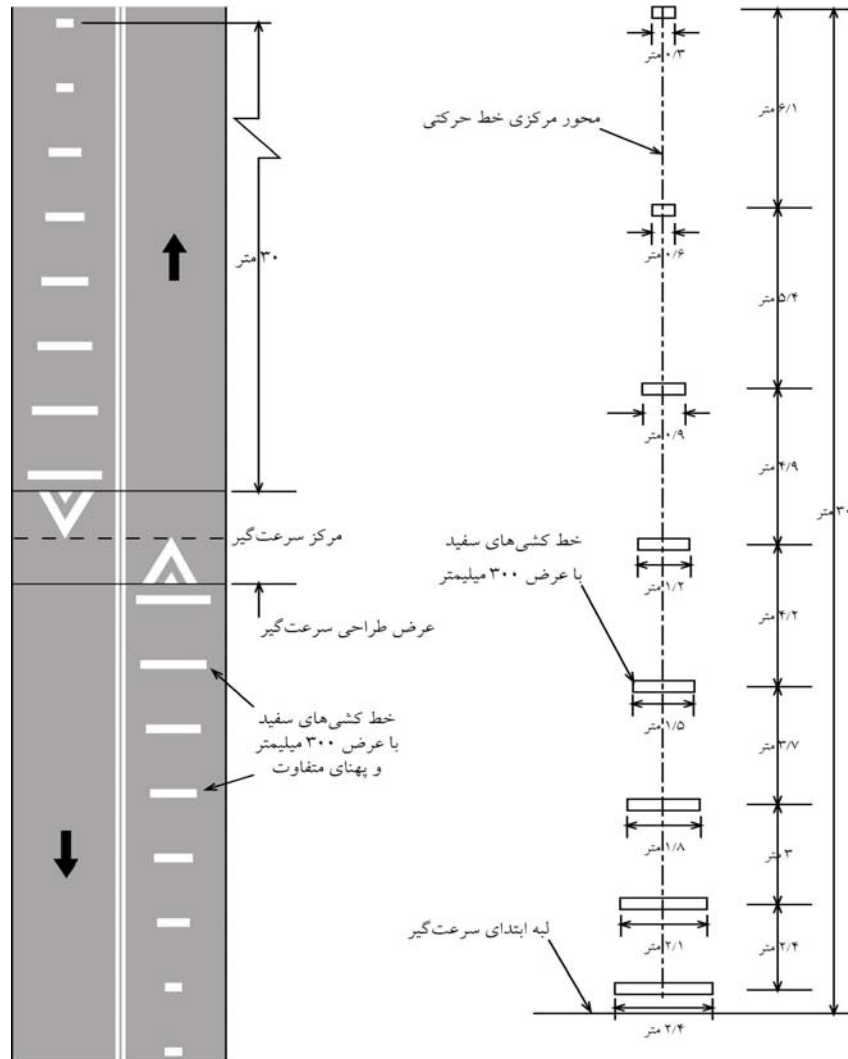
این نوع خط‌کشی‌ها برای پیش‌آگاهی رانندگان از وجود سرعت‌گیر در کنار سایر علائم عمودی برای افزایش دید رانندگان به کار می‌روند (شکل ۸-۲۸). همچنین از کلماتی مانند "سرعت‌گیر" در نزدیکی موانع به تنهایی و یا به همراه خط‌کشی‌های فوق استفاده می‌شود.

#### ۸-۲-۱۱- خط‌کشی محل‌های توقف (پارکینگ) [۴ و ۶]

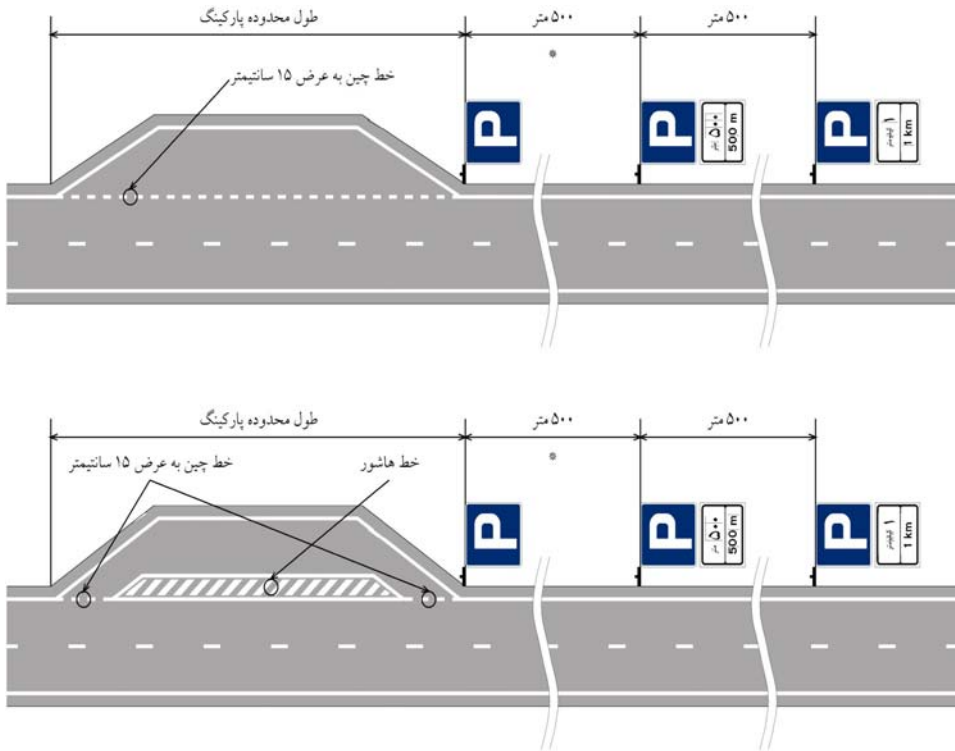
خط‌کشی این محل‌ها به فام سفید انجام می‌شود. خط‌کشی محل‌های توقف در مناطق شهری باعث استفاده منظم‌تر و موثرتر از این مناطق می‌شود (شکل ۸-۲۹). این نوع



خط‌کشی خصوصاً وقتی که بازدهی محل‌های توقف مانند: ایستگاه اتوبوس، محل‌های تخلیه و بارگیری، سوار و پیاده کردن و مکان‌های توقف ممنوع، مورد نظر است، باید بطور واضح مشخص باشند. در شکل ۸-۳۰ نمونه از خط‌کشی پارکینگ مخصوص پارک وسیله نقلیه افراد معلول نشان داده شده است.



شکل ۸-۲۸: نحوه خط‌کشی‌هایی که برای پیش‌آگاهی رانندگان از وجود سرعت‌گیر به کار می‌روند [۴]



\* در راههای فرعی این فاصله را باید به نصف تقلیل داد.

شکل ۸-۲۹: نحوه خط‌کشی محل پارکینگ [۶]



شکل ۸-۳۰: مثالی از نماد بین‌المللی خط‌کشی محل پارک وسیله نقلیه افراد معلول با زمینه آبی و

حاشیه سفید [۴]

### ۸-۳-۱- فلش‌ها و خط نوشته‌ها و خط‌کشی‌های سطحی<sup>۱</sup> [۱، ۲ و ۴]

#### ۸-۳-۱- تعریف و کاربرد

هنگامی که عبور از یک خط عبوری بصورت دائم و یا نیمه وقت برای گروه و یا گروه‌های مشخصی از وسایل نقلیه مجاز باشد، باید از خط‌کشی‌های ویژه استفاده شود. علائم و یا سیگنال‌ها باید با خط نوشته‌ها و یا نمادها به صورت افقی و جانبی در مرکز خط ویژه به کار روند. ترسیم نمادها، فلش‌ها و خط نوشته‌ها روی سطح سواره‌رو عمدتاً به منظور راهنمایی و هدایت رانندگان و تنظیم ترافیک و کانالیزه کردن جریان تردد وسایل نقلیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوشتن کلمات روی سطح راه باید به گونه‌ای انتخاب شود که ضمن سادگی، قابل درک نیز باشد. فلش‌ها و خط نوشته‌ها باید به فام سفید باشند. فلش‌های انتخاب خط حرکت، در راههایی به کار می‌روند که دارای تعداد کافی خط حرکت جهت جدا کردن وسایل نقلیه در نزدیکی تقاطع می‌باشند.

#### ۸-۳-۲- فلش‌ها

ترسیم فلش‌ها روی سطح سواره‌رو به منظور آگاهی رانندگان از نحوه حرکت و هدایت صحیح آنان، به کار می‌رود. فلش‌ها به دو نوع جهت نما و پیش آگاهی روی سطح سواره‌روها ترسیم می‌شوند. فلش‌های جهت‌نما در پایان خطوط عبوری و در وسط آنها ترسیم می‌شوند. این فلش‌ها در نزدیکی تقاطع‌ها، خروجی‌ها و محل‌هایی که تفکیک وسایل نقلیه از نظر نوع حرکت مورد نظر است، به کار می‌رود. فلش‌های پیش آگاهی دهنده عمدتاً در محل‌هایی که تعداد خطوط حرکت در حال تغییر است و یا به منظور شروع محل سبقت ممنوع، به کار می‌رود.

در بزرگراهها و آزادراهها اولین فلش در فاصله ۲۵ متر قبل از خط کاهش یا افزایش سرعت و دومین فلش در فاصله ۵۰ متری (طول خط تقلیل یا افزایش سرعت است) خط کاهش یا افزایش سرعت اجرا می‌شود. در معبر شریانی، اولین فلش در فاصله ۱۵ الی ۲۵

1- Arrows and Word Markings

متری از تقاطع و دومین فلش در فاصله ۳۰ الی ۵۰ متری از فلش اول و در صورت نیاز به فلش سوم، در فاصله ۳۰ الی ۵۰ متر از فلش دوم ترسیم می‌شود.

دو نوع فلش انتخاب خط حرکت متناسب با سرعت حرکت در شکل‌های ۸-۳۱ و ۸-۳۲ نشان داده شده است. خط "ایست" و کلمه "ایست" که بر سطح سواره‌رو ترسیم می‌شوند، با خطوط طولی به طول ۲۰ متر یا بیشتر و فلش‌های انتخاب خط حرکت تکمیل می‌شوند. این عمل جهت تأکید بر این نکته است که در بعضی از تقاطع‌ها رانندگان باید انضباط خاصی داشته باشند. نمونه خط‌کشی خطوط حرکت و فلش‌های انحرافی در نزدیکی تقاطع‌ها در شکل ۸-۳۳ نشان داده شده است.

#### • فلش‌های انحرافی<sup>۱</sup>

این فلش‌ها برای نشان دادن شروع منطقه سبقت ممنوع به کار می‌روند که ابعاد آنها را بر اساس میزان سرعت در شکل ۸-۳۳ نشان داده شده است. به وسیله فلش‌هایی که در محور سواره‌رو ترسیم می‌شوند رانندگان به سمت راست هدایت می‌شوند و به آنها اخطار داده می‌شود که به منطقه‌ای که سبقت گرفتن در آن ممنوع است و یا عرض خطوط حرکت در آن کاهش می‌یابد، نزدیک می‌شوند. این فلش‌ها وقتی در محور خط حرکت ترسیم می‌شوند (مانند جاده‌های سه خطه که طبق شکل ۸-۳۴ از یک خط انتقال استفاده می‌شود) باید به فام سفید باشند. در صورتی که محل‌های سبقت ممنوع واقع شده در پیچ‌ها به حدی نزدیک به هم باشند که طول خط انتقال کوتاه بوده و اجرای فلش‌ها تصور اشتباهی به رانندگان دهد، باید از ترسیم آنها خودداری شود. طرز قرار دادن فلش‌ها بدین‌گونه است که دو فلش قبل از شروع محل سبقت ممنوع ترسیم می‌شود و چنانچه میزان دید رانندگان خیلی کم باشد، مانند یک سربالایی که به تدریج شروع می‌شود، باید سه فلش ترسیم کرد. وقتی فلش در سطح یک راه دو خطه ترسیم شده باشد یکی از قطعه خط‌های در محور راه باید حذف شده و فلش در مرکز فاصله بین دو قطعه خط ترسیم گردد (شکل

1- The Deflecting Arrows

۸-۳۴). اولین فلش باید به فاصله یک ثانیه زمان حرکت قبل از شروع محلی که در آن سبقت ممنوع است و ۲ ثانیه قبل از اولی قرار گیرد. اگر فلش دوم برای رانندگان از فاصله ۶ ثانیه‌ای یعنی قبل از شروع محل سبقت ممنوع قابل رویت نباشد باید از فلش سوم به فاصله ۳ ثانیه قبل از فلش دوم استفاده کرد.

### ۸-۳-۳- خط نوشته‌ها<sup>۱</sup>

نوشتن کلمات روی سطح معابر می‌تواند در ارتقاء ایمنی و کارایی تردد مسیر موثر واقع شود و همچنین به منظور تنظیم ترافیک، هشدار و آگاهی رانندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوشته‌ها عموماً به دو زبان فارسی و لاتین ترسیم می‌شوند که می‌بایست با استانداردهای بین‌المللی مطابقت داشته باشند. فقط کلماتی مانند "ایست" و "آهسته" که به سادگی قابل فهم هستند، باید به کار روند. ارتفاع حروف رابطه مستقیم با میزان سرعت وسایل نقلیه دارد.

کلمه "ایست" در مواقعی روی سطح سواره‌رو ترسیم می‌شود که آگاه کردن رانندگان از وجود تقاطع یا محل توقف مورد نظر باشد. همچنین می‌توان از این کلمات به عنوان مکمل تابلوی ایست یا خط ایست استفاده کرد.

کلمه "آهسته" معمولاً در نزدیکی تقاطع‌ها و همچنین ورودی رمپ‌ها و لوپ‌ها استفاده می‌شود و به مفهوم این است که امکان وجود خطر در مقابل رانندگان وجود دارد و رانندگان باید از سرعت خود بکاهند.

ارتفاع حروف به نحو قابل ملاحظه‌ای با توجه به زاویه دید رانندگانی که به کلمات نزدیک می‌شوند، زیاد می‌شود. در صورتی که سرعت حرکت حداکثر ۶۵ کیلومتر در ساعت بیشتر باشد، ارتفاع حروف و اعداد باید حداقل ۱/۶ متر و وقتی این سرعت از ۶۵ کیلومتر در ساعت بیشتر شود، ارتفاع مزبور باید حداقل ۴ متر در نظر گرفته شود. ترسیم کلمه "ایست" که در شکل‌های ۸-۳۵ و ۸-۳۶ نشان داده شده به رانندگان می‌فهماند که به تقاطع نزدیک می‌شوند و همچنین به عنوان مکمل تابلو "ایست" و خطوط ایست عرضی

1- Word Markings

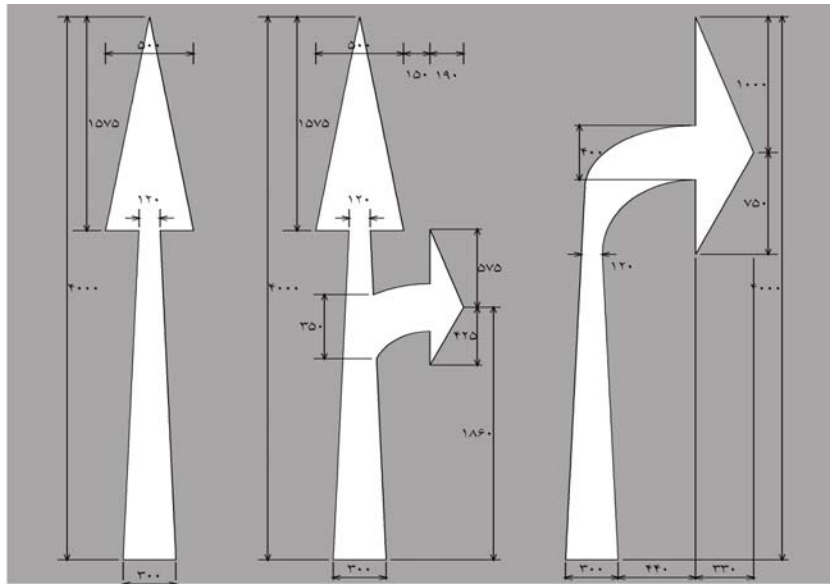
دوتایی به کار می‌روند، کاربرد آن در سایر موارد مجاز نمی‌باشد. نوشتن کلمه "آهسته" بر سطح سواره‌رو به رانندگان می‌فهماند که امکان خطر وجود دارد و باید در رانندگی احتیاط کنند (شکل‌های ۸-۳۷ و ۸-۳۸). این کلمه می‌تواند متمم هر علامت اخطاری حتی علامت رعایت حق تقدم در مسیر حرکت و در نزدیکی به تقاطع باشد.

در نحوه استفاده به موقع از فلش‌ها، باید دقت لازم بکار برده شود، تا مبادا استفاده زیاد از حد، باعث از بین رفتن اثر آن شود. در موقعیت‌های خطرناک مانند نزدیکی پیچ‌هایی که بعد از یک قسمت نسبتاً طولانی و مستقیم راه قرار دارند، تکرار این کلمه جهت تأکید خاص، موثر است. انتخاب محل نوشتن این کلمه مرتبط با نوع خطر می‌باشد، به طور کلی باید خیلی قبل از رسیدن به محل خط بر سطح راه نوشته شود تا راننده فرصت کافی جهت سرعت و مواجه شدن با محل را به نحو اطمینان بخش داشته باشد.

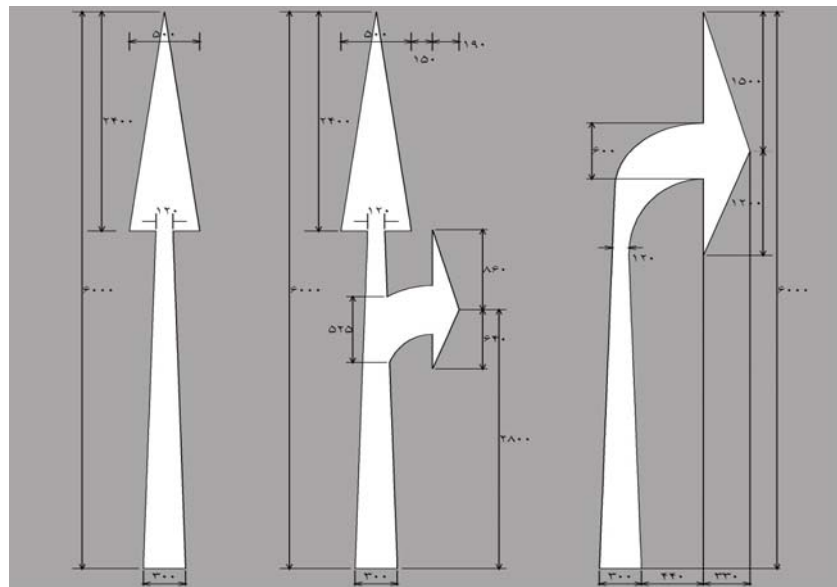
#### ۸-۳-۴- خطوط برجسته

از این خطوط برای حفظ فاصله مجاز از موانع کناری، افزایش ضریب ایمنی در سرعت‌های زیاد در معابر بزرگراهی و همچنین برای آگاهی از وضعیت مسیر جهت کاهش سرعت در قسمتی از معابر که کاهش سرعت مورد نظر باشد، استفاده می‌شود. عرض این خطوط ۱۵ الی ۲۰ سانتی‌متر است که بصورت نوارهایی با عرض ۵ سانتی‌متر (پُر و خالی) به فام سفید و به صورت برجسته تا ارتفاع ۲ تا ۳ سانتی‌متر اجرا می‌شود. خطوط برجسته در محل‌های زیر، در سطح سواره‌رو ترسیم می‌شوند:

- ۱- در محل رمپ‌ها به فاصله ۲۵ سانتی‌متری از لبه آسفالت سمت چپ حرکت، از شروع دماغه جزیره تا انتهای آن
- ۲- در سمت چپ و راست لوپ‌ها به فاصله ۲۵ سانتی‌متری از لبه آسفالت: این نوع خط‌کشی از شروع لوپ تا ۵۰ متر بعد از اتمام آن اجرا می‌شود.
- ۳- در دو طرف رفوژ وسط بزرگراه و به فاصله ۵۰ سانتی‌متری از لبه رفوژ با عرض ۱۵ الی ۲۰ سانتی‌متر ترسیم می‌شود.

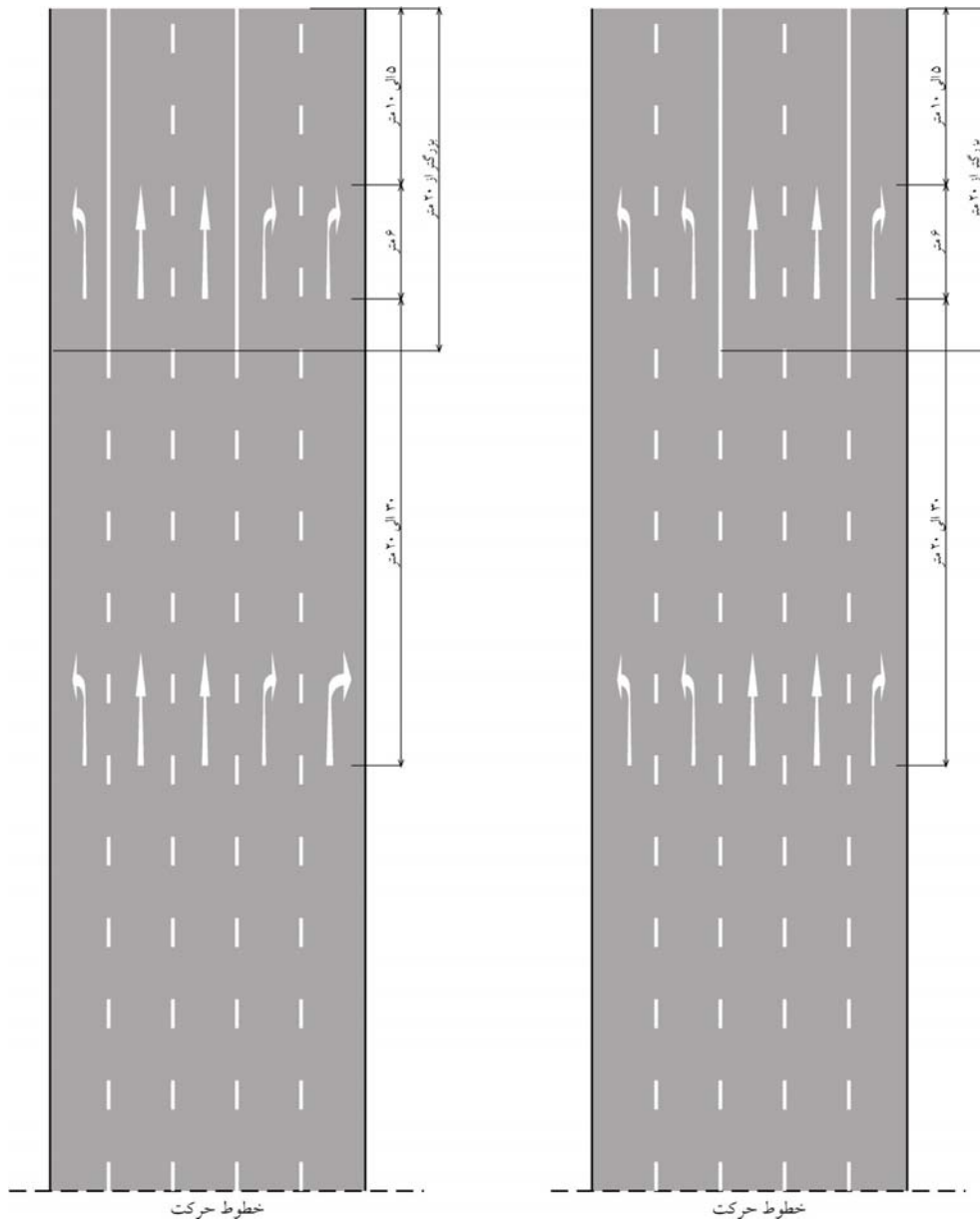


شکل ۸-۳۱-الف: فلش‌های انتخاب خط حرکت برای سرعت‌های کمتر از ۶۵ کیلومتر در ساعت [۱]



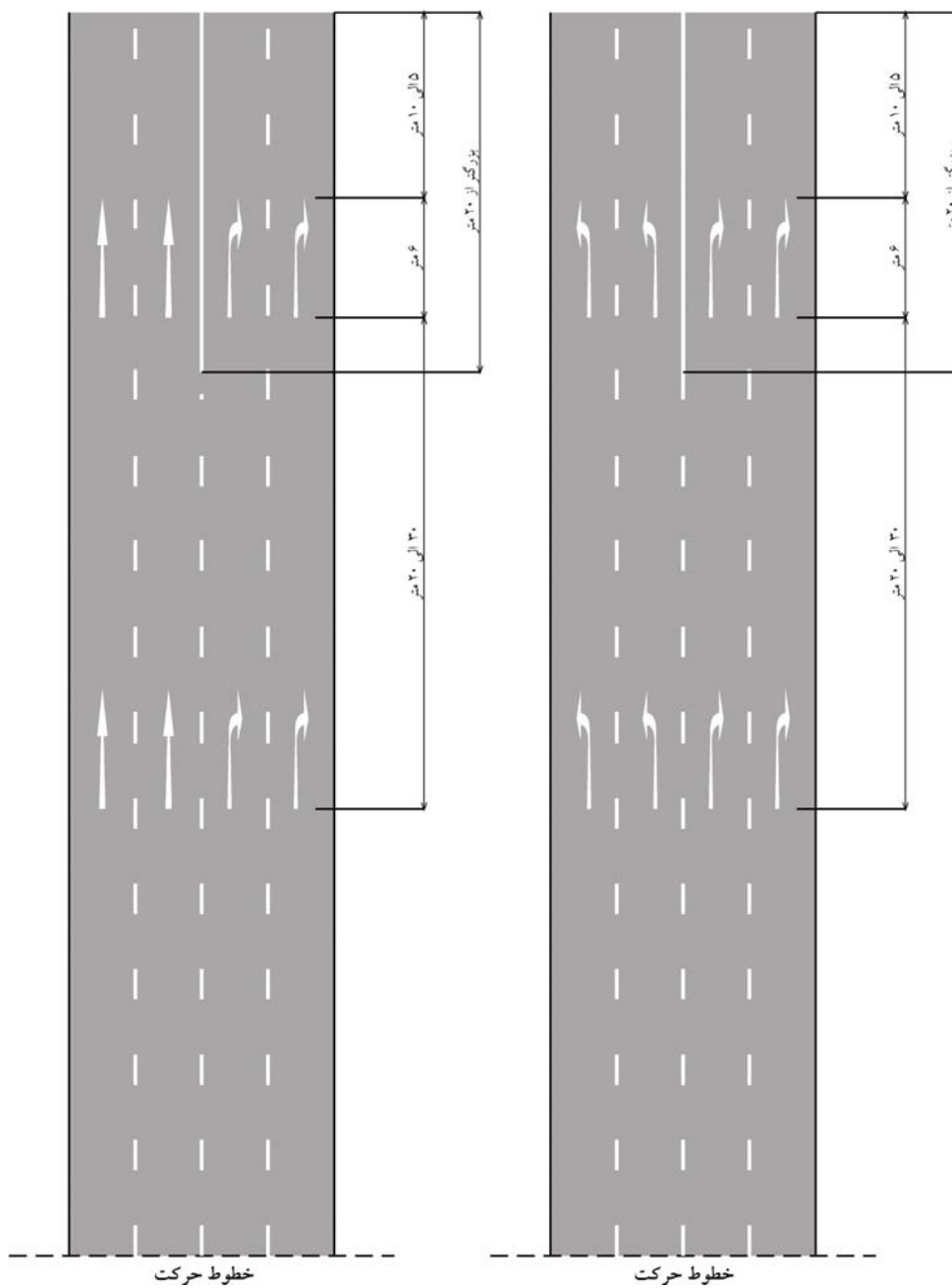
شکل ۸-۳۱-ب: فلش‌های انتخاب خط حرکت برای سرعت‌های بیشتر از ۶۵ کیلومتر در ساعت [۱]

(اندازه‌ها بر حسب میلیمتر)

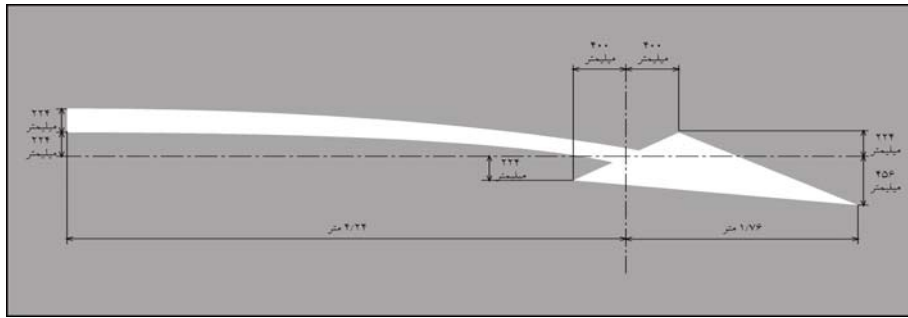


شکل ۸-۳۲-الف: خط‌کشی خطوط حرکت و فلش‌های انحرافی در نزدیکی تقاطع‌ها [۱]

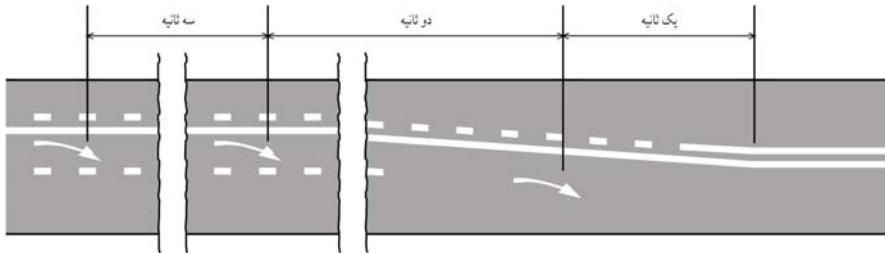




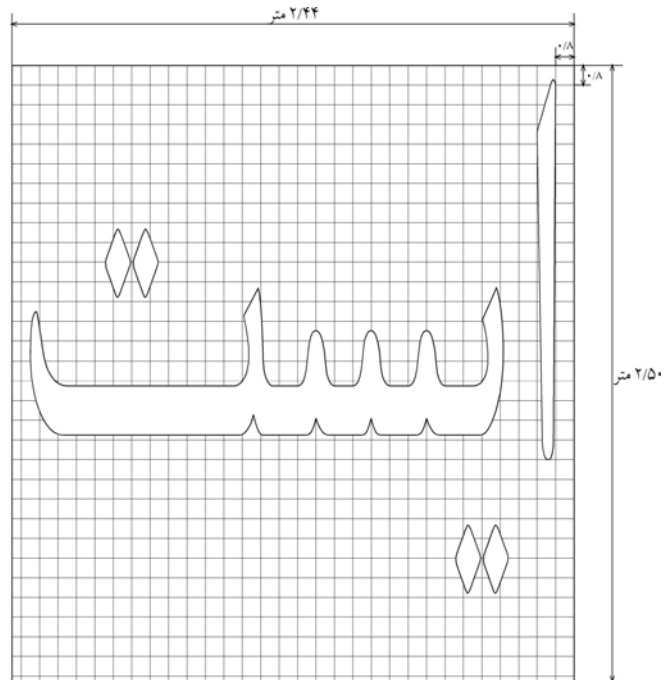
شکل ۸-۳۲-ب: خط‌کشی خطوط حرکت و فلش‌های انحرافی در نزدیکی تقاطع‌ها [۱]



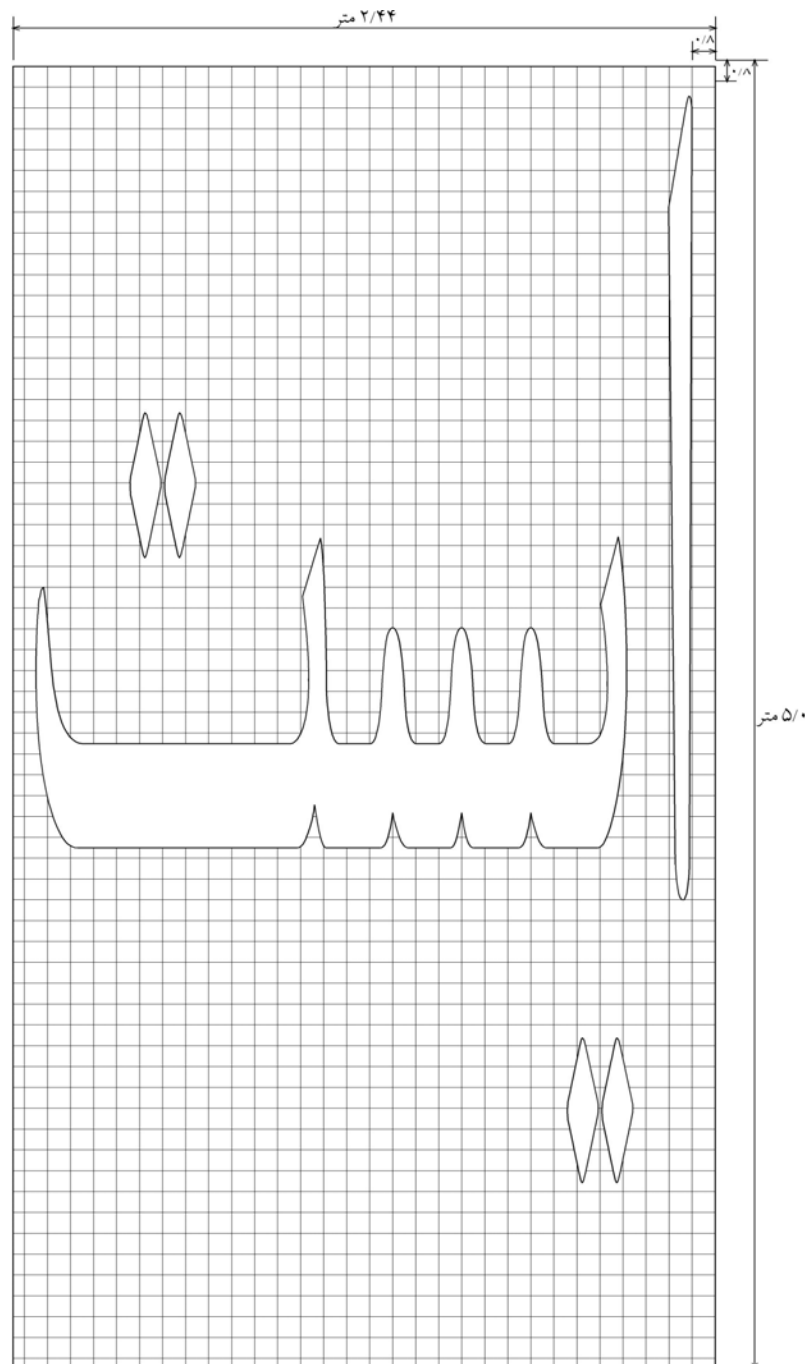
شکل ۸-۳۳: فلش‌های انحرافی [۱]



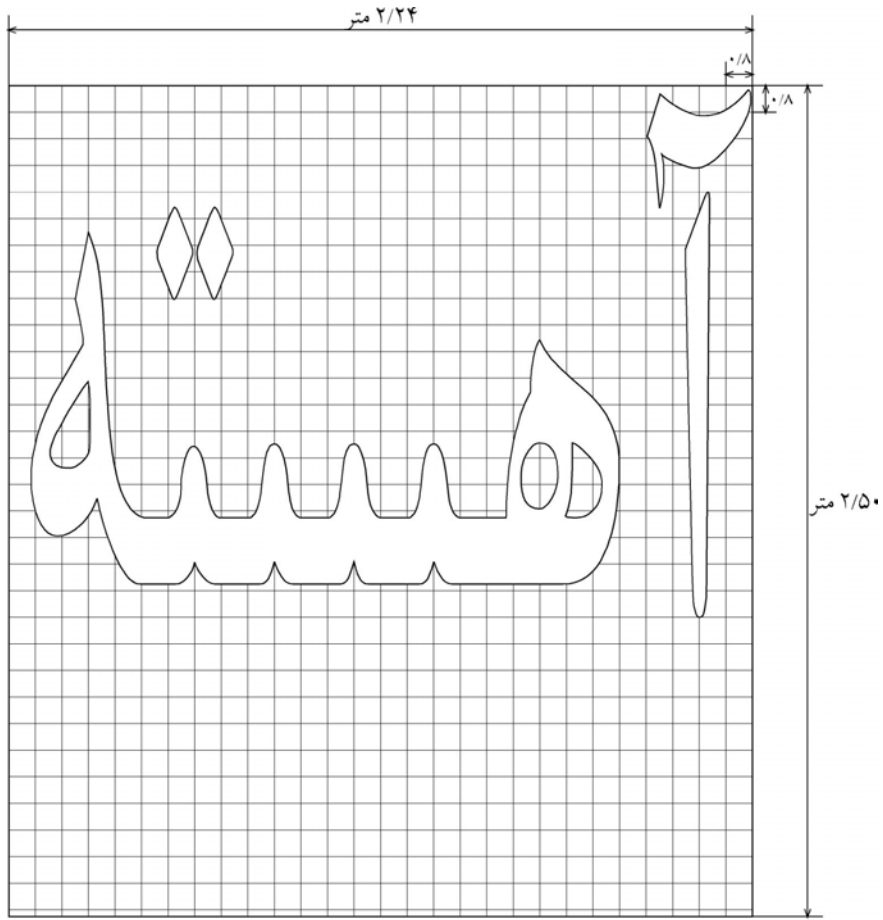
شکل ۸-۳۴: خط‌کشی خطوط حرکت در نزدیک شدن به خطوط دوتایی [۱]



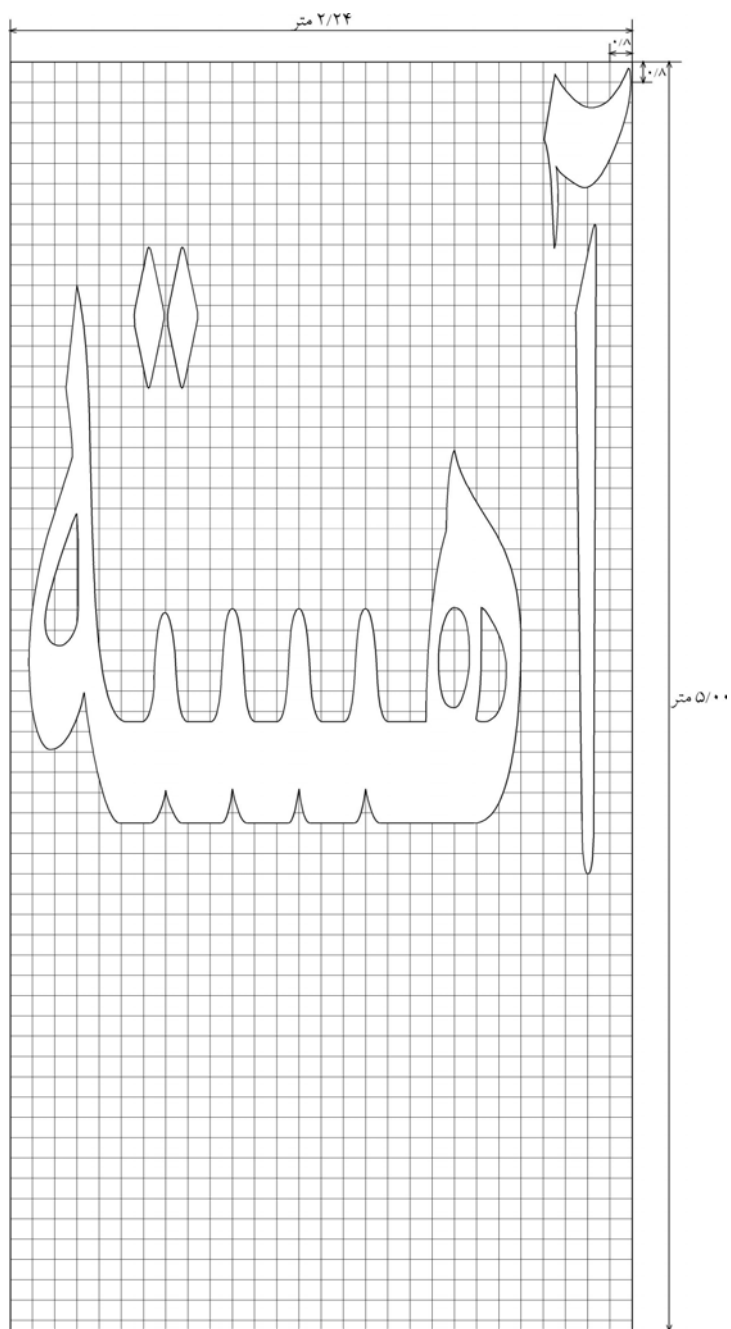
شکل ۸-۳۵: خط‌کشی کلمه "ایست" برای حرکت با سرعت ۶۵ کیلومتر در ساعت و یا کمتر [۱]



شکل ۸-۳۶: خط‌کشی کلمه "ایست" برای حرکت با سرعت بیش از ۶۵ کیلومتر در ساعت [۱]



شکل ۸-۳۷: خط‌کشی کلمه "آهسته" برای حرکت با سرعت ۶۵ کیلومتر در ساعت و یا کمتر [۱]



شکل ۸-۳۸: خط‌کشی کلمه "آهسته" برای حرکت با سرعت بیش از ۶۵ کیلومتر در ساعت [۱]

## ۸-۴- خط‌کشی معابر برون شهری [۱، ۳ و ۷]

به دلیل گستردگی و تنوع معابر برون شهری کشور، طبقه‌بندی آنها در چند گروه مشخص خالی از اشکال نیست و معمولاً اختلاف نظرهای متفاوتی در این خصوص وجود دارد. با این حال می‌توان با توجه به ماهیت و عملکرد راههای مختلف و تفاوت‌هایی که در آنها وجود دارد طبقه‌بندی راهها را مطابق با جدول ۸-۱، بصورت آزادراه، بزرگراه، راه اصلی، راه فرعی و راه روستایی بیان [۳].

نقش اصلی آزادراهها، برقراری ارتباط سریع بین شهرهای مختلف می‌باشد. ولی ارتباط سریع بین مناطق عمده شهری در شهرهای بزرگ توسط آزادراهها برقرار می‌شود. در آزادراه، با استفاده از رفوژ محوری جریان‌های مخالف ترافیک به صورت فیزیکی از یکدیگر جدا می‌شوند و جریان‌های هم جهت ترافیک نیز در نوارهای عبوری خط‌کشی شده هدایت می‌شوند. تمامی تقاطع‌ها در آزادراهها غیر هم سطح بوده و خطوط افزایش و کاهش سرعت برای کلیه دسترسی‌ها طراحی می‌شود. توقف در حاشیه آزادراهها، احداث ایستگاه اتوبوس، عبور عابرین پیاده از عرض راه و ورود موتورسیکلت و دوچرخه به آزادراه مطلقاً ممنوع می‌باشد.

بزرگراهها ارتباط سریع بین نواحی عمده درون یا برون شهری را برقرار می‌کنند. در این نوع راهها نیز جریان‌های مخالف ترافیک با استفاده از رفوژ محوری به صورت فیزیکی از یکدیگر جدا شده‌اند و جریان‌های ترافیک هم جهت در خطوط عبوری خط‌کشی شده هدایت می‌شوند.

بزرگراه می‌تواند در شرایط خاص تعدادی تقاطع هم سطح داشته باشد. فاصله این تقاطع‌ها از یکدیگر باید زیاد باشد. خطوط افزایش و کاهش سرعت در تقاطع‌های غیر هم سطح و یا دسترسی‌های مجاز به کاربری‌های مجاور وجود دارد، ولی امکان دسترسی مستقیم به کاربری‌های مجاور مسیر وجود ندارد.

کلیه خطوط حرکت در آزادراهها و بزرگراهها و در راههای ورودی و خروجی آنها باید به عرض ۱۵۰ متر با استفاده از دانه‌های شیشه‌ای اجرا شوند و به چشم گربه‌ای

نیز مجهز باشند. فواصل چشم‌گربه‌ای‌ها از یکدیگر در درون آزادراه ۲۶ متر است. در رمپ‌ها و در نقاطی از آزادراهها که احتمال وجود مه و غبار به صورت قابل ملاحظه وجود داشته باشد، این فاصله باید به ۱۳ متر تقلیل یابد.

#### ۸-۴-۱- خط‌کشی آزادراهها<sup>۱</sup>

##### ۸-۴-۱-۱- خط‌کشی خطوط عبوری

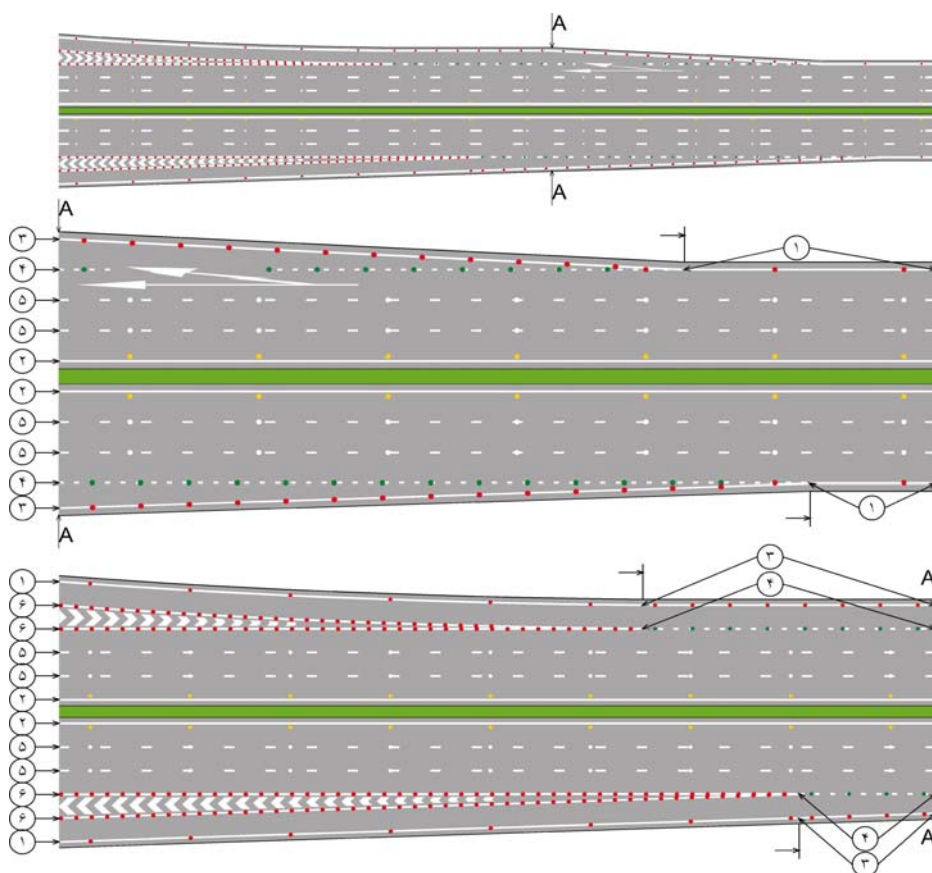
این خطوط به صورت منقطع و با عرض ۱۵ سانتی‌متر و ضخامت حداکثر ۶ میلیمتر، به نسبت ۱ پُر و ۳ خالی در سطح راه اجرا می‌شوند. عرض نوارهای عبوری که توسط این خطوط مشخص می‌شود بین ۳/۳۰ تا ۳/۶۰ متر (از لبهٔ یک خط تا لبهٔ خط دیگر) تعیین شده است. در محدوده تقاطع‌های غیر هم سطح این خطوط تا ۱۵۰ متر قبل از دماغه رمپ ورودی به صورت ممتد اجرا می‌شود و مفهوم آن ممنوعیت خط عبوری در این نواحی است. فواصل چشم‌گربه‌ای‌ها از یکدیگر در داخل آزادراه ۲۶ متر است. در رمپ‌ها و در مناطقی از آزادراهها که احتمال وجود مه و غبار بصورت قابل ملاحظه وجود داشته باشد، این فاصله باید به ۱۳ متر تقلیل یابد (شکل ۸-۳۹).

##### ۸-۴-۱-۲- خط‌کشی حاشیه سمت راست<sup>۲</sup>

کلیهٔ خطوط حاشیه سمت راست باید به عرض ۲۰۰ میلیمتر به فام سفید و حاوی دانه‌های شیشه‌ای باشند. چشم‌گربه‌ای‌های قرمز رنگ باید تا حد امکان نزدیک به خط حاشیه به فواصل ۲۶ متر از یکدیگر در شرایط عادی و در شرایطی که احتمال وجود مه و غبار به صورت قابل ملاحظه‌ای باشد، به فواصل ۱۳ متر، نصب شوند (شکل ۸-۳۹). در مکان‌های خاص طبق نظر مهندسین راه و ترافیک برای افزایش ایمنی تردد ممکن است از تجهیزات و علائم برجسته افقی مانند چشم‌گربه‌ای‌ها و گل میخ‌ها به فاصله ۸ تا ۱۵ متر روی خط‌کشی حاشیه سمت راست استفاده شود.

1- Road Marking on Freeways

2- Edge Lines\_Right Hand



- ۱) خط سفید ممتد به عرض ۲۰۰ میلیمتر و چشم گربه‌ای‌های قرمز به فواصل مرکز به مرکز ۲۶ متر
- ۲) خط سفید ممتد به عرض ۲۰۰ میلیمتر و چشم گربه‌ای‌های کهربایی به فواصل مرکز به مرکز ۲۶ متر
- ۳) خط سفید ممتد به عرض ۲۰۰ میلیمتر و چشم گربه‌ای‌های قرمز به فواصل مرکز به مرکز ۱۳ متر
- ۴) خط چین سفید ممتد به عرض ۲۰۰ میلیمتر، طول ۱ متر با فواصل ۱ متر و چشم گربه‌ای‌های سبز به فواصل مرکز به مرکز ۱۳ متر
- ۵) خط منقطع سفید ممتد به عرض ۱۵۰ میلیمتر، طول ۸ متر با فواصل ۱۳ متر و چشم گربه‌ای‌های سفید به فواصل مرکز به مرکز ۲۶ متر
- ۶) خط سفید ممتد به عرض ۲۰۰ میلیمتر و چشم گربه‌ای‌های قرمز به فواصل مرکز به مرکز ۴ متر

شکل ۸-۳۹: نمونه طرح خطوط ازدیاد و کاهش سرعت در آزادراهها [۱]



#### ۸-۴-۱-۳- خط‌کشی حاشیه سمت چپ<sup>۱</sup>

کلیه خطوط حاشیه سمت چپ باید به عرض ۲۰۰ میلیمتر به فام سفید و حاوی دانه‌های شیشه‌ای باشند. چشم گربه‌ای‌های زرد رنگ باید نزدیک حاشیه به فاصله ۲۶ متر از یکدیگر در شرایط عادی و ۱۳ متر در شرایطی که احتمال وجود مه و غبار به صورت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد، نصب شوند (شکل ۸-۳۹).

#### ۸-۴-۱-۴- خط‌کشی عرضی در راههای ارتباطی آزادراهها

در هنگام خروج از راههای آزادراهها، برای کاهش سرعت از راههای ارتباطی با شیب منفی و منحنی شکل استفاده می‌شود. خطوط عرضی برجسته (ارتعاش دهنده) به فام سفید و به عرض ۳۰ الی ۵۰ سانتی متر و حداقل در دو مقطع در فواصل ۵ تا ۱۰ متری از دهانه خروجی رمپ، اجرا می‌شود. این نوع خطوط از خطوط ایست متفاوت می‌باشند.

#### ۸-۴-۱-۵- خط‌کشی در راههای ارتباطی (رمپ‌ها و لوپ‌ها)

به دلیل وجود تقاطع‌های غیر هم سطح در آزادراهها، حرکات گردشی از طریق رمپ‌ها و لوپ‌ها صورت می‌گیرد. برای آگاهی رانندگان از وضعیت راههای ارتباطی و به دلیل وجود نیروی گریز از مرکز در حرکات گردشی و امکان انحراف وسیله نقلیه از محور راه، لازم است خط‌کشی راههای ارتباطی علاوه بر پایداری بصری، باید دارای برجستگی‌هایی در حدود مجاز نیز باشند تا رانندگان از چگونگی وضعیت مسیر آگاه شوند.

#### ۸-۴-۱-۶- خط‌کشی در خطوط کاهش و افزایش سرعت

برای هدایت رانندگان در راههای ارتباطی (ورودی و خروجی) و برای هماهنگ کردن سرعت وسایل نقلیه به آزادراهها، ضروری است که از خطوط کاهش و افزایش سرعت استفاده شود. خطوط کاهش و افزایش سرعت (با مشخصات زیر) برای جلوگیری

1- Edge Lines\_Left Hand

از حرکات تداخلی در محدوده راه‌های ورودی و خروجی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند.

حاشیه پس‌بازتابنده سمت راست در طول خط کاهش و ازدیاد سرعت و در طول سمت راست راه‌های ورودی یا خروجی ترسیم می‌شوند. از شروع خط انتقال<sup>۱</sup> حاشیه چپ رمپ‌ها باید با فام سفید شب‌نما مشخص گردند شکل ۸-۳۹. خط چین حاشیه سفید رنگ سواره‌رو اصلی به صورت پس‌بازتابنده و به عرض ۱۵ سانتیمتر در طول خطوط کاهش و ازدیاد سرعت راه‌های خروجی و ورودی اجرا می‌شود، چشم‌گره‌ای‌های سبز رنگ نیز به فواصل ۱۳ متری نصب می‌شوند.

چشم‌گره‌ای‌های قرمز رنگ در تمام طول سمت راست رمپ‌ها نصب می‌شوند ولی از شروع خط انتقال رمپ تا شروع خط انتقالی تقسیم ترافیک فاصله چشم‌گره‌ای‌ها نیز باید به ۱۳ متر تقلیل یابد. چشم‌گره‌ای‌های قرمز رنگ باید مانند شکل ۸-۳۹ به فواصل ۴ متری روی خط انتقال سمت سواره‌رو حامل ترافیک عبوری مجاور قسمتی که هاشور زده شده، نصب گردند.

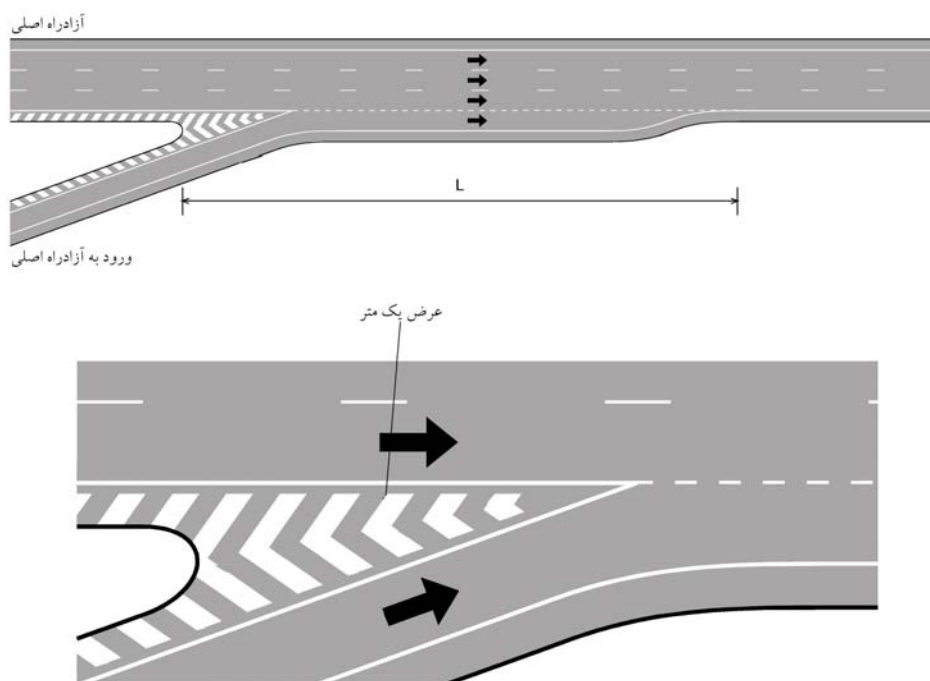
چشم‌گره‌ای‌های زرد رنگ مربوط به خط انتقال باید در سمتی که رمپ قرار دارد، در مجاورت خط با فام سفید حاشیه سمت چپ نصب شوند. فاصله بین آنها در تمام طول قسمت هاشور خورده ۴ متر است.

در خطوط تقلیل سرعت خط‌کشی حاشیه سمت چپ از ابتدای خط انتقال مطابق شکل اجرا می‌شود. خط‌کشی نیمه اول به صورت منقطع اجرا می‌شود دارای عرض ۲۰ سانتی متر و ضخامت حداکثر ۶ میلی متر بوده و طول آن به صورت ۳ متر پر و ۳ متر خالی و به فام سفید می‌باشد.

در خطوط ازدیاد سرعت، خط‌کشی نیمه دوم که به صورت ممتد اجرا می‌شود دارای عرض ۲۰ سانتی متر و ضخامت حداکثر ۶ میلی متر و به فام سفید می‌باشد (شکل ۸-۴۰).

---

1- Divergence Taper



شکل ۸-۴۰: نحوه خط‌کشی در خط ازدیاد سرعت [۷]

جزئیات هاشورهای مورب برای محدودیت‌های خط ازدیاد سرعت در شکل ۸-۴۱ نشان داده شده است. در شکل ۸-۴۲ الف جزئیات و محل ترسیم فلش‌هایی که نمایانگر ورودی محدوده‌های تقلیل سرعت در آزادراهها هستند، و در شکل ۸-۴۲ ب، جزئیات و محل ترسیم فلش‌های ورودی محدوده‌های تقلیل سرعت در راههای شریانی نشان داده شده است.

#### ۸-۴-۱-۷- مشخصات خط‌کشی در راههای دسترسی اختصاصی [۷]

در آزادراهها دسترسی مستقیم به کاربری‌های حاشیه‌ی راه مجاز نمی‌باشد. برای دسترسی به کاربری‌های مجاز، لازم است راه‌های اختصاصی برای دسترسی غیر مستقیم به آن کاربری‌ها احداث و مطابق با شرح ذیل خط‌کشی آنها انجام شود.

- خط‌کشی در حاشیه سمت راست: خط ممتدی که در حاشیه سمت راست راه‌های دسترسی اختصاصی به عرض ۱۲ الی ۱۵ سانتی‌متر و به ضخامت حداکثر ۶ میلی‌متر و به فاصله ۱۵ الی ۲۹ سانتی‌متر از لبه سطح سواره‌رو و به فام سفید اجرا می‌شود.
- خط‌کشی در حاشیه سمت چپ: خط ممتدی با مشخصات ذکر شده در بند قبل می‌باشد.

#### ۸-۱-۴-۸- مشخصات خط‌کشی در محدوده تقاطع‌ها در آزادراهها

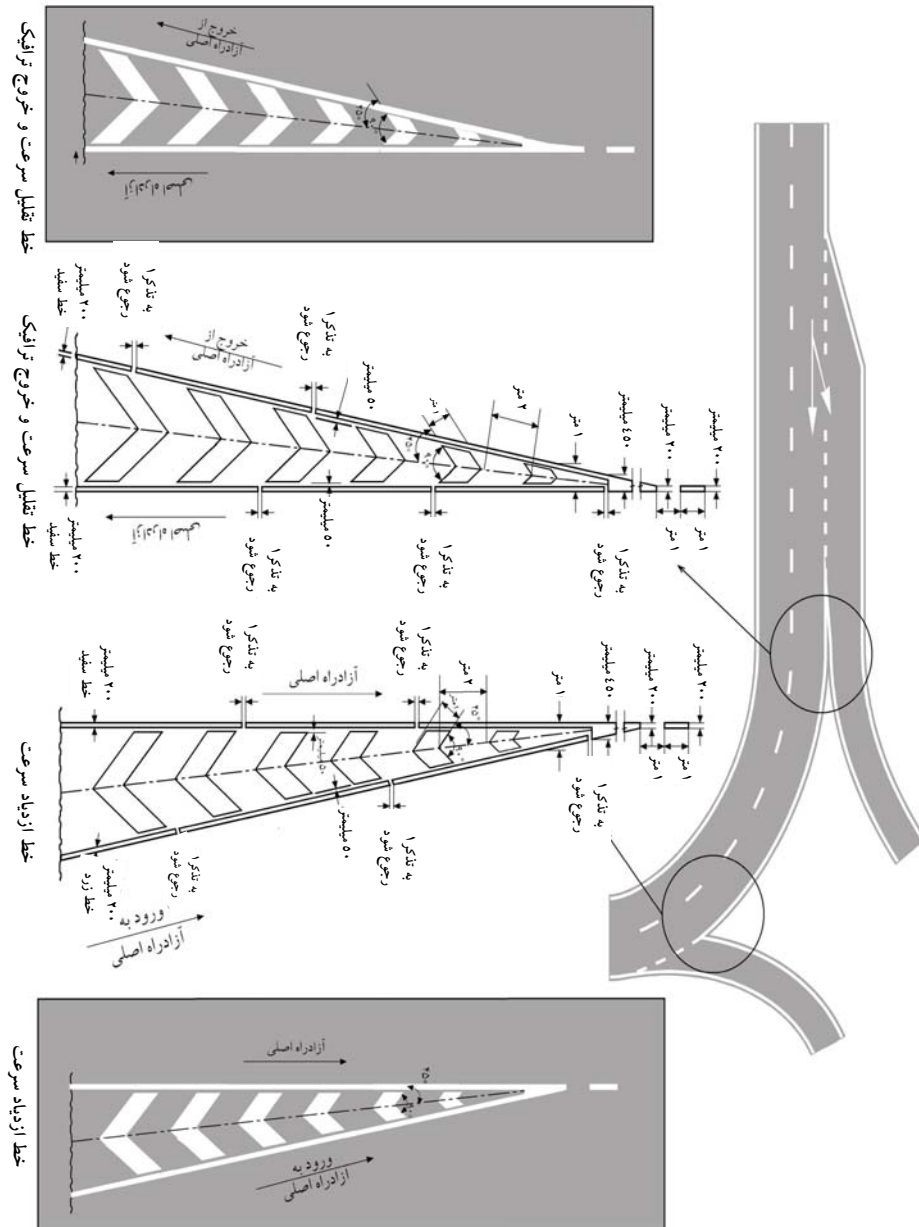
با توجه به غیر هم سطح بودن تقاطع‌ها در آزادراهها و تأمین حرکات گردش در محدوده تقاطع‌ها بدون ایجاد تداخل در حرکت وسایل نقلیه و هدایت آنها به راههای خروجی و ورودی، از علائم و خط‌کشی‌های ویژه‌ای شامل خط‌کشی‌های جناغی، خط‌کشی‌های مورب، فلش‌ها و خط‌نوشته‌ها به شرح ذیل استفاده می‌شود:

#### • خطوط جناغی<sup>۱</sup> در آزادراهها

در دهانه راه‌های خروجی و ورودی به آزادراهها و در محل اتصال خط حاشیه سمت چپ راههای خروجی و ورودی با خط حاشیه سمت راست آزادراهها، از خطوط جناغی استفاده می‌شود. مفهوم این خطوط ممنوعیت حرکت روی آنها و هدایت وسایل نقلیه به خطوط عبوری طرفین می‌باشد.

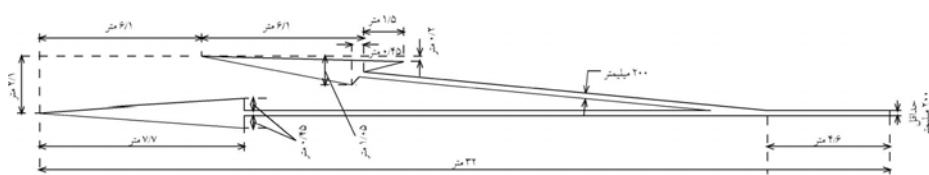
خطوط جناغی در آزادراهها با عرض ۳۰ الی ۵۰ سانتی‌متر و به فاصله ۲ متر و به ضخامت حداکثر ۶ میلی‌متر و به فام سفید اجرا می‌شود. جهت فلش‌های جناغی مخالف با جهت جریان ترافیک می‌باشد و حداقل تعداد آنها سه فلش می‌باشد. مشخصات خطوط جناغی در شکل ۸-۴۳ نشان داده شده است.

1- Chevron

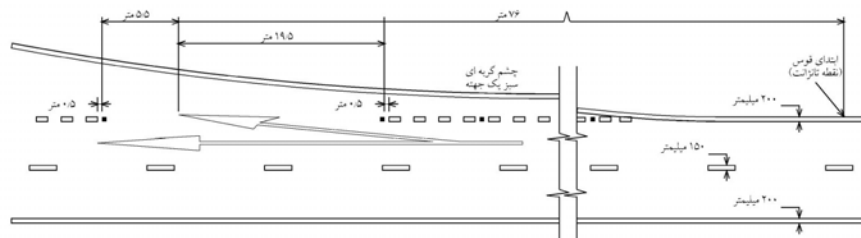


تذکر ۱: در خط‌کشی یک یا هر دو لبه علامت‌های تعیین جهت ممکن است درزهای ۲۵ تا ۵۰ میلی‌متری در فواصل منظم (در نقاطی که ممکن است آب جمع شود) جهت کمک به تخلیه سطحی در نظر گرفته می‌شود.  
 تذکر ۲: چشم‌گروه‌های آنها جهت وضوح بیشتر شکل حذف شده‌اند.

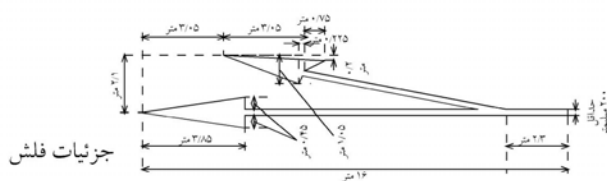
شکل ۸-۴۱: نمونه خطوط جهت‌نما برای قسمت‌های اتصال استاندارد در راه [۱]



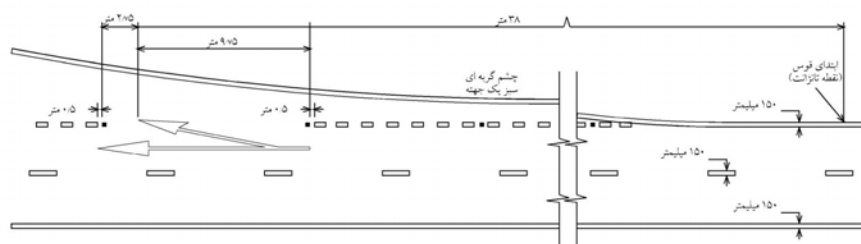
جزئیات فلش



محل فلش



جزئیات فلش

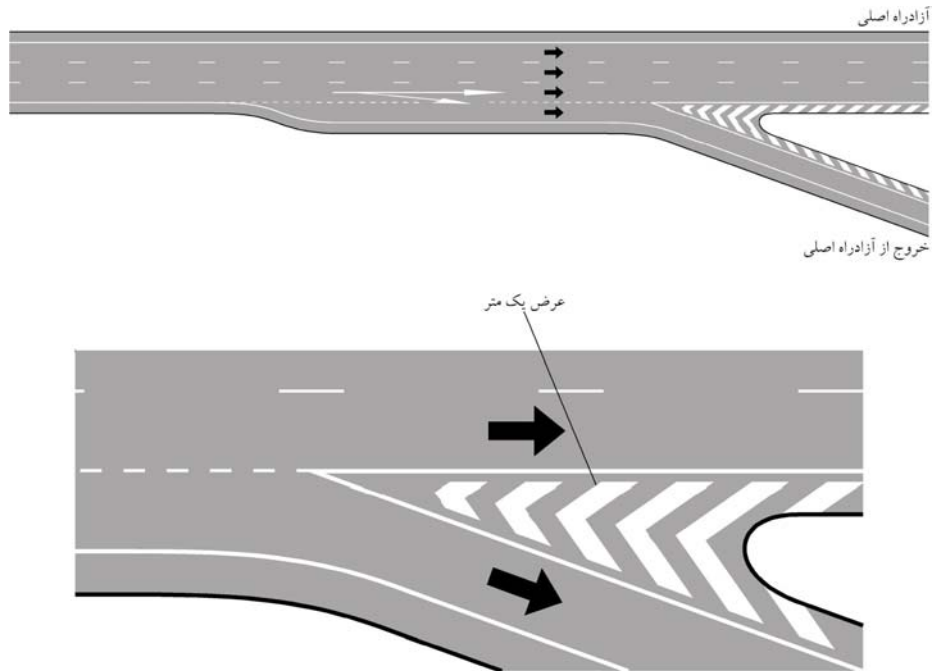


محل فلش

تذکر:

- ۱- چشم‌گیره‌ای‌ها جهت وضوح بیشتر شکل حذف شده‌اند.
- ۲- در غیر از آزادراهها (راههای شریانی) می‌توان ابعاد فلش‌ها را بطور همسان به نصف ابعاد فوق تقلیل داد.

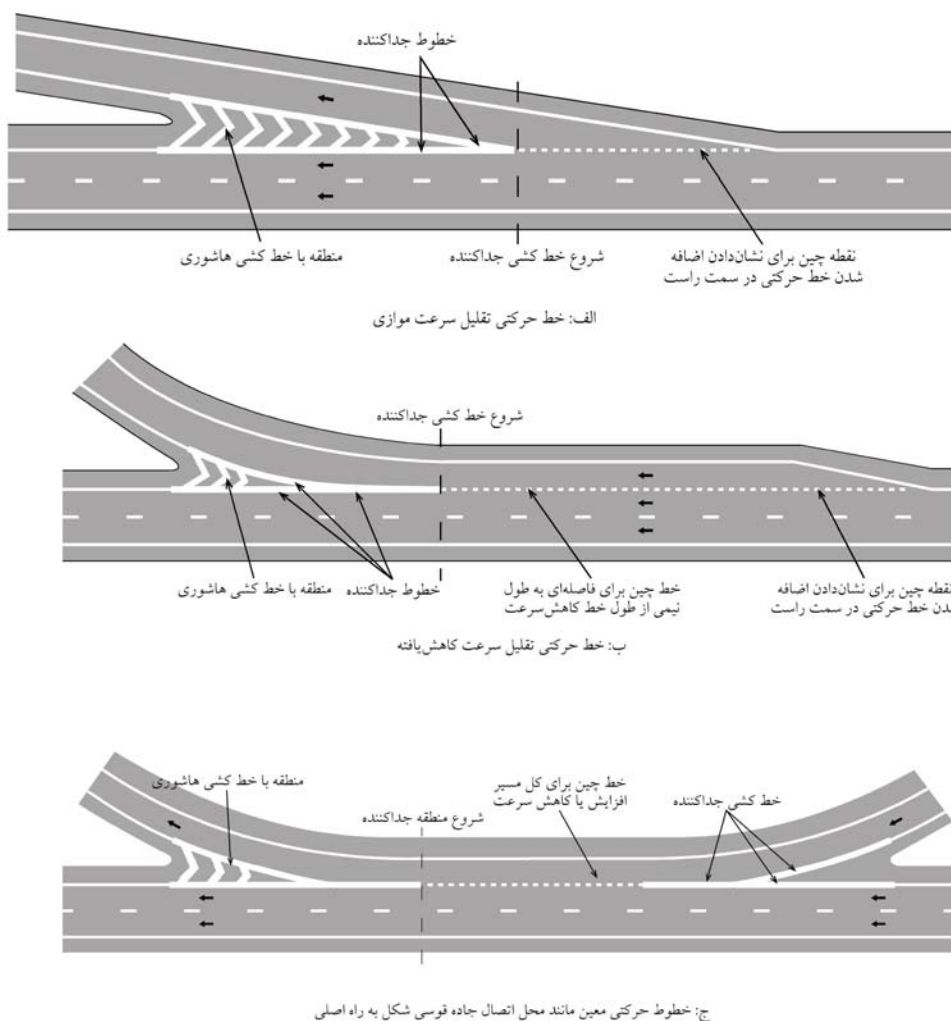
شکل ۸-۴: جزئیات طرح و محل قرار گرفتن فلش هدایت ترافیک به خط کاهش سرعت [۱]



شکل ۸-۴۳: نحوه خط‌کشی در خط تقلیل سرعت [۷]

#### • خطوط جداکننده (کانالیزه کننده) در آزادراهها

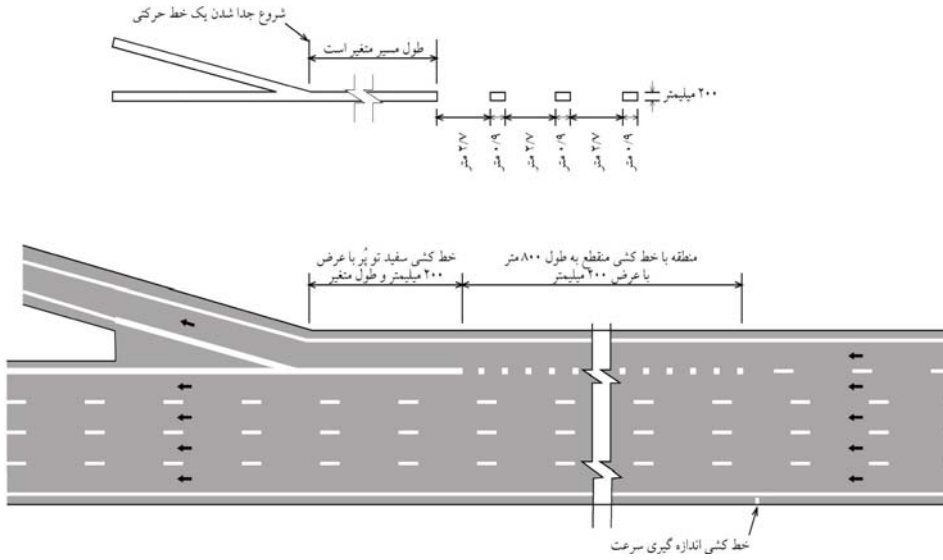
خط‌کشی‌های کانالیزه کننده برای مجزا کردن جزیره‌ها در جایی که مسیر حرکت در جهت موافق در دو طرف جزیره مجاز است به کار می‌روند. خطوط جدا کننده باید پهن، پُر و با فام سفید ترسیم شوند. مثال‌هایی از خطوط جداکننده در شکل ۸-۴۴ نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود خطوط جدا کننده در رمپ‌های خروجی در نواحی طبیعی، خروجی مستقیم در زاویه و گوشه مناسب برای انشعاب هموار از باندهای اصلی، رمپ را معین می‌کنند و احتمال برخورد و تصادف با اشیای مجاور جاده را کاهش می‌دهند. خطوط جدا کننده در رمپ‌های ورودی، ایمنی منطقی و بازدهی اضافه شدن ترافیک را بهبود می‌دهد.



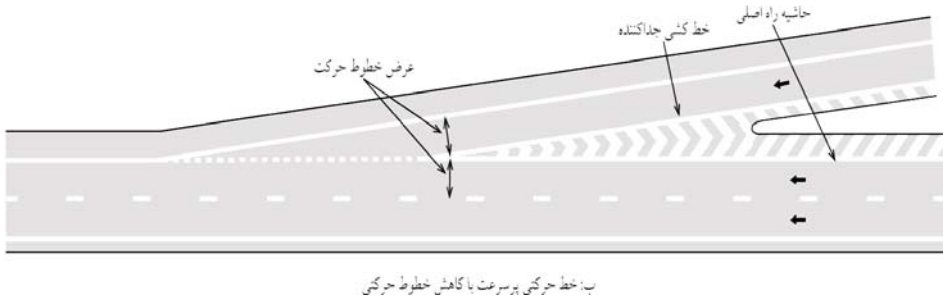
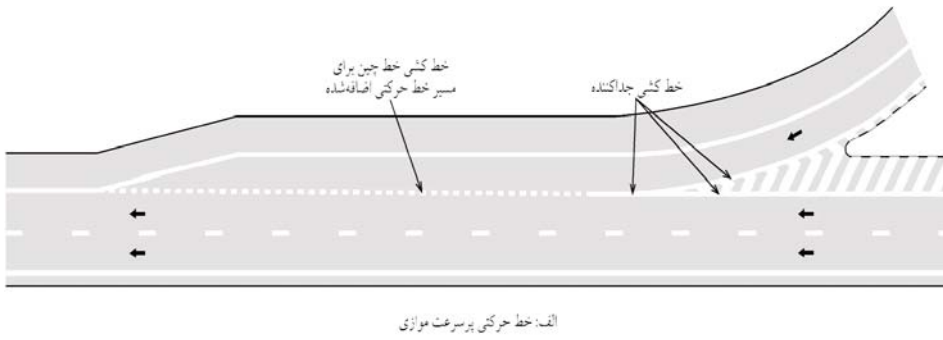
شکل ۸-۴۴: نحوه خط‌کشی‌های جداکننده (کانالیزه) در رمپ‌های خروجی [۴]

برای رمپ‌های خروجی، خطوط جداکننده باید در طول لبه‌های مناطق طبیعی و در مجاورت خطوط حرکت و باندهای رمپ قرار داده شوند. با یک خط تقلیل سرعت موازی، یک خط باندهای باید از ابتدا خط جداکننده فاصله حدود نصف طول باند سرعت‌گیر با پهنای کامل ترسیم شود. باند سرعت‌گیر در شکل‌های ۸-۴۴ و ۸-۴۵ خط‌کشی‌های سفید برای تأکید می‌تواند در مناطق طبیعی ترسیم شوند نشان داده شده است. برای رمپ‌های ورودی، خط جداکننده باید در طول منطقه طبیعی در نزدیکی باند رمپ قرار داده شوند.



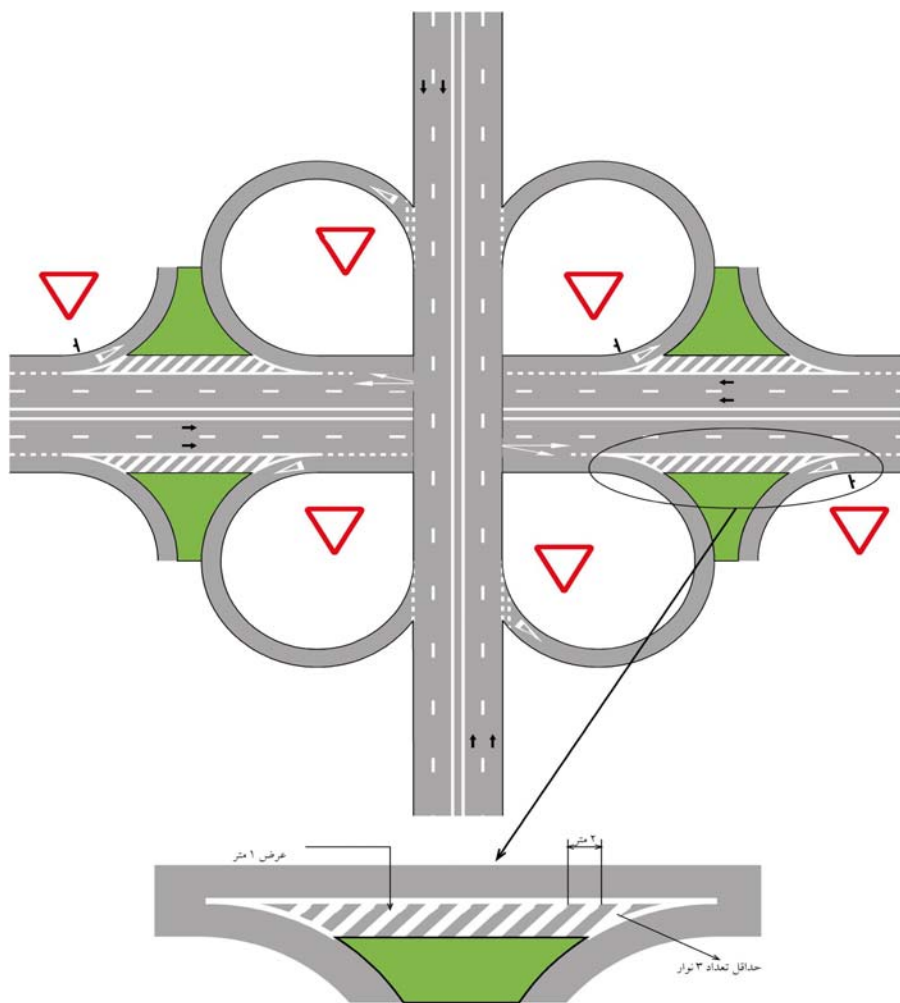


شکل ۸-۴۵: کاهش یک خط حرکتی در رمپ خروجی [۴]



شکل ۸-۴۶: نحوه خط‌کشی‌های جداکننده (کانالیزه) در رمپ‌های ورودی [۴]

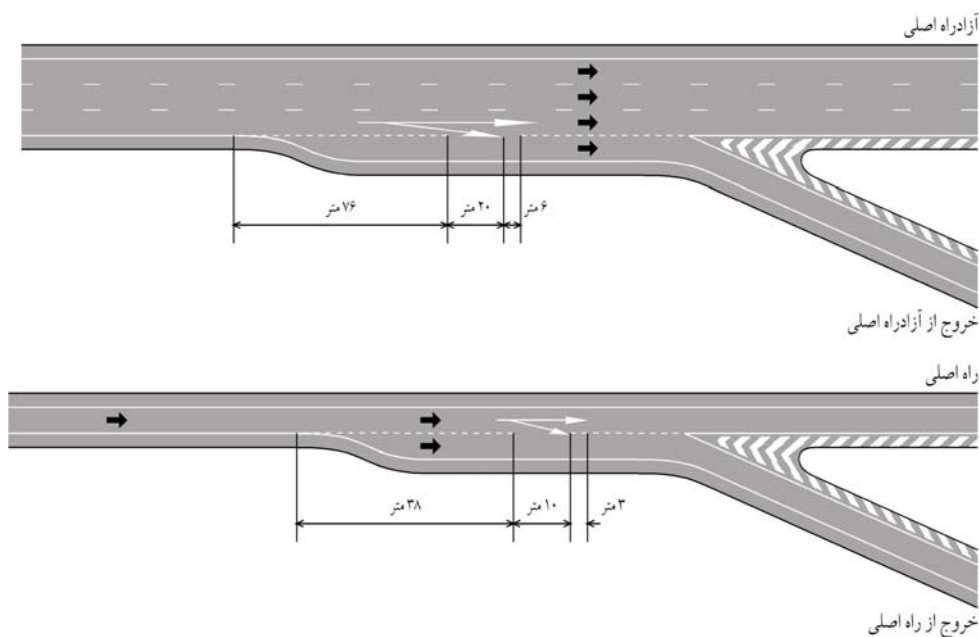
برای رمپ‌های ورودی با خطوط حرکتی افزایش سرعت موازی، خط باند از انتهای خط جداکننده به اندازه فاصله نصف طول خط تقلیل سرعت به پهنای کامل، همانطور که در شکل ۸-۴۶ نشان داده شده است، ترسیم می‌شود. برای رمپ‌های ورودی با خطوط ورودی باریک افزایش سرعت و خط‌کشی خطوط حرکتی می‌توانند برای توسعه خطوط جداکننده قرار داده شوند اما نه بالاتر از نقطه‌ای که خط عبوری باریک شده به لبه نزدیک خط حرکت می‌رسد.



شکل ۸-۴۷: کاربرد هاشورها در خط‌کشی آزادراهها [۷]

### ۸-۴-۱-۹- موارد کاربرد و مشخصات هاشورها در آزادراهها

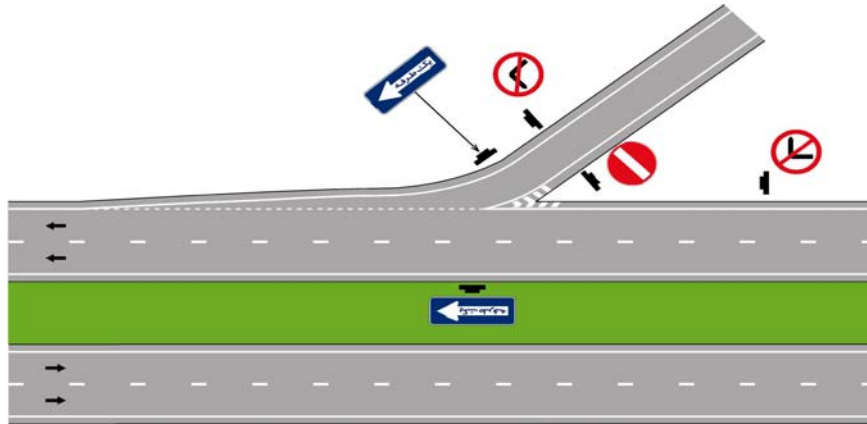
برای جلوگیری از حرکات تداخلی در محدوده تقاطع‌ها از هاشورهای مورب به عرض ۳۰ الی ۵۰ سانتی‌متر و به فاصله ۱ الی ۳ متر و با شیب ۱ به ۱ در حاشیه سمت راست مسیر، به تعداد حداقل سه عدد، مطابق با شکل ۸-۴۷، استفاده می‌شود. محل و عرض نوار هاشور زده شده با نظر مهندس ترافیک و بر اساس وضعیت هندسی تقاطع تعیین می‌شود.



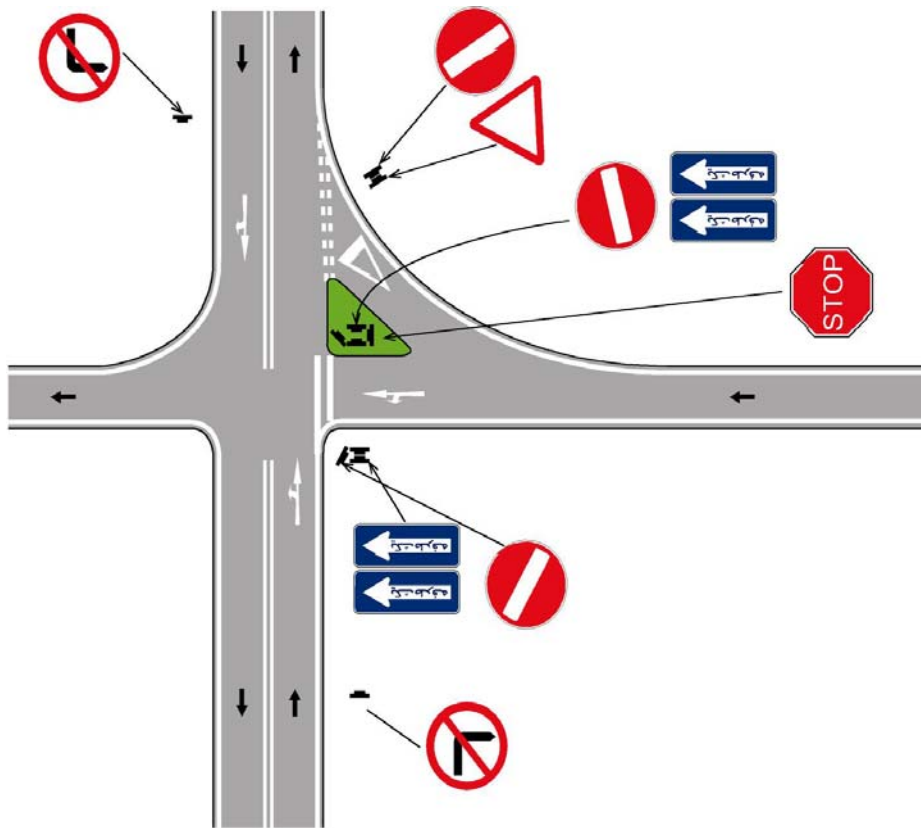
شکل ۸-۴۸: مشخصات فلش‌ها را در محدوده رمپ‌های خروجی آزادراهها [۷]

### ۸-۴-۱-۱۰- موارد کاربرد و مشخصات فلش‌ها در آزادراهها

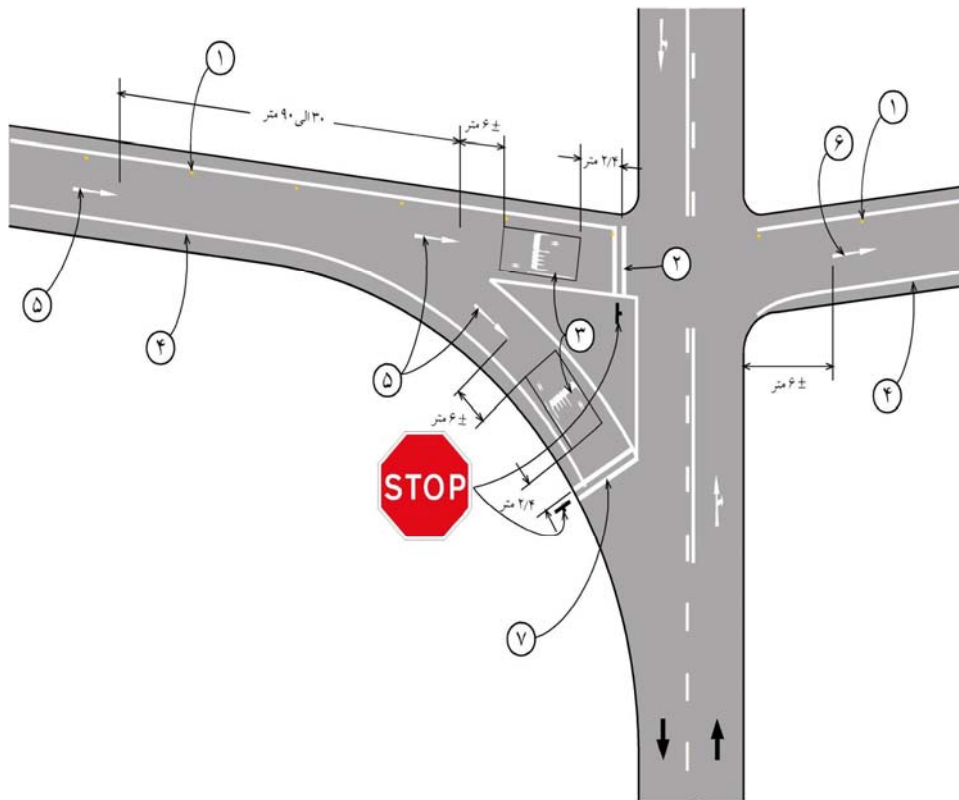
برای آگاهی رانندگان از محل راه‌های خروجی از آزادراهها و انتخاب به موقع خط حرکتی مناسب جهت گردش به این راه‌ها، در فواصل معین از فلش‌ها استفاده می‌شود. محل ترسیم دومین فلش نیز نصف خط تقابل یا افزایش سرعت می‌باشد. در شکل‌های ۸-۴۸ الی ۸-۵۳، ابعاد و مشخصات فلش‌ها را در محدوده رمپ‌های خروجی، ورودی و تقاطع‌های آزادراهها نشان داده شده است. قابل ذکر است که ضخامت فلش‌ها حداکثر ۶ میلی‌متر و به فام سفید می‌باشد.



شکل ۸-۴۹: نحوه ترسیم فلش‌ها در هدایت رانندگان در محل رمپ ورودی یک خط حرکتی به راه [۷]



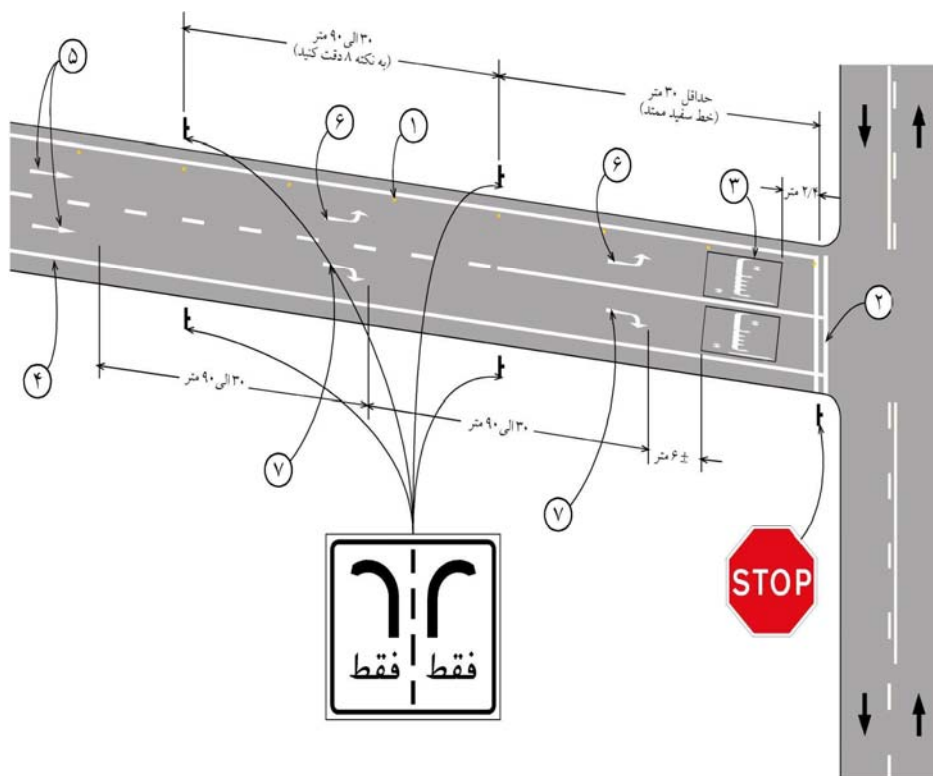
شکل ۸-۵۰: نحوه ترسیم فلش‌ها در محل رمپ‌های ورودی و خروجی یک خط حرکتی به راه [۴]



شکل ۸-۵۱: نحوه خط‌کشی و علامتگذاری برای ترمینال رمپ ورودی/خروجی [۵]

#### نکته‌ها:

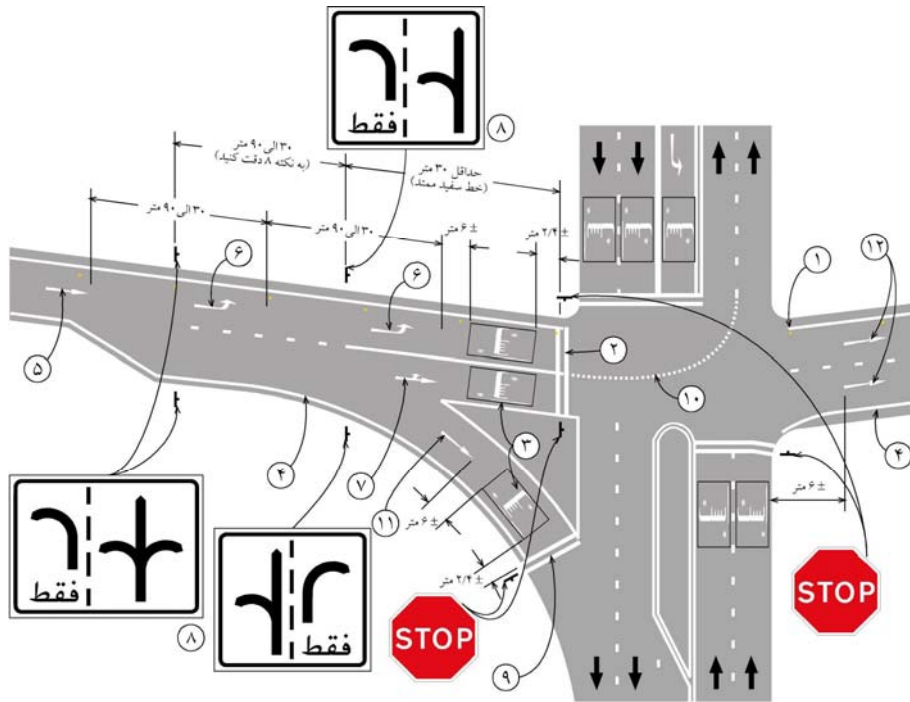
- ۱- ترسیم خط حاشیه‌ای سمت چپ پُر با پهناي ۱۵ سانتی‌متر با فام سفید و نصب چشم گربه‌ای‌های زرد یک جهت و در فواصل ۷/۳۲ متر از مراکز
- ۲- ترسیم خطوط محدودیت مطابق شکل
- ۳- ترسیم خط نوشته‌های "ایست" مطابق شکل
- ۴- ترسیم خط حاشیه‌ای سمت راست پُر با پهناي ۱۵ سانتی‌متر با فام سفید
- ۵- ترسیم فلش‌های نشان‌دهنده امکان تغییر مسیر مطابق شکل
- ۶- فلش‌های نشان‌دهنده مسیر حرکت
- ۷- نصب تابلوی توقف در محل نشان داده شده در شکل



شکل ۸-۵۲: نحوه خط‌کشی و علامتگذاری برای ترمینال رمپ خروجی [۵]

نکته‌ها:

- ۱- ترسیم خط حاشیه‌ای سمت چپ پُر با پهنای ۱۵ سانتی‌متر با فام سفید و نصب چشم گربه‌ای‌های زرد یک جهت و در فواصل ۷/۳۲ متر از مراکز
- ۲- ترسیم خطوط محدودیت مطابق شکل
- ۳- ترسیم خط نوشته‌های "ایست" مطابق شکل
- ۴- ترسیم خط حاشیه‌ای سمت راست پُر با پهنای ۱۵ سانتی‌متر با فام سفید
- ۵- ترسیم فلش‌های نشان‌دهنده امکان تغییر مسیر مطابق شکل
- ۶- فلش‌های نشان‌دهنده تغییر مسیر حرکت به سمت چپ
- ۷- فلش‌های نشان‌دهنده تغییر مسیر حرکت به سمت راست



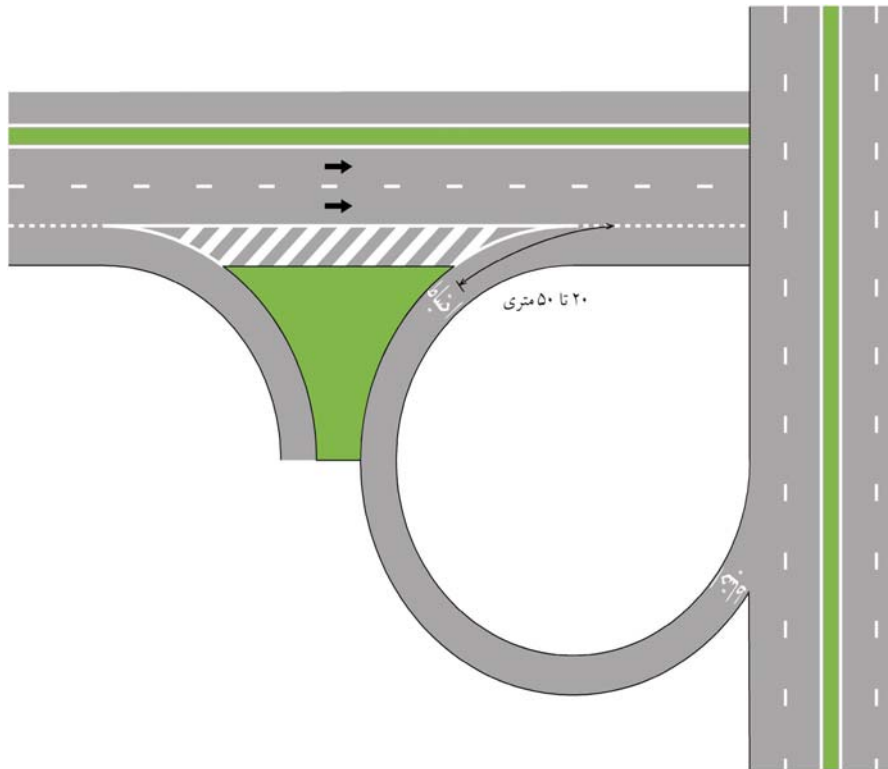
شکل ۸-۵۳: نحوه خط‌کشی و علامتگذاری برای ترینال رمپ‌های ورودی [۵]

نکته‌ها:

- ۱- ترسیم خط حاشیة‌ای سمت چپ پُر با پهناى ۱۵ سانتی‌متر با فام سفید و نصب چشم‌گربه‌ای‌های زرد یک جهت و در فواصل ۷/۳۲ متر از مراکز
- ۲- ترسیم خطوط محدودیت مطابق شکل
- ۳- ترسیم خط نوشته‌های "ایست" مطابق شکل
- ۴- ترسیم خط حاشیة‌ای سمت راست پُر با پهناى ۱۵ سانتی‌متر با فام سفید
- ۵- ترسیم فلش‌های نشان‌دهنده امکان تغییر مسیر مطابق شکل
- ۶- فلش‌های نشان‌دهنده تغییر مسیر حرکت به سمت چپ
- ۷- فلش‌های نشان‌دهنده تغییر مسیر حرکت به سمت راست
- ۸- علایم هدایت مسیر باید در شروع خروجی رمپ‌ها در هر دو جهت نصب شود
- ۹- ترسیم خط توقف و نصب تابلوی توقف مطابق شکل
- ۱۰- ترسیم فلش‌های نشان‌دهنده مسیر مطابق شکل
- ۱۱- خط‌کشی نشان‌دهنده خط حرکت در محل تقاطع
- ۱۲- ترسیم فلش‌های نشان‌دهنده مسیر حرکت
- ۱۲- ترسیم فلش‌های نشان‌دهنده مسیر حرکت

## ۸-۴-۱۱- مشخصات خط نوشته‌ها در آزادراهها

جهت ارتقاء ایمنی تردد و هشدار به رانندگان از وضعیت مسیر، در ابتدا و انتهای راه‌های ورودی و خروجی که دارای شیب منفی (سرازیری) می‌باشند، کلمه "احتیاط" با ابعاد مشخص، در سطح سواره رو استفاده می‌شود. محل ترسیم کلمه "احتیاط" ابتدای قوس ورودی یا خروجی (در ابتدای راه‌های ارتباطی) و همچنین در فاصله ۲۰ تا ۵۰ متری انتهای راه‌های ارتباطی است (طبق شکل ۸-۵۴).



شکل ۸-۵۴: محل رسم کلمه احتیاط در ورودی و خروجی آزادراهها [۷]

## ۸-۴-۲- مشخصات و ویژگی انواع خط‌کشی‌ها در بزرگراهها

بزرگراهها ارتباط دهنده مراکز و مناطق عمده شهری و بین شهری هستند و آسانی حرکت و وسایل نقلیه در این گونه راهها اولویت اصلی می‌باشد. به دلیل تفاوت سرعت در



بزرگراه‌ها نسبت به آزادراه‌ها و همچنین امکان وجود تقاطع‌های هم‌سطح در شرایط خاص، خط‌کشی در بزرگراه‌ها تفاوت‌هایی با خط‌کشی در آزادراه‌ها دارد که جزئیات آن در ادامه آورده می‌شود.

#### ۸-۴-۲-۱- خطوط عبوری در بزرگراهها

خطوط منقطعی‌ای به عرض ۱۵۰ میلی‌متر و ضخامت حداکثر ۶ میلیمتر به فام سفید می‌باشند که به نسبت ۱ پُر و ۳ خالی در سطح راه اجرا می‌شوند. عرض خطوط یا منطقه عبوری که با این خطوط مشخص می‌شود، بین ۳/۰۰ تا ۳/۶۰ متر (از لبه یک خط تا لبه خط دیگر) متغیر است. در محدوده تقاطع‌های غیر هم سطح این خطوط از ۵۰ متر قبل از دماغه رمپ خروجی تا ۵۰ متر بعد از دماغه رمپ ورودی به بزرگراه این خطوط به صورت ممتد اجرا شده و مفهوم آن ممنوعیت خط عبوری در این نواحی است.

#### ۸-۴-۲-۲- خط‌کشی حاشیه سمت راست در بزرگراهها

کلیه خطوط حاشیه سمت راست باید حاوی دانه‌های شیشه‌ای باشند و به عرض ۱۵۰ میلی‌متر به فام سفید، به ضخامت ۶ میلیمتر و در فاصله ۲۰ الی ۳۰ سانتی‌متری از لبه سواره‌رو ترسیم شوند. در مکان‌های خاص طبق نظر مهندسین راه و ترافیک، از تجهیزات و علائم برجسته افقی مانند چشم گربه‌ای‌ها و گل میخ‌ها به فاصله ۸ تا ۱۵ متر برای افزایش ایمنی تردد روی خط‌کشی حاشیه سمت راست استفاده می‌شود.

#### ۸-۴-۲-۳- خط‌کشی حاشیه سمت چپ در بزرگراهها

خط ممتدی به عرض ۱۵۰ میلی‌متر به فام سفید و حاوی دانه‌های شیشه‌ای، به ضخامت حداکثر ۶ میلیمتر در فاصله ۲۰ الی ۳۰ سانتی‌متری از لبه رفوژ میانی می‌باشد. این خط به منظور آگاهی رانندگان از حاشیه سمت چپ مسیر و حفظ فاصله ایمنی در هنگام حرکت اجرا می‌شود. در محل‌های مورد نیاز از علائم برجسته افقی، طبق بند ۸-۴-۲-۲ استفاده می‌شود.

**۸-۴-۲-۴- خط‌کشی در راههای ارتباطی در بزرگراهها**

ارتباط بزرگراهها به یکدیگر از طریق راههای ارتباطی (رمپ و لوپ) برقرار می‌شود و حرکات گردشی از این طریق انجام می‌شود. به دلیل وجود قوس‌های افقی و شیب‌های مثبت و یا منفی خط‌کشی در این نوع راهها و ضرورت توجه بیشتر رانندگان، خط‌کشی راههای ارتباطی باید از ویژگی‌های خاصی برخوردار باشد.

**۸-۴-۲-۵- خط‌کشی طولی در حاشیه‌های بزرگراهها**

خطوط طولی در حاشیه سمت راست راههای ارتباطی ترجیحاً به صورت برجسته، به عرض ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر، و به فام سفید در فاصله ۲۰ تا ۳۰ سانتی متری از لبه سطح سواره‌رو اجرا می‌شوند. فام خط حاشیه سمت چپ و راست و به رنگ سفید است.

**۸-۴-۲-۶- خط‌کشی عرضی در راههای ارتباطی بزرگراهها**

برای کاهش سرعت در هنگام خروج از راههای ارتباطی با شیب منفی، می‌باید در فواصل ۵ تا ۱۰ متری از دهانه خروجی رمپ، خطوط عرضی برجسته (ارتعاش دهنده) به فام سفید و به پهنای ۳۰ الی ۵۰ سانتی‌متر و حداقل در دو مقطع اجرا گردد. خط‌کشی این خطوط با خطوط ایست متفاوت و به شکل مشبک می‌شود.

**۸-۴-۲-۷- خط‌کشی در خطوط کاهش و افزایش سرعت**

برای هدایت رانندگان، جلوگیری از حرکات تداخلی در محدوده راههای ورودی و خروجی و هماهنگ کردن سرعت وسایل نقلیه در راههای ارتباطی (ورودی و خروجی) به بزرگراهها از خط‌کشی‌های کاهش و یا افزایش سرعت استفاده می‌شود. مشخصات این خطوط بشرح زیر می‌باشد:

خط حاشیه سمت راست در این نوارهای عبوری امتداد حاشیه سمت راست در بزرگراه با همان مشخصات است (ضخامت، عرض، فام رنگی و فاصله از لبه آسفالت مشابه خط حاشیه سمت راست بزرگراه می‌باشد)

در خطوط تقلیل سرعت، خط‌کشی حاشیه سمت چپ از ابتدای خط انتقال به صورت خط‌چین با فام سفید و به عرض ۱۵ سانتی متر و ضخامت حداکثر ۶ میلی‌متر اجرا می‌شود (شکل ۸-۵۵).

#### ۸-۴-۲-۸- مشخصات خط‌کشی در محدوده تقاطع‌های بزرگراهها

خط‌کشی تقاطع‌های هم سطح و غیر هم سطح تفاوت‌های زیادی با یکدیگر دارند. در ادامه مطلب، مشخصات خط‌کشی در محدوده هر یک از این دو نوع راه، به تفکیک شرح داده می‌شود.

#### ۸-۴-۲-۸-۱- مشخصات خط‌کشی در محدوده تقاطع‌های غیر هم سطح بزرگراهها

این خط‌کشی‌ها شامل خط‌کشی خطوط جناغی، خطوط مورب (هاشورها)، فلش‌ها و خط نوشته می‌باشد.

##### • خطوط جناغی در تقاطع‌های غیر هم سطح بزرگراهها

مشخصات خطوط جناغی در بزرگراهها مشابه مشخصات خطوط جناغی در آزادراهها به شرح بند ۸-۴-۱-۸ می‌باشد.

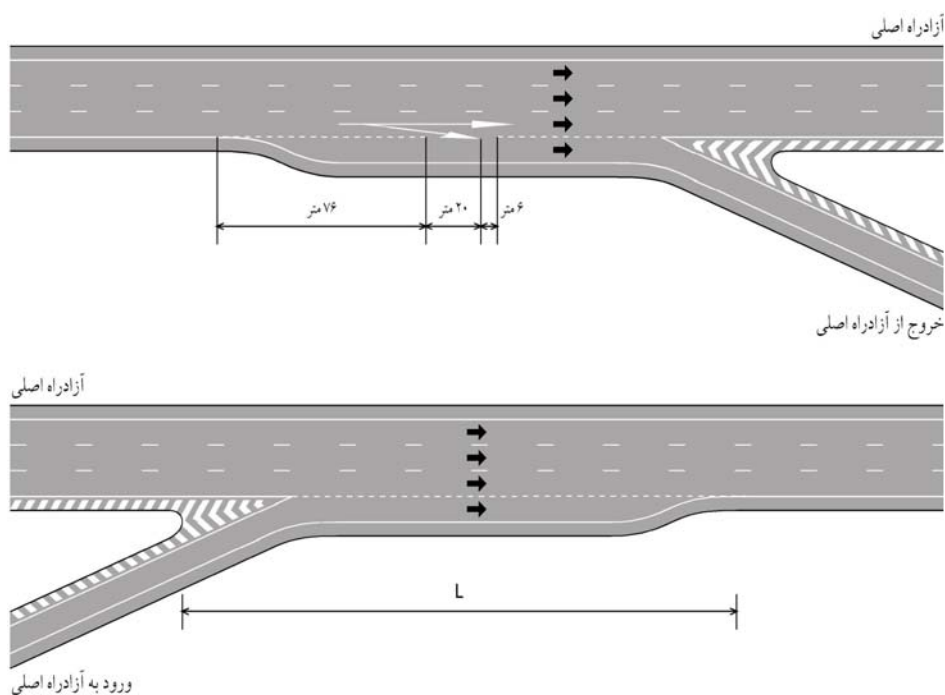
##### • خطوط مورب (هاشورها) در تقاطع‌های غیر هم سطح بزرگراهها

مشخصات خطوط مورب در بزرگراهها مشابه مشخصات خطوط مورب در آزادراهها به شرح بند ۸-۴-۱-۹ است.

##### • مشخصات و کاربرد فلش‌ها در تقاطع‌های غیر هم سطح بزرگراهها

برای آگاهی رانندگان از محل راههای ارتباطی بزرگراهها و انتخاب به موقع خط عبوری مناسب جهت حرکات گردشی، از فلش‌ها در فواصل معین استفاده می‌شود. محل رسم اولین پیکان ۱۵۰ متر قبل از شروع خط انتقال و محل ترسیم دومین فلش در محل شروع خط انتقال می‌باشد. در شکل ۸-۵۶، ابعاد و مشخصات فلش‌ها در محدوده

تقاطع‌های غیر هم‌سطح بزرگراهها نشان داده شده است. قابل ذکر است که ضخامت فلش‌ها حداکثر ۶ میلی‌متر و به فام سفید می‌باشد.

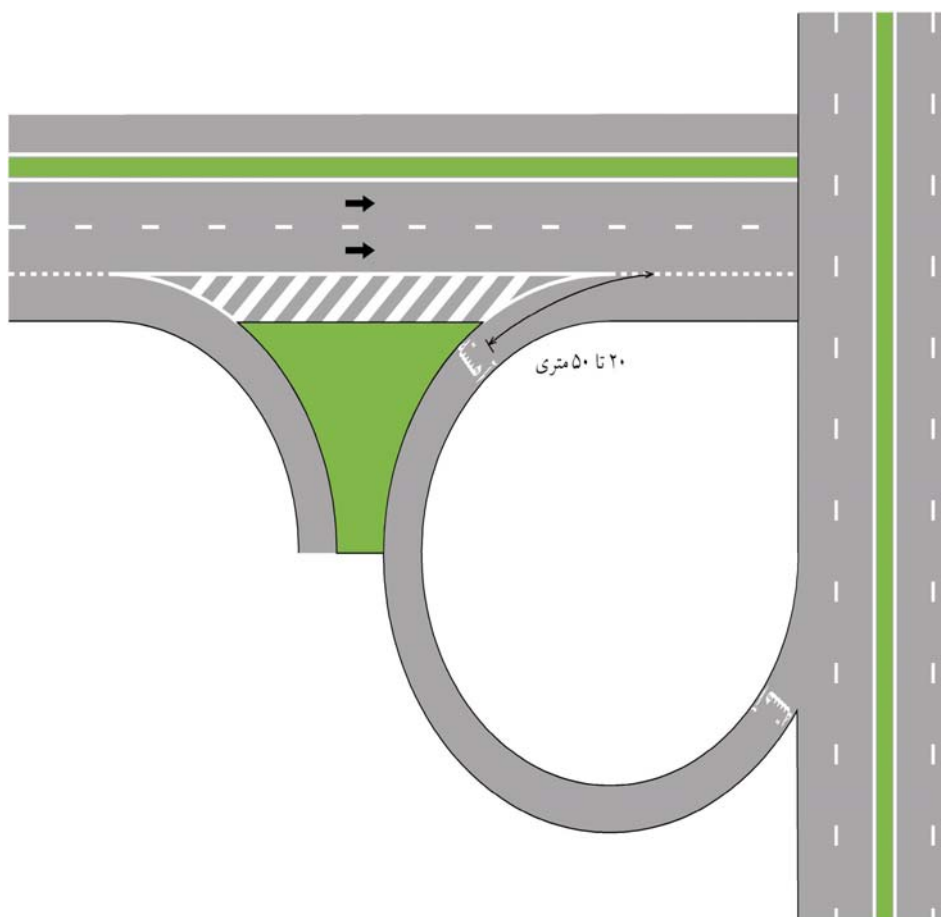


شکل ۸-۵۵: خط‌کشی در خطوط کاهش و ازدیاد سرعت، (حداقل تعداد هاشورها: سه عدد) [۷]

• مشخصات خط نوشته‌ها در تقاطع‌های غیر هم‌سطح بزرگراهها

برای ارتقاء ایمنی تردد و هشدار به رانندگان از وضعیت مسیر در ابتدا و انتهای راه‌های ارتباطی بزرگراهها که دارای شیب منفی (سرازیری) هستند، کلمه "آهسته" با ابعاد مشخص در سطح سواره رو ترسیم می‌شود.

محل ترسیم کلمه "آهسته" ابتدای قوس ورودی یا خروجی (در ابتدای راه‌های ارتباطی) و در فاصله ۲۰ تا ۵۰ متری انتهای راه‌های ارتباطی می‌باشد (مطابق شکل ۸-۵۶). بدین ترتیب حداقل در دو مقطع در ابتدا و انتهای راه‌های ارتباطی از کلمه "آهسته" استفاده می‌شود.



شکل ۸-۵۶: نمونه‌ای از کاربرد خط نوشته‌ها در تقاطع‌های غیر هم‌سطح بزرگراهها [۷]

#### ۸-۴-۲-۸-۲- خط‌کشی در محل تقاطع‌های هم‌سطح بزرگراهها

این خط‌کشی‌ها شامل خط ایست، خطوط هشدار، خطوط شرط‌جی خط‌چین، فلش‌ها، خط‌نوشته‌ها و خطوط جناغی می‌باشد.

- خط ایست در تقاطع‌های هم‌سطح بزرگراهها

برای توقف وسایل نقلیه در محل مشخص شده در تقاطع‌های چراغ‌دار، از خط ممتدی به عرض ۵۰ سانتی‌متر به ضخامت حداکثر ۶ میلی‌متر و به فام سفید در عرض

سواره‌رو استفاده می‌شود که به آن خط ایست گفته می‌شود. فاصله خط ایست تا خط‌کشی عابر پیاده یک متر می‌باشد و از خط حاشیه سمت راست تا خط حاشیه سمت چپ امتداد می‌یابد.

• خطوط هشدار در تقاطع‌های هم‌سطح بزرگراهها

خطوط هشدار، خطوط منقطعی به صورت ۳ متر پُر، ۳ متر خالی و عرض ۲۰ سانتی‌متر هستند که به فام سفید از فاصله ۱۲۰ متری تا ۳۰ متری محل تقاطع اجرا می‌شوند. از فاصله ۳۰ متری تا خط ایست تقاطع، خطوط ممتد با همان عرض و مشخصات خطوط منقطع، برای ایجاد محدودیت در تغییر خط عبوری، ترسیم می‌شوند. منظور از اجرای خطوط هشدار، آگاه کردن از محل تقاطع می‌باشد. در محدوده ۳۰ متری تقاطع رانندگان باید خط عبوری مورد نظر را انتخاب و در آن حرکت کنند (شکل ۸-۵۷).



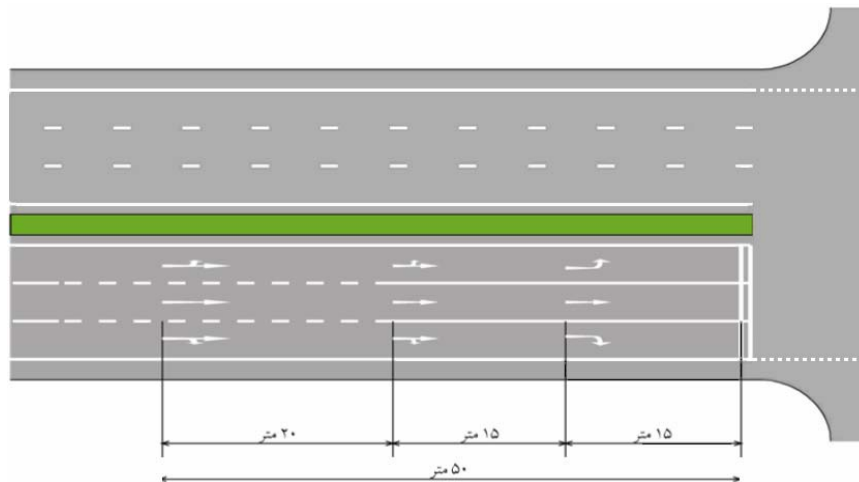
شکل ۸-۵۷: خطوط هشدار در تقاطع‌های هم‌سطح بزرگراهها [۵]

- موارد کاربرد و مشخصات فلش‌ها در تقاطع‌های هم‌سطح بزرگراهها

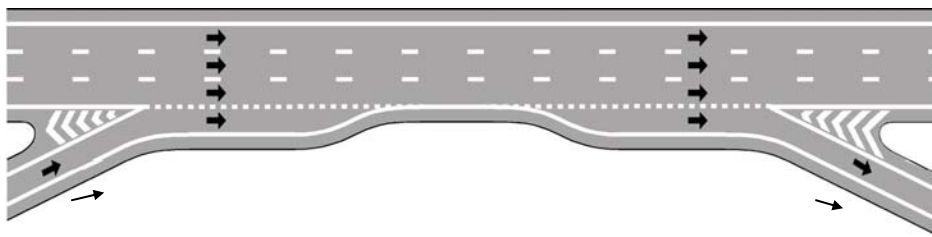
از فلش‌ها برای هدایت رانندگان به خطوط عبوری مورد نظر و قبل از ورود به محدوده تقاطع‌ها استفاده می‌شود. این علائم در فاصله ۱۵ الی ۵۰ متری تقاطع در دو یا سه محل اجرا می‌شوند. اولین محل رسم فلش‌ها در فاصله ۱۵ متری، دومین سری در فاصله ۳۰ متری و سومین سری فلش‌ها در فاصله ۵۰ متری خط ایست تقاطع می‌باشد. رنگ فلش‌ها سفید و ضخامت آنها حداکثر ۶ میلی‌متر است. در شکل ۸-۵۸ محل و موقعیت ترسیم فلش‌ها در تقاطع‌های هم‌سطح بزرگراه‌ها نشان داده شده است.

- موارد کاربرد و مشخصات خطوط جناغی در تقاطع‌های هم‌سطح بزرگراهها

در تقاطع‌های هم‌سطح بزرگراهها از خطوط جناغی عبوری، ویژه حرکات راستگرد به عرض ۱۵ الی ۲۰ سانتی‌متر، به فاصله ۰/۵ الی ۱/۰ متر و به فام سفید استفاده می‌شود. مفهوم این خطوط ممنوعیت حرکت روی آنها، و هدایت وسایل نقلیه به خطوط عبوری طرفین می‌باشد. محدوده ترسیم در محل اتصال خط حاشیئه سمت چپ راههای ارتباطی با خط حاشیئه سمت راست بزرگراهها می‌باشد. جهت فلش‌های خطوط جناغی مخالف با جهت جریان ترافیک می‌باشد. مشخصات خطوط جناغی در شکل ۸-۵۹ نشان داده شده است.



شکل ۸-۵۸: موارد کاربرد و مشخصات فلش‌ها در تقاطع‌های هم‌سطح بزرگراهها [۷]



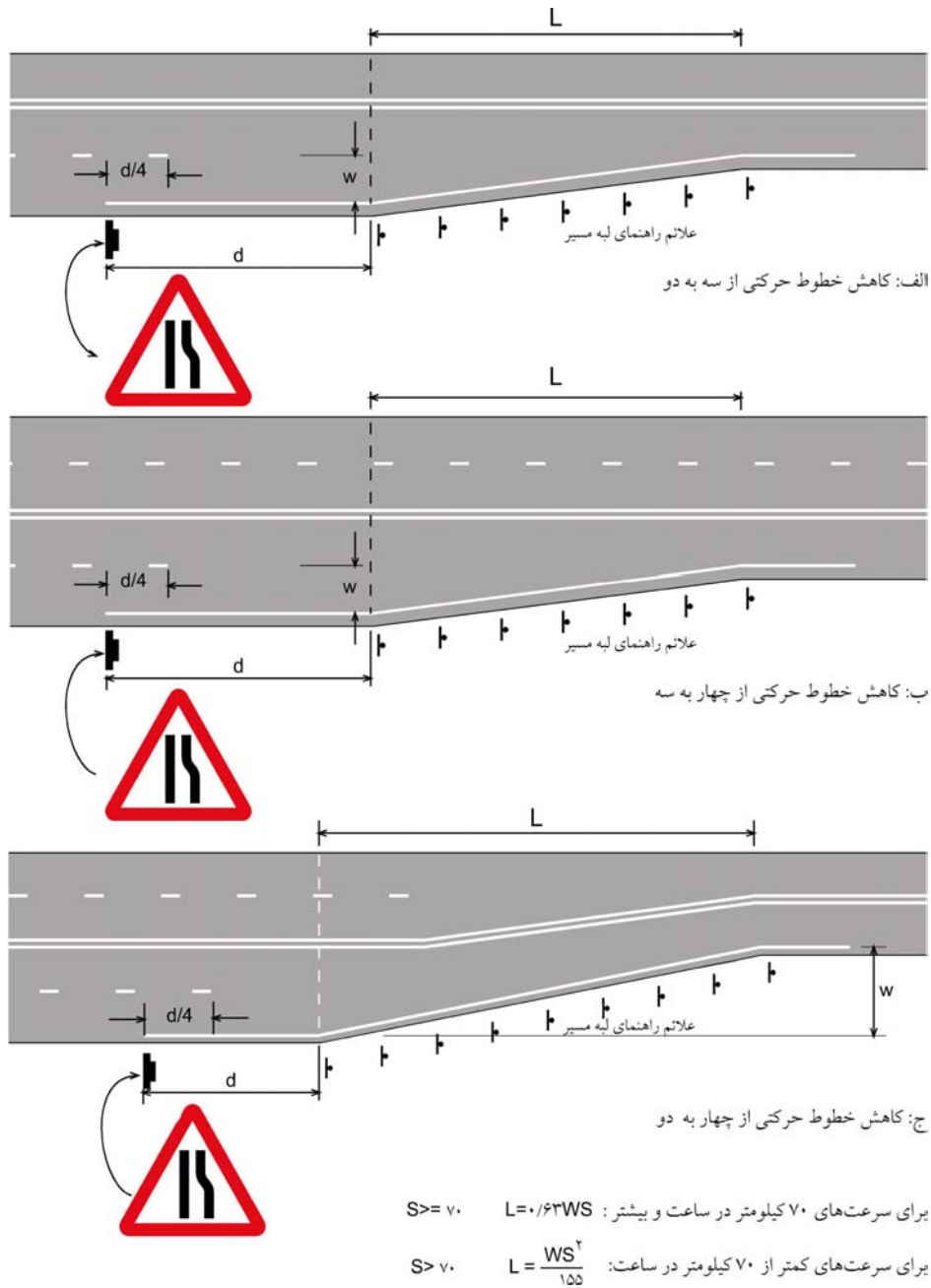
شکل ۸-۵۹: جهت فلش‌های خطوط جناغی در رمپ‌های ورودی و خروجی بزرگراه [۷]

#### ۸-۴-۲-۸-۳- خط‌کشی مسیرهایی با کاهش خطوط عبوری<sup>۱</sup>

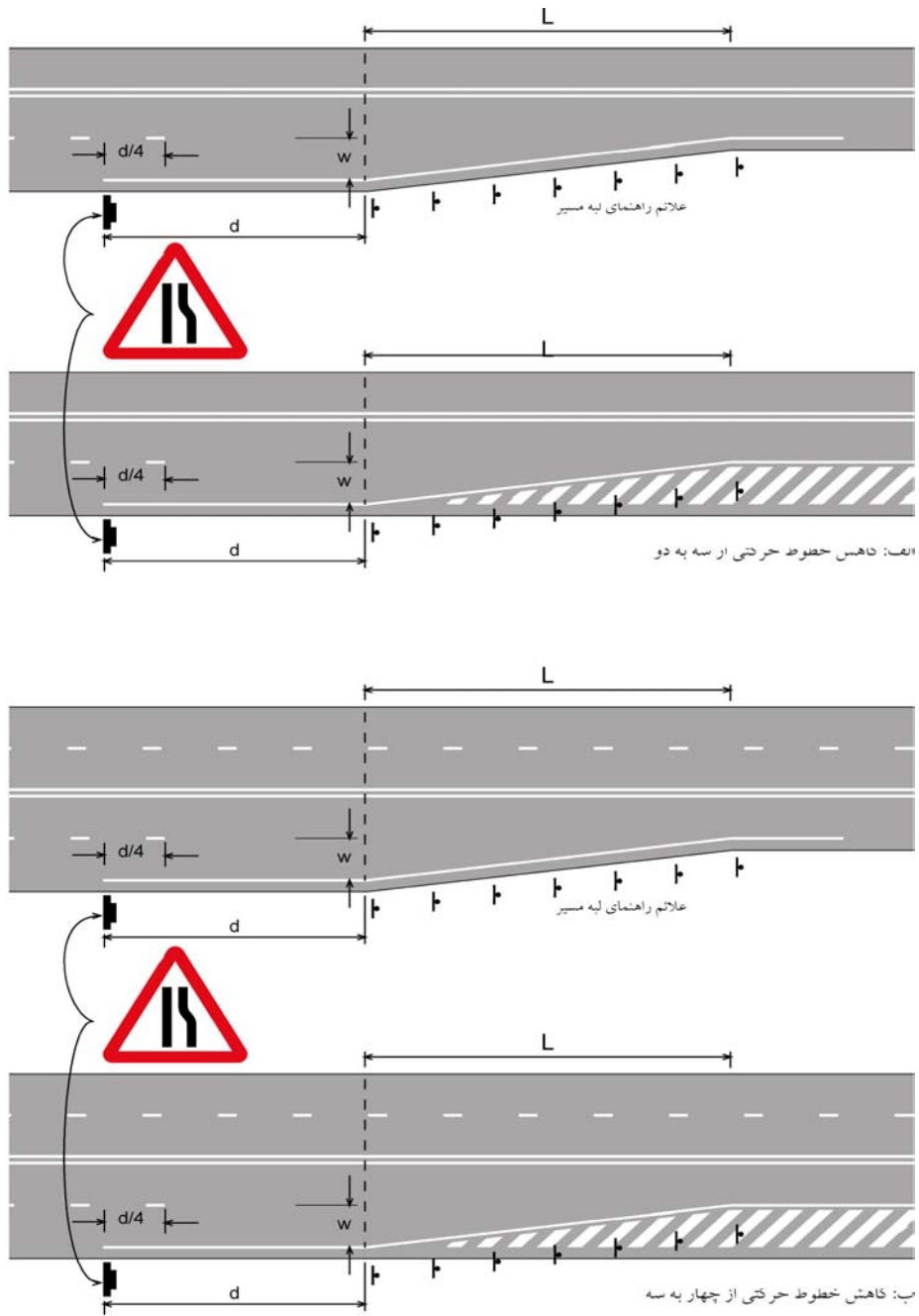
در محل‌هایی که تعداد خطوط حرکتی کاهش می‌یابد، از خط‌کشی به همراه سایر علائم برای راهنمایی وسایل نقلیه و هشدار رانندگان استفاده می‌شود (شکل‌های ۸-۶۰ و ۸-۶۱). در راه‌های دو طرفه، از خط‌کشی‌های عبور ممنوع برای جلوگیری از عبور در مسیر باریک شده و ورود به خط حرکتی مخالف، استفاده می‌شود. برای راه‌هایی که محدودیت قانون حرکت با سرعت ۷۰ کیلومتر در ساعت یا بیشتر را دارند، برای کاهش خط حرکتی از فرمول  $L = 0.62 W \times S$  و برای راه‌هایی که محدودیت قانون حرکت با سرعت کمتر از ۷۰ کیلومتر در ساعت را دارند، از فرمول  $L = WS^2 / 155$  استفاده می‌شود. در شکل ۸-۶۲ نحوه استفاده از فلش‌های راهنما برای نمایش مسیرهایی با کاهش خطوط عبوری نشان داده شده است.

1- Lane Reduction Transition Markings

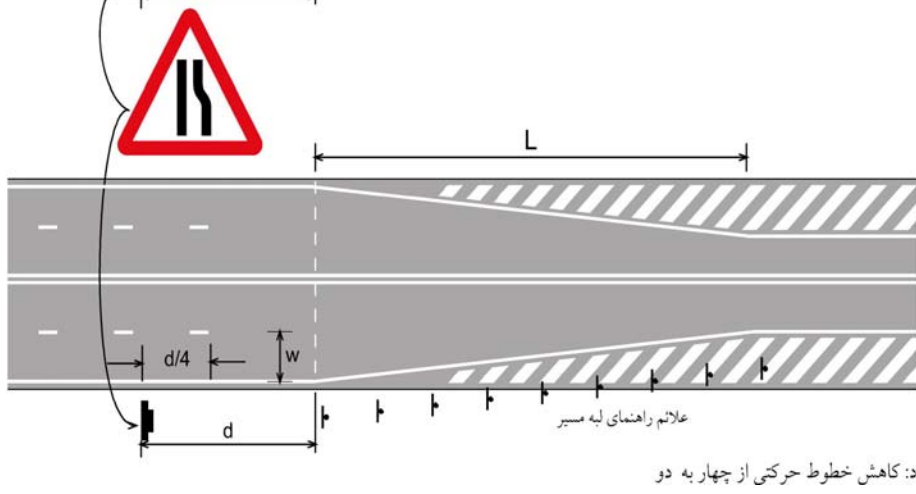
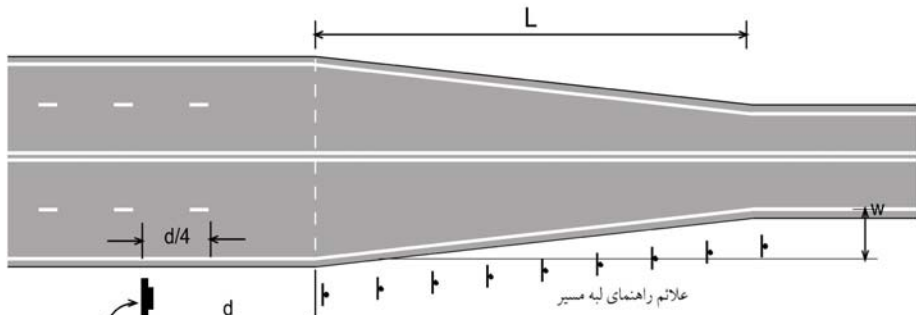
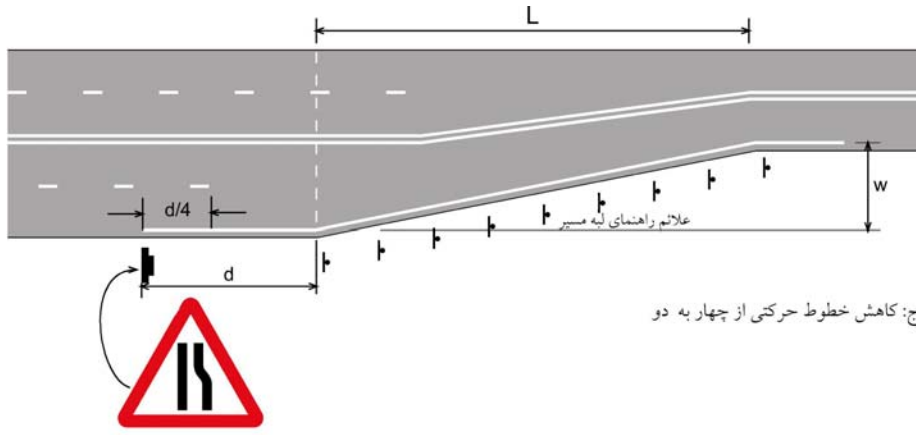




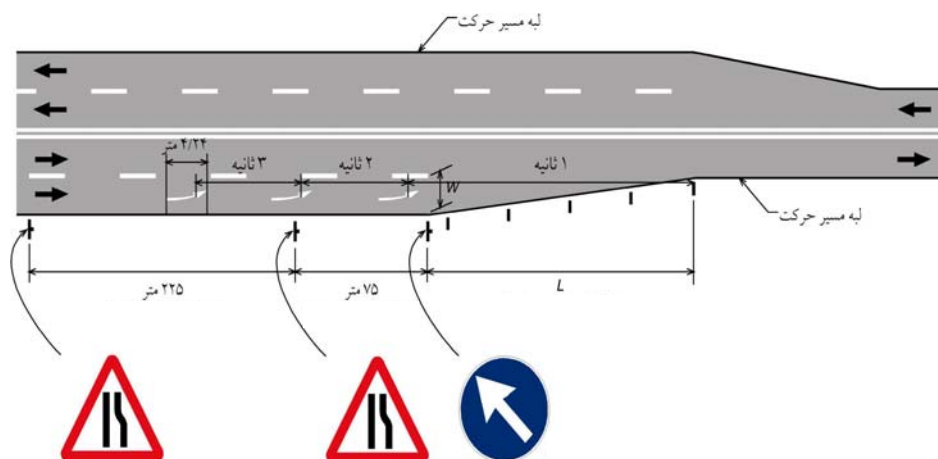
شکل ۸-۶۰: خط‌کشی مسیرهایی با کاهش خطوط عبوری [۴]



شکل ۸-۶۱: خط‌کشی مسیرهایی با کاهش خطوط عبوری [۴]



ادامه شکل ۸-۶۱: خط‌کشی مسیرهایی با کاهش خطوط عبوری [۴]



شکل ۸-۶۲: استفاده از فلش‌های راهنما برای مسیرهایی با کاهش خطوط عبوری [۶]

طول مسیر کاهش خط حرکتی (متر)	→	جهت حرکت
فاصله پرونیایی (بر حسب متر)	↗	فلش نشان دهنده کاهش خط حرکت
سرعت ۸۵ درصد آماری (در فواصل ۵ کیلومتر بر ساعت)		علائم عمودی

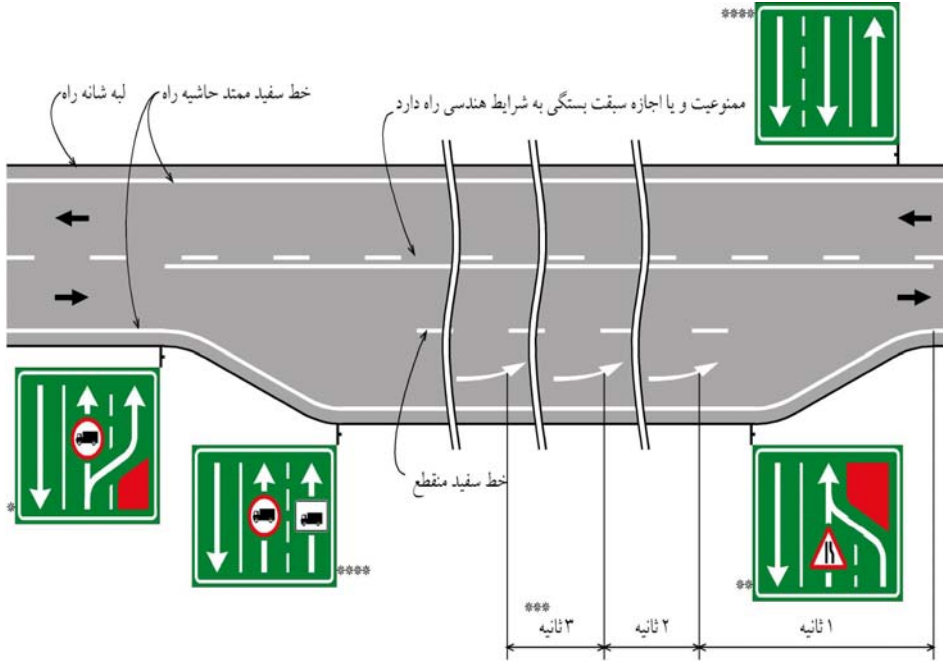
نکته: طول منطقه انتقالی (L) برای تمام بزرگراههایی با سرعت بیشتر از ۷۰ کیلومتر در ساعت از رابطه  $L=2/3(WS)$  بدست می‌آید. همچنین ممکن است از رابطه فوق، در مناطق شهری و سایر جاده‌هایی که سرعت وسایل نقلیه در آنها کمتر از ۶۵ کیلومتر در ساعت است، نیز استفاده شود.

#### ۸-۴-۲-۸-۴- سایر خط‌کشی‌ها

در شکل ۸-۶۳ نحوه خط‌کشی و علامتگذاری مسیر خروجی آزادراه نشان داده شده است. طول منطقه خروجی باید بین ۶۰ تا ۱۵۰ متر شامل مناطق ابتدایی و انتهایی به طول ۱۵ متر باشد. مسیر خروجی بیشتر از ۱۵۰ متر توصیه نمی‌شود [۷].

در شکل ۸-۶۴ کاربرد توأم خط‌کشی‌های راه، فلش‌ها و هم‌چنین تابلوهای عمودی در هدایت و راهنمایی وسایل نقلیه، و همچنین نحوه خط‌کشی و علامتگذاری برای انتقال

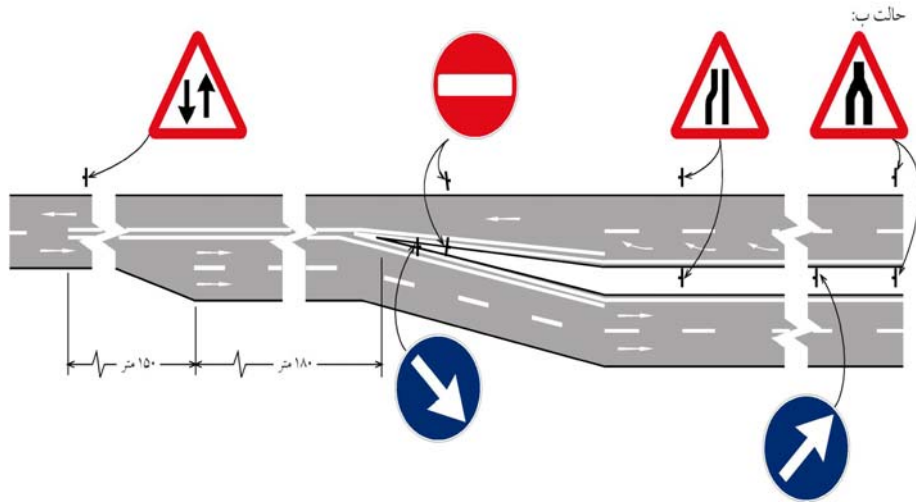
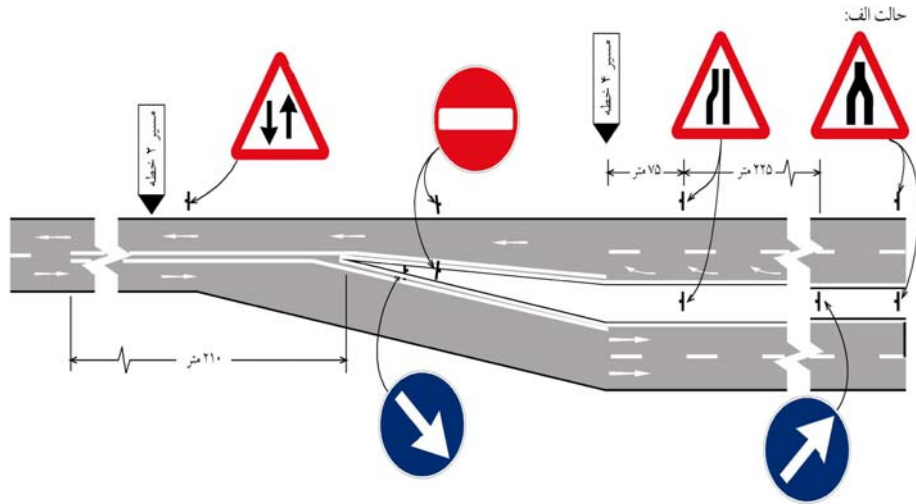
مسیرهای دو خطه به مسیر چهارخطه که بصورت دو بدو از هم جدا شده‌اند، نشان داده شده است.



- \*: تابلو در فواصل ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری قبل از اضافه شدن مسیر کندرو اعلام گردد.
- \*\* : تابلو در صورت امکان در فواصل ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری قبل از اضافه شدن مسیر کندرو اعلام شود.
- \*\*\*: فاصله با توجه به سرعت وسایل نقلیه محاسبه می‌شود.
- \*\*\*: بر حسب طول مسیر کندرو تابلوها در هر ۵۰۰ متر تکرار می‌شوند.

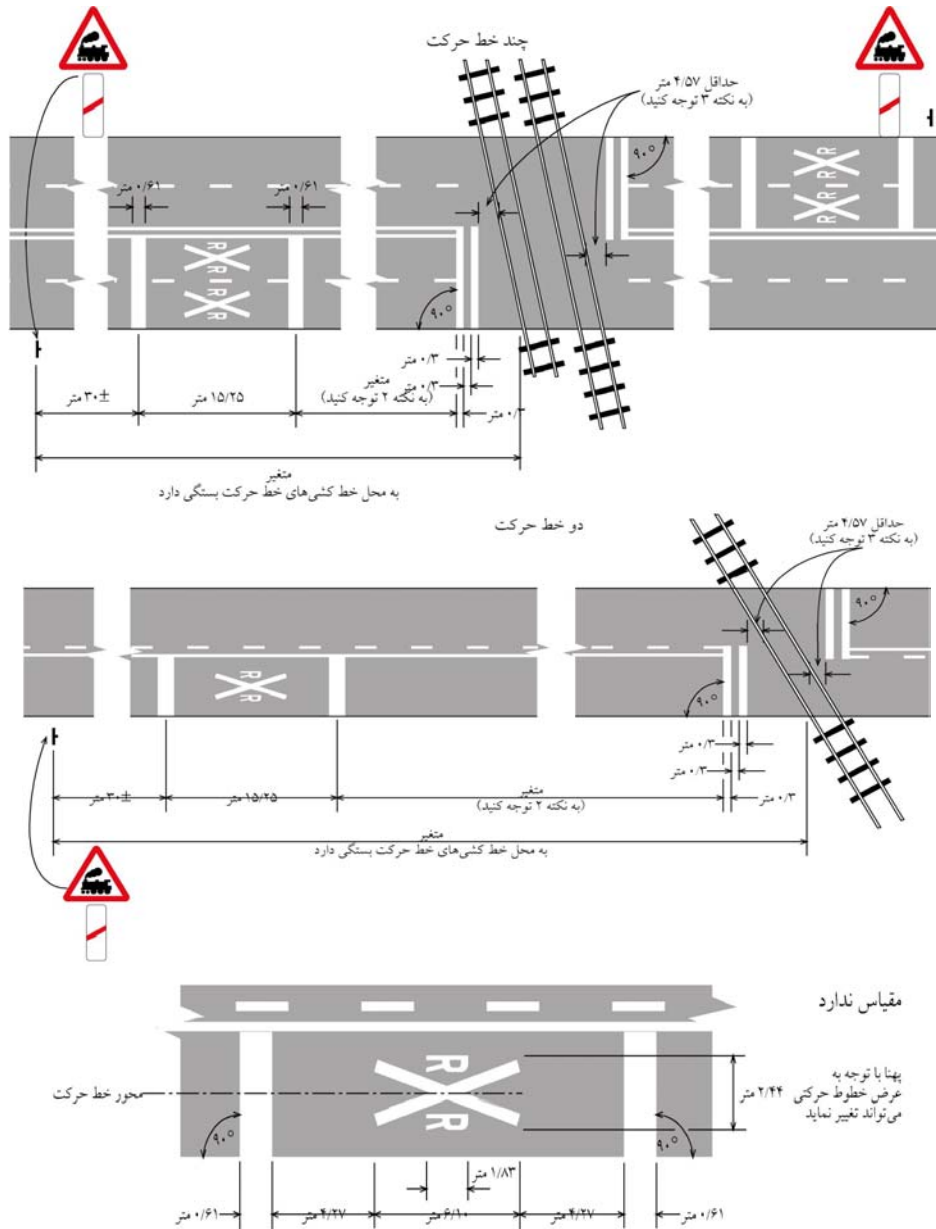
شکل ۸-۶۳: نحوه خط‌کشی و علامتگذاری مسیر خروجی<sup>۱</sup> آزادراه [۶]

1- Turnout



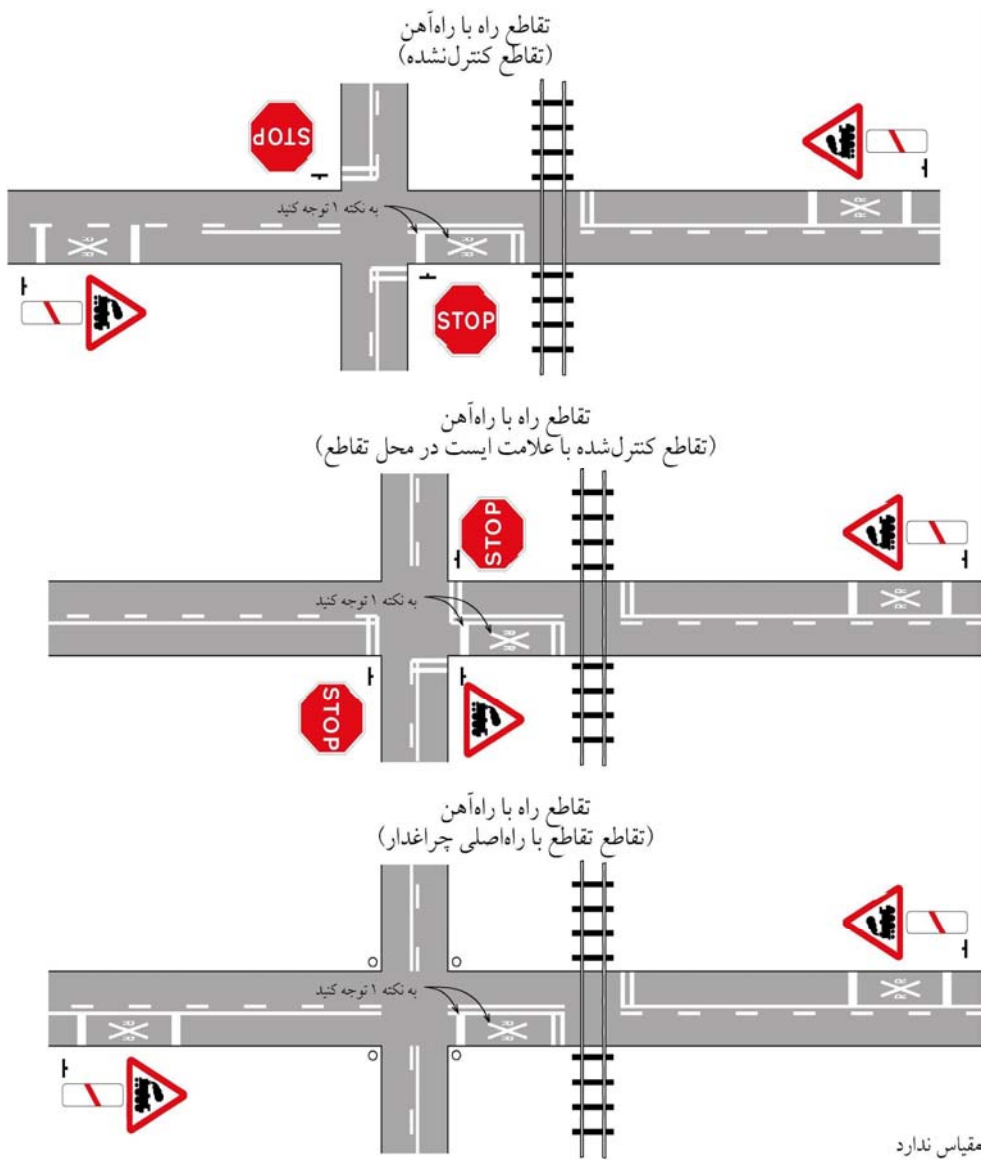
شکل ۸-۶۴: نحوه خط‌کشی و علامتگذاری برای انتقال مسیرهای دو خطه به مسیر چهارخطه که بصورت دو بدو از یکدیگر جدا شده‌اند [۵]

در شکل‌های ۸-۶۵ الی ۸-۶۶ کاربرد خط‌کشی‌ها و خط نوشته‌ها در تقاطع راه با راه آهن نشان داده شده است.



شکل ۸-۶۵: خط‌کشی تقاطع ریل راه‌آهن با جاده چند خطه [۵]

- ۱- خط‌کشی محور ممکن است تا محل تقاطع با ریل راه‌آهن ادامه داشته باشد.
- ۲- طول فاصله بستگی به سرعت نزدیک شدن و فاصله دید دارد، ولی در هر صورت این فاصله نباید کمتر از  $15/25$  متر باشد.

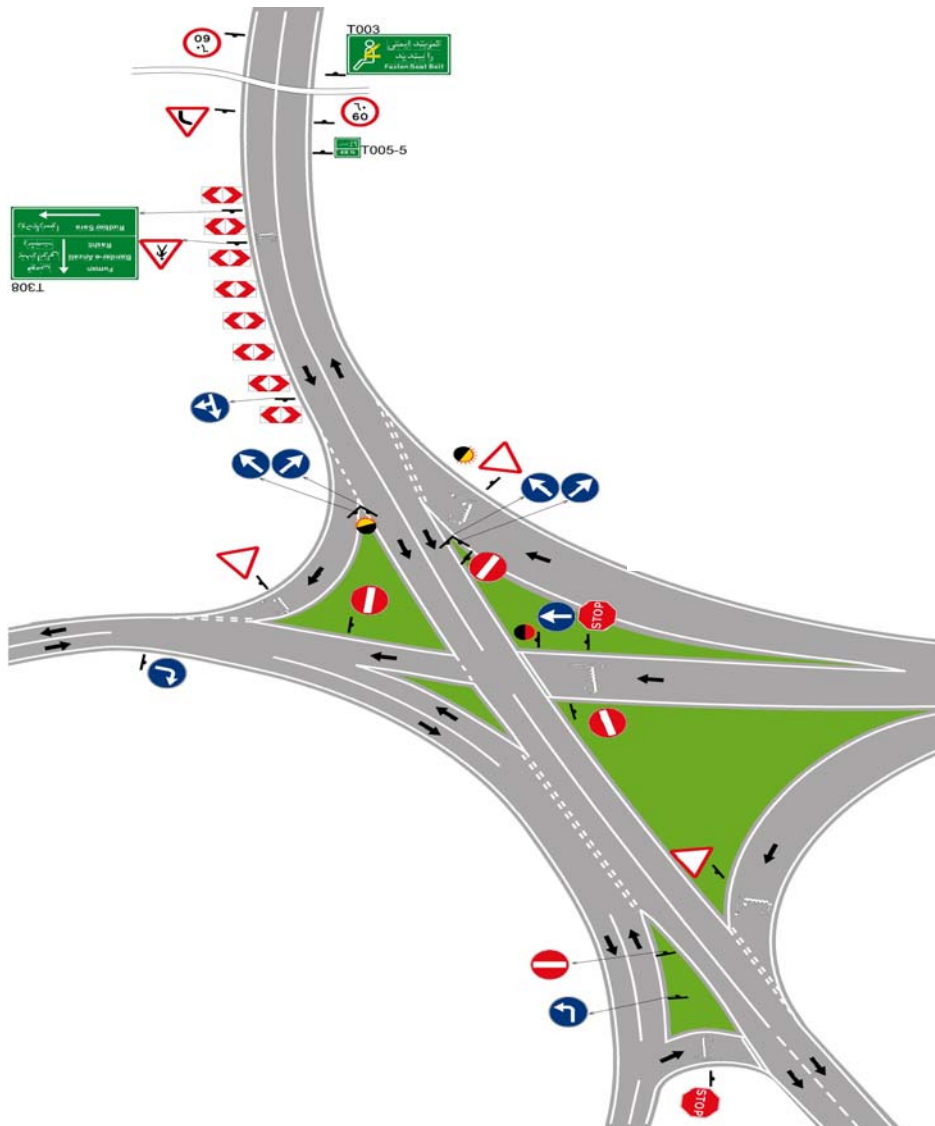


شکل ۸-۶۶: نمونه خط‌کشی تقاطع ریل راه‌آهن با جاده (نزدیک تقاطع‌های بزرگراه) [۵]

نکته ۱: چنانچه فاصله بین تقاطع و محل تلاقی راه‌آهن و قطار کمتر از ۱۵ متر باشد، نیازی به ترسیم این علائم نیست



در شکل ۸-۶۷: نمونه خط‌کشی، خط نوشته‌ها و کاربرد آنها، در تقاطع‌های غیر هم‌سطح نشان داده شده است.



شکل ۸-۶۷: نمونه کاربرد خط‌کشی‌ها، فلش‌ها و علائم عمودی در علامتگذاری جاده‌ها (استان گیلان)

## ۸-۵- مراجع

۱. نشریه شماره ۳-۲۶۷ (علائم ایمنی راه): "آئین نامه ایمنی راهها"، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور فنی، و وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده حمل و نقل، فصل پنجم ۱۳۸۴.
۲. "کنفرانس سازمان ملل متحد درباره ترافیک راهها"، کنوانسیون راجع به علائم راهها، وزارت راه و ترابری، تهیه و تنظیم: اداره کل ترافیک و نظارت بر امور حمل و نقل.
۳. "دستورالعمل اجرایی خط‌کشی راهها"، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، اداره کل ایمنی و حریم راهها، بهمن ماه ۱۳۸۴.
۴. نشریه آئین نامه علائم راههای ایران، فصل پنجم، خط‌کشی راهها، وزارت راه و ترابری ایران
5. **"Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways", Chapter 3., U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, 2003.**
6. **"Traffic Manual, Chapter 6 Markings", STATE OF CALIFORNIA BUSINESS, TRANSPORTATION AND HOUSING DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, September 2002.**
۷. "آئین نامه علائم سطحی"، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، (ویرایش اول)، پائیز ۱۳۸۱.







## فصل نهم

### دستورالعمل شیوه اجرا

#### مقدمه

یکی از عوامل موثر در تضمین کیفیت و کارایی یک خط‌کشی، نظارت بر اجرای صحیح آن است. عموماً نظارت و بازرسی باید در سه مرحله قبل، در حین و پس از اجرا صورت پذیرد. نظارت منطقه‌ای توسط ناظر مجرب یا افراد تعلیم دیده برای تضمین کیفیت خط‌کشی جاده لازم است. نظارت منطقه‌ای بر اجرای صحیح خط‌کشی را می‌توان به سه بخش جداگانه تقسیم کرد:

- **نظارت قبل از اجرا** شامل بررسی مواد مصرفی، ماشین‌آلات خط‌کشی، وضعیت سطح جاده، دمای هوا و دمای سطح جاده، پیش‌علامتگذاری و نظارت بر محور یابی است. نظارت قبل از اجرا برای تضمین چسبندگی مناسب بین خط‌کشی و سطح جاده مهم و ضروری است.
- **نظارت در حین اجرا** شامل نحوه کنترل ترافیک، دمای مواد خط‌کشی، ضخامت تر و ابعاد خط‌کشی، کنترل سرعت ماشین اجرا و میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای است.
- **نظارت پس از اجرا** شامل بررسی فام رنگی، ضخامت خط‌کشی پس از خشک شدن، میزان بازتاب نور برگشتی در شب و روز است.

این فصل از دستورالعمل شامل نکاتی مهمی است که در عقد قراردادهای اجرای خطکشی باید در نظر گرفته شوند و همچنین راهنمایی‌هایی برای ناظران خطکشی در زمینه چگونگی نظارت بر خطکشی در مراحل مختلف می‌باشد.

#### ۹-۱- توافقات قبل از اجرا

قبل از عقد قرارداد اجرای خطکشی باید امکانات تولیدی و فنی مواد اولیه و تعداد پرسنل مجرب اجرایی پیمانکار مورد بررسی قرار گیرد. هنگام عقد قرارداد اجرای خطکشی، باید موارد زیر مورد موافقت کارفرما و پیمانکار قرار گیرد:

- تاریخ تخمینی زمان اجرای خطکشی
- حجم عملیات
- نوع مواد مصرفی جهت خطکشی
- مشخصات فنی و میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای
- نوع دستگاه یا ماشین‌آلات خطکشی
- حداقل ضخامت خطکشی
- طول و عرض خطکشی
- تیپ خطکشی
- بازتاب نور برگشتی اولیه مورد نیاز یا میزان تغییر آن گذشت زمان
- میزان دوام یا ماندگاری مورد انتظار در یک فاصله زمانی معین
- نحوه کنترل ترافیک در حین اجرای خطکشی

#### ۹-۲- ارائه اسناد و مدارک مربوط به اجرای خطکشی

کنترل و نظارت بر اجرای عملیات خطکشی باید توسط نماینده یا نمایندگان از طرف کارفرما صورت پذیرد. برای نظارت بر خطکشی باید اسناد و مدارکی مبنی بر عقد قرارداد اجرا و مشخصات فنی مورد نظر، از طرف پیمانکار یا مجری در اختیار ناظر قرار

گیرد. به عبارت دیگر ناظر باید یک رونوشت از برگه مشخصات اجرایی مواد مصرفی، ماشین‌آلات و اطلاعات مربوط به عملیات خط‌کشی را در اختیار داشته باشد. این رونوشت مقدمتاً برای مستندسازی رخدادهایی است که در حین اجرای خط‌کشی اتفاق می‌افتد. از جمله این اطلاعات می‌توان موارد زیر را برشمرد:

- تاریخ اجرای خط‌کشی
  - مشخصات جاده
  - زمان شروع و خاتمه خط‌کشی
  - نقص‌های تجهیزات و مشکلات دیگر
  - شرکت سازنده رنگ
  - مقدار رنگ مورد نیاز و دانه‌های شیشه‌ای مصرفی
  - برخی خواص رنگ مصرفی از قبیل درصد جامد، وزن مخصوص، ویسکوزیته، مدت زمان خشک شدن و...
  - دمای اجرای خط‌کشی (در صورت نیاز)
  - دمای هوا و سطح جاده
  - پهنا و ضخامت خطوط
  - بازتاب نور برگشتی مورد نظر
- برای نظارت بر اجرای خط‌کشی بر حسب نوع رنگ (سرد، گرم و سایر مانند پلاستیک سرد)، ناظر موظف به نظارت بر اجرای عملیات خط‌کشی، طبق موارد ذکر شده در این فصل از راهنمای دستورالعمل، است.

### ۹-۳- اجرا، حفظ و نگهداری و برداشتن رنگ سرد [۱]

دستگاه‌ها، تجهیزات اجرا و روش کار تأثیر زیادی بر عملکرد نهایی خط‌کشی‌های انجام شده با رنگ سرد دارد. از جمله مهمترین موارد می‌توان به سازگاری مواد و



تجهیزات، تعداد افراد و ظرفیت عملیات اجرایی، ایمنی افراد و کنترل ترافیک در حین انجام عملیات اجرا اشاره کرد.

با وجود اینکه نوع مواد مصرفی باید نوع تجهیزات اجرا را تعیین کند، ولی در عمل معمولاً خلاف این واقعیت رخ می‌دهد. بدین معنی که غالباً بر اساس قابلیت‌های دستگاه‌ها و تجهیزات موجود، مواد انتخاب می‌شوند. یکی از دلایل مخالفت برخی پیمانکاران در استفاده از مواد جدید محدودیت ماشین‌آلات اجرایی آنهاست. به عنوان مثال ممکن است برای یک پروژه خاص یک رنگ سرد سریع خشک شونده با روش اجرای گرم، مقرون به صرفه، بادوام و مناسب باشد. ولیکن تجهیزات و ماشین‌آلات شرکت مجری فقط با رنگ‌هایی که به روش سرد اجرا می‌شوند، سازگار باشد و برای تهیه ماشین‌آلات جدید یا قرارداد با پیمانکار باید متقبل هزینه‌های گزافی شود. در چنین مواردی باید بر اساس میزان اهمیت و تاثیر عوامل موثر در عملکرد نهایی خط‌کشی‌ها تصمیم‌گیری شود.

### ۹-۳-۱- ماشین‌آلات و تجهیزات اجرای رنگ سرد

خط‌کشی سرد را می‌توان با ماشین‌آلات گوناگونی اجرا کرد. انتخاب ماشین‌آلات مناسب به مسافت خط‌کشی، نوع رویه جاده و تیپ خط‌کشی‌ها بستگی دارد. معمولاً ماشین‌های ویژه اجرای رنگ سرد به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

الف) ماشین‌های کوچک خود رونده<sup>۱</sup> که ماشین‌هایی با ظرفیت مواد بسیار کم و قابل کنترل و عمدتاً دستی هستند.

ب) ماشین‌های بزرگ، سنگین و مجهز به امکانات لازم جهت اجرای چند خط همزمان.

ماشین‌های کوچک خط‌کشی عموماً برای خط‌کشی‌های عرضی، پیاده‌روها، نقوش و خط‌نوشته‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. ماشین‌آلات خط‌کشی صنعتی از ویژگی‌های متنوع و خاصی برخوردار می‌باشند. مثلاً یک نوع آن می‌تواند مجهز به مخزن تغذیه و یک موتور برای به حرکت در آوردن ماشین و راه انداختن کمپرسور هوا، مخزن رنگ و مخزن

1- Self-propelled

دانه‌های شیشه‌ای، پیستوله پاشش و توزیع‌کننده دانه‌های شیشه‌ای<sup>۱</sup> باشد. در برخی دیگر از ماشین‌های خط‌کشی، کمپرسور می‌تواند به صورت یک واحد مجزا باشد که با یک شیلنگ به پیستوله پاشش متصل شده است.

از ماشین‌های بزرگ خط‌کشی تقریباً همیشه برای اجرای خط‌کشی‌های طولی استفاده می‌شود. با وجود اینکه ممکن است ویژگی‌های ماشین‌های بزرگ با یکدیگر متفاوت باشد ولی اغلب ماشین‌های خط‌کشی باید از ویژگی‌های زیر برخوردار باشند:

- بستر<sup>۲</sup> آنها باید به اندازه کافی بزرگ بوده تا قادر به حمل کلیه تجهیزات مورد نیاز در خط‌کشی باشد.

- موتور آنها باید قدرت کافی برای ایجاد یک سرعت یکنواخت و ثابت را داشته باشد.

- پیستوله رنگ باید توانایی اجرای خط‌کشی‌های یکنواخت را داشته باشد.

- ماشین خط‌کش باید مجهز به لامپ‌ها یا روشنایی‌های اخطار دهنده باشد.

اگر در پشت ماشین خط‌کشی از ماشین دنباله‌رو<sup>۳</sup> استفاده نمی‌شود، باید حتماً صفحات پیکان‌دار<sup>۴</sup> بر روی ماشین خط‌کشی نصب گردد. در جلوی ماشین خط‌کشی، معمولاً وسیله‌ای<sup>۵</sup> مثل یک قالب برای هدایت اپراتور برای دنبال کردن هدفی روی جاده یا پیروی کردن از یک خط‌کشی قدیمی نصب می‌گردد. این وسیله باید قابلیت جمع شدن یا حرکت به عقب داشته باشد تا در صورت ناپیوسته بودن عملیات خط‌کشی یا زمانی که عملیات خط‌کشی تمام می‌شود، بالاتر از سطح جاده قرار گیرد و مشکلی برای خط‌کشی ایجاد نکند.

برای تغذیه رنگ سرد به پیستوله‌های پاشنده، از دو روش استفاده می‌شود. در روش اول، بشکه یا مخازن رنگ بالاتر از مخزن "تغذیه به ماشین خط‌کشی" قرار داده شده و رنگ توسط یک شیلنگ مجهز به یک شیر فلکه مستقیماً از مخزن به پیستوله پمپ می‌شود.

---

1- Bead Dispenser  
2- Bed  
3- Shadow vehicle  
4- Arrow Panels  
5- Caster

در روش دوم مخازن حاوی رنگ توسط پمپ‌های مکانیکی یا فشار هوا از شبکه‌ها یا تانکرها پر شده و سپس بر روی ماشین خط‌کشی نصب می‌شوند. در هر دو روش، برای جلوگیری از حضور آلاینده‌ها باید دستگاه مجهز به صافی‌های مخصوصی باشد که به راحتی قابل دسترس بوده و بتوان آنها را در دفعات مختلف تمیز کرد. صافی‌های اضافی باید در نزدیکی پیستوله پاشنده رنگ نصب شوند. شلنگ‌های ماشین خط‌کش نیز باید در برابر حلال‌های شوینده و حلال‌های مصرفی در رنگ مقاوم باشند.

ماشین خط‌کشی برای برخورداری از یک سرعت ثابت و یکنواخت، باید مجهز به یک سرعت‌سنج دقیق باشد. جهت نشان دادن مقدار رنگ مصرف شده، هر یک از مخازن حاوی رنگ بایستی مجهز به یک حجم‌سنج باشد.

سیستم فشار هوا، رنگ را در یک فشار معین به سمت پیستوله پاشش به حرکت در می‌آورد. مقدار فشار بر اساس مقدار رنگی که باید پاشش شود، تعیین می‌گردد. این سیستم هوا را با فشار کم به سمت جت نصب شده در نازل رنگ فراهم می‌آورد تا رنگ را اتمیزه کند. در دستگاه‌های توزیع‌کننده وزنی دانه‌های شیشه‌ای (یعنی دانه‌های شیشه‌ای بر اساس وزن بر روی سطح خط‌کشی اجرا می‌شوند)، جریان هوا دانه‌های شیشه‌ای را از مخزن به سمت توزیع‌کننده به حرکت در می‌آورد.

وقتی از رنگ سرد به روش پاشش گرم استفاده می‌شود، دانه‌های شیشه‌ای به صورت پنوماتیک اجرا می‌شوند. هوا در شیرهای کنترلی پیستوله رنگ مصرف می‌شود. برخی مجریان خط‌کشی از پاشش هوا یا هواپاشی<sup>۱</sup> در جلوی پیستوله رنگ استفاده می‌کنند تا تکه‌های رنگ‌های قدیمی که چسبندگی ضعیفی بر سطح آسفالت داشته و سایر آلاینده‌ها را از سطحی که قرار است خط‌کشی شود جدا کنند.

هوا از کمپرسوری که توسط یک موتور دیزلی یا گازوئیلی کار می‌کند، تغذیه می‌شود. منبع تغذیه هوا درون یک محافظ قرار داده شده و کل آن بر روی بستر نصب می‌شود. قدرت موتور باید با بار کمپرسور مطابقت داشته باشد. لازم به ذکر است که

---

1- Air Blast

استفاده از ابزار ایمنی برای خاموش کردن موتور در هنگام بروز حوادث ضروری است. هوای فشرده باید به یک سیستم تمیز کننده متصل باشد. منظور از سیستم تمیز کننده مخزنی حاوی حلال رنگ است که می‌تواند به خطوط انتقال رنگ و توسط شیرهای تغذیه به نازل‌ها مرتبط گردد. خطوط انتقال رنگ، نازل‌ها، صافی‌ها را باید بلافاصله پس از مصرف، پاک کرد. حلال تمیز کننده به بشکه یا مخزن موجود بر روی دستگاه خط‌کشی برگشت داده می‌شود.

پیستوله پاشش رنگ و توزیع کننده‌های دانه‌های شیشه‌ای بر روی حامل‌هایی<sup>۱</sup> در زیر بستر بارکش نصب می‌شوند. حامل می‌تواند توسط اپراتور پیستوله پاشنده از پهلو برداشته شود. در صورتی که انجام خط‌کشی خطوط کناره همزمان با خط‌کشی خطوط محوری مورد نظر باشد، باید از دو حامل استفاده شود.

زمان شروع به کار پیستوله پاشش رنگ و پیستوله اعمال کننده دانه‌های شیشه‌ای باید به گونه‌ای تعیین شود که اعمال دانه‌های شیشه‌ای پس از شروع به کار پیستوله پاشنده رنگ صورت گیرد. زمان شروع به کار پیستوله پاشش رنگ و پیستوله اعمال کننده‌های دانه‌های شیشه‌ای توسط یک زمان‌سنج کنترل می‌شود.

قبل از اجرا، گرم کردن رنگ سرد در ایجاد قوام و ویسکوزیته یکنواخت‌تر تحت تغییر شرایط دمایی و همچنین در کاهش زمان خشک شدن مؤثر است. دماهای پائین (تا حدود ۴۹ درجه سانتی‌گراد) را می‌توان با استفاده از یک مبدل حرارتی در مخزن تغذیه رنگ فراهم آورد. برای دستیابی به دماهای بالاتر باید از خطوط تغذیه دوجداره حاوی آب داغ استفاده کرد. معمولاً دمای بالاتر از ۸۲ درجه سانتی‌گراد نیاز به یک سیستم حرارت‌دهی خارجی است.

در ماشین‌های مختلف خط‌کشی، از مکانیزم‌های مختلفی برای حرارت‌دهی استفاده می‌شود. دقت و محدوده اندازه‌گیری دما نیز در ماشین‌های مختلف متفاوت است.

---

1- Carriage

● چک لیست بازرسی و کنترل قسمت های مختلف ماشین اسپری رنگ سرد

موارد و قسمت هایی از ماشین اسپری رنگ سرد که توسط اپراتور و ناظر باید کنترل

گردد، به شرح زیر می باشد:

-	شماره فایل:
-	شماره آزمون:
-	پیستوله (های) پاشش / شماره (های) سریال:
-	تغذیه مواد شامل:
	➤ روش
	➤ نوع
	➤ اندازه
	➤ محدوده تغذیه
	➤ حرارت دهی
-	مشخصات نازل (های) پیستوله شامل:
	➤ نوع
	➤ تنظیم ارتفاع
	➤ تغذیه هوا
	➤ فشارسنج
	➤ اندازه گیری دما

۹-۳-۲- پرسنل مورد نیاز برای اجرای رنگ سرد

رنگ های سرد سریع خشک شونده با اعمال حرارت جزئی اجرا می شوند و نیازی

به محافظت از تردد ندارند. ولی رنگ هایی که دیرتر خشک می شوند، برای جلوگیری از

آسیب دیدگی تا زمان خشک شدن کامل آنها، باید محافظت شوند. تعداد افراد مورد نیاز بر

اساس نوع و نحوه حفاظت تعیین می شود.

متداول‌ترین نحوه حفاظت از خط‌کشی‌های تازه ترسیم شده، استفاده از مخروط‌گذاری ترافیکی<sup>۱</sup> است. ماشین خط‌کش می‌تواند مجهز به یک وسیله کمکی برای قراردادن مخروط‌ها روی جاده باشد. افرادی که مخروط‌ها را در مکان مناسب خود قرار می‌دهند، می‌توانند از سکوی نصب شده در قسمت پشت یا پهلو ماشین خط‌کش استفاده کنند. در برخی از عملیات اجرایی، مخروط‌ها توسط یک باربر دنباله‌رو که مجهز به یک صفحه پیکان‌دار<sup>۲</sup> است، نصب می‌شوند. مثالی از نحوه قرارگیری مخروط‌ها در شکل ۹-۱ نشان داده شده است.



شکل ۹-۱: نحوه قرار دادن مخروط‌ها در اجرای رنگ سرد

پس از خشک شدن کافی خط‌کشی‌ها، برداشتن مخروط‌ها به روش‌های دستی و ماشینی انجام می‌شود. در حال حاضر ماشین‌هایی برای برداشتن مخروط‌ها به بازار عرضه شده‌اند که نصب و برداشتن مخروط‌ها را توسط یک چرخ بزرگ انجام می‌دهند. در صورت امکان استفاده از چنین ماشین‌هایی قطعاً علاوه بر حفظ ایمنی، تعداد افراد مورد نیاز برای اجرا نیز کاهش می‌یابد.

- 
- 1- Traffic Cones
  - 2- Arrow Board

برای مسیرهای پر تردد توصیه می‌شود که از یک یا دو باربر مجهز به صفحه پیکان‌نما پس از ماشین خط‌کش استفاده شود. این باربرهای دنباله‌رو با جهت دادن به خط‌کشی را از تردد حفظ می‌نمایند. در چنین مواردی برای حفاظت از کادر اجرا باید دقت و احتیاط بسیار زیادی به عمل آید.

عده افراد متناسب با اجرا بسته به نوع و حجم عملیات اجرا و قوانین راهنمایی و رانندگی هر بزرگراه یا آزادراهی متغیر است. اگر قرار است خط محوری، خط کناری و خطوط عبور ممنوع به طور همزمان اجرا شوند، به دو پیستوله پاشش نیاز خواهد بود. بنابراین با در نظر گرفتن این نکته که ماشین خط‌کشی یک راننده و یک کمک راننده داشته باشد، حداقل یک گروه چهار نفره مورد نیاز خواهد بود. بیشتر عملیات اجرایی به یک باربر مواد اولیه و یک اپراتور نیز نیاز دارد. در صورت نیاز به قرار گرفتن مخروطها، یک کارگر دیگر هم مورد نیاز است.

هماهنگ کننده گروه اجرایی، معمولاً ماشین خط‌کشی را دنبال می‌کند. جای قرار گرفتن مخروطها می‌بایست توسط باربر و دو یا سه کارگر دیگر مجدداً تنظیم گردد. در صورتی که از مخروطها استفاده نشود، برای حفاظت خط‌کشی باید از باربرهای خاصی که در فاصله ۱۵۰ متری ماشین خط‌کش قرار گرفته‌اند، استفاده شود. ساده‌ترین عملیات خط‌کشی علاوه بر ماشین خط‌کشی نیاز به حدود ۵ کارگر و دو ماشین باربر دارد. ساده‌ترین عملیات خط‌کشی علاوه بر ماشین خط‌کشی نیاز به حدود ۵ نفر کارگر و دو ماشین باربر دارد.

دستیابی به عملیات اجرایی کارا و کم هزینه، مستلزم برنامه‌ریزی و هماهنگی‌های قابل توجهی است. به دلیل اینکه عملیات خط‌کشی در استان‌های مختلف باید در فصول مشخصی انجام شود، خط‌کشی‌ها باید در روز و در صورت مناسب بودن شرایط از دمایی و رطوبتی انجام پذیرد.

بی توجهی به نکات مهم اجرایی، باعث کاهش کیفیت خط‌کشی، اتلاف مواد و صدمه دیدن ماشین‌آلات اجرا می‌شود.

## ۹-۳-۳- آماده‌سازی سطح روسازی [۲]

برای ایجاد چسبندگی مناسب، قبل از انجام عملیات خط‌کشی باید سطح روسازی (به ویژه رویه‌های بتنی) آماده‌سازی گردد. یکی از نکات مهم در فرایند اجرا، تمیز کردن سطح با یک روش مناسب است. روش‌های مختلف آماده‌سازی سطوح آسفالتی و بتنی عبارتند از:

- سایش مکانیکی<sup>۱</sup>
- هواپاشی<sup>۲</sup>
- شن‌پاشی<sup>۳</sup>
- سوزاندن
- آب‌پاشی<sup>۴</sup>
- حکاکی با اسید یا اسیدشویی<sup>۵</sup>
- برس سیمی<sup>۶</sup>

از بین روش‌های فوق، استفاده از برس سیمی بهترین و مناسب‌ترین روش شناخته شده است. کارکرد راحت، حصول نتیجه خوب روی سطوح ناهموار، عدم صدمه زدن به سطح و عدم محدودیت زمانی و برداشتن موثر یک لایه نازک از سطح جاده از ویژگی‌های آن می‌باشد. عموماً یک برس سیمی در جلوی پیستوله پاشنده خط محوری نصب شده و توسط مدار کنترل پیستوله پاشش کنترل می‌شود. بدین ترتیب پیستوله و برس به طور همزمان کار کرده و قطع می‌شوند.

فشار برس بر سطح جاده توسط یک رگلاتور یا تنظیم‌کننده هوا کنترل می‌شود. بهترین نتیجه وقتی حاصل می‌شود که برس در حداکثر سرعت (مثلاً ۶۰۰ دور بر دقیقه) کار کند. لازم به ذکر است که آماده‌سازی سطح برای رنگ‌های گرم مهمتر از رنگ‌های سرد است. زیرا رنگ‌های گرم به دلیل نداشتن حلال، به راحتی رنگ‌های پایه حلالی سطح را تر نمی‌کنند.

- 
- 1- Grinding
  - 2- Air Blasting
  - 3- Sand Blasting
  - 4- Hydroblasting
  - 5- Acid Etching
  - 6- Wire Brushing



### ۹-۳-۴- پیش‌علامت‌گذاری<sup>۱</sup> و محور یابی راه

عموماً پیش‌علامت‌گذاری یا محور یابی، قبل از اجرای خط‌کشی جدید روی سطح جاده ضروری است. روش مرسوم پیش‌علامت‌گذاری، استفاده از یک ریسمان یا تکه‌ای از نوار خط‌کشی روسازی و ایجاد نقطه‌هایی به طور تقریبی در هر ۱/۵ متر است. در صورتی که این عملیات همزمان با عبور ترافیک انجام گیرد، باید کارگرانی که مشغول عملیات پیش‌علامت‌گذاری هستند، توسط علائم هشدار دهنده و پرچم‌ها و گاهی بستن بخشی از مسیر، حفاظت شوند. روش دیگر، پیش‌علامت‌گذاری توسط یک ماشین خط‌کش کوچک با یک خط‌چکان<sup>۲</sup> است. با استفاده از ماشین خط‌کشی، می‌توان یک خط راهنما را جایگزین حداقل تعداد نقاط کنترلی کرد.

برای محور یابی (آکس‌یابی) روی سطوح جدید روسازی می‌توان مکان خط‌کشی روسازی روی سطح روبه‌های بدون خط‌کشی را طبق دستورالعمل شماره ۶۶۶،۴،۱ سازمان حمل‌ونقل تگزاس تعیین کرد [۳]. پیمانکار موظف به نصب راهنماهای جانبی است و باید بر طبق نقشه‌هایی که توسط کارشناس تنظیم شده است، عملیات خط‌کشی را اجرا کند. محل راهنماها باید قبل از خط‌کشی بررسی شده باشد و خط‌کشی در مسیر راهنماها انجام شود.

محور یابی یکی از حساس‌ترین مراحل انجام عملیات خط‌کشی در سطح راه می‌باشد که باید با دقت کامل انجام گیرد تا هم از نامتناسب بودن دو عرض راه جلوگیری شود و هم در تنظیم خطوط، پشت سر یکدیگر که خود راهنمای چشم راننده است، موثر باشد. نامنظم بودن خط محور ممکن است باعث خستگی چشم راننده‌ای شود که با سرعت حرکت می‌کند. در محور یابی راهها ممکن است به سه نوع سطح راه برخورد کرد:

- جاده‌های جدید و یا تازه آسفالت شده و دارای حاشیه‌های صاف و سالم و

عرض مساوی در تمام طول راه

1- Premarking

2- Dribble Line

- جاده‌های قدیمی که دارای کناره‌ای ناصاف هستند و یا در آنها نشانه یا اثری از خط‌کشی قبلی دیده نمی‌شود.
- جاده‌های قدیمی که خط‌کشی‌های قبلی در سطح جاده وجود دارد.
- جاده‌های جدید و یا تازه آسفالت شده و جاده‌های قدیمی بدون خط‌کشی نیازمند محورپایی جدید هستند. عملیات محورپایی در آزادراهها و بزرگراهها، باید با دوربین و وسایل نقشه‌برداری و با مبنا قرار دادن لبه آسفالت از سمت جزیره میانی و یا پایه جداکننده، صورت گیرد. نقطه‌گذاری در طول مسیر باید با فاصله ۴ متر از یکدیگر صورت پذیرد. در سایر محورها در صورت منظم بودن لبه آسفالت و در صورتی که دوربین و وسایل لازم در دسترس نباشد می‌توان با طناب و ریسمان بدون انعطاف، عملیات نقطه‌یابی و تقسیم معبر با حداقل فاصله نقطه‌گذاری ۴ متری را انجام داد [۳ و ۴]. بدین ترتیب که در یک جاده صاف دو نفر در هر ده قدم از طول راه عرض آنرا به وسیله یک متر اندازه‌گیری کنند و نفر سوم در وسط جاده نصف فاصله عرض راه را خوانده و علامتگذاری نماید. البته اگر عرض راه کاملاً صاف و یک اندازه باشد، می‌توان از یک طناب به اندازه عرض راه استفاده کرد که در وسط آن گره‌ای زده شده و هر ده قدم محل گره علامتگذاری شود. البته بهتر است در محل پیچ‌ها این ده قدم به پنج قدم تقلیل یابد. در این صورت محور به طور دقیق علامتگذاری می‌شود. چنانچه کناره‌های جاده ناصاف باشد، باید ابتدا نقاط شاخص تعیین و سپس عملیات تقسیم راه انجام شود. در چنین مسیرهایی، محورپایی باید بگونه‌ای انجام شود که ناصافی راه باعث انحراف پیش‌علامتگذاری از خط راست و موجی شدن خط‌کشی در طول مسیر نگردد.
- در جاده‌های قدیمی که خط‌کشی‌های قبلی هنوز در سطح راه وجود دارد، نیازی به انجام عملیات پیش‌علامتگذاری نیست.

لازم به ذکر است که در حین انجام هر گونه عملیات در راه می‌بایست ضوابط کتاب ایمنی در عملیات اجرایی و کنترل ترافیک راهها رعایت گردد [۵].

#### ۹-۳-۵- اندازه‌گیری عمق بافت سطحی روسازی توسط روش پیچ شنی [۶]

نظر به اینکه برای تعیین میزان مصرف مواد و ضخامت آنها و بسیاری از ویژگی‌های خط‌کشی، عمق بافت سطحی جاده اهمیت دارد، این عمق باید قبل از اجرای خط‌کشی توسط پیمانکار تعیین گردد. روش اندازه‌گیری عمق بافت سطحی روسازی به روش پیچ شنی در فصل سوم این راهنما، بند ۳-۶-۱-۵ شرح داده شده است.

#### ۹-۳-۶- برنامه زمان‌بندی اجرای خط‌کشی با رنگ سرد

حفظ و نگهداری ایمنی راه مستلزم وجود خط‌کشی دائمی در راه و خط‌کشی مجدد در بخش‌هایی است که خط‌کشی راه از بین رفته است. زمان‌بندی برای اجرای خط‌کشی مجدد بستگی به میزان کاهش بازتاب نور برگشتی، کاهش تباین یا کنتراست و میزان فرسایش خط‌کشی دارد. در دسترس بودن مواد، تجهیزات و گروه اجرایی نیز حائز اهمیت است. بنابراین برای زمان‌بندی صحیح و مناسب باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

- مواد باید انتخاب، خریداری و انبار شود.
  - تجهیزات و ماشین‌آلات باید سرویس شده و از کارکرد صحیح آنها اطمینان حاصل گردد.
  - باید کادری مجرب در اختیار باشد تا برنامه اجرا در زمان معین انجام شود.
- با فرض موجود بودن مواد و تجهیزات و کادر مجرب، تعیین زمان خط‌کشی مجدد به دو فاکتور **شرایط ترافیکی** (نوع و میزان ترافیک روزانه) و **شرایط آب و هوایی** بستگی خواهد داشت. الگوی آب و هوایی هر منطقه تا حد زیادی، دوره زمانی در دسترس برای حفظ و نگهداری خط‌کشی‌ها را تعیین می‌کند. مثلاً در مناطق برف‌گیر، خط‌کشی با رنگ سرد معمولاً به اواخر بهار، تابستان و اوایل پائیز محدود می‌شود.

زمانبندی عملیات خط‌کشی مجدد باید با سایر برنامه‌های عملیاتی وزارت راه و ترابری از قبیل برنامه بازسازی سطح راه‌ها و تغییر در الگوهای ترافیکی همخوانی داشته باشد. زیرا اگر اجرای خط‌کشی با از لحاظ زمانی با عملیات مذکور همخوانی نداشته باشد، خط‌کشی‌های اجرا شده باید از سطح برداشته شوند که این امر باعث اتلاف سرمایه و وقت می‌شود. البته لازم به ذکر است که نباید انجام عملیات خط‌کشی مجدد را به دلیل تغییر در سایر برنامه‌ها به تأخیر انداخت، به ویژه اگر خط‌کشی‌ها در یک مکان خطرناک به شدت آسیب دیده باشند. به تأخیر انداختن اجرای مجدد خط‌کشی‌ها فقط زمانی مجاز خواهد بود که عدم وجود مسیر نماهای کافی، ایمنی راه را به خطر نیندازد.

### ۹-۳-۷- برداشتن خط‌کشی‌های انجام شده با رنگ سرد [۷]

برای پاک کردن و برداشتن خط‌کشی‌های نامطلوب و قدیمی از روش‌های زیر

استفاده می‌شود:

- روش شیمیایی
- سایش مکانیکی
- جت آب با فشار زیاد
- سوزاندن با هوای داغ فشرده
- سوزاندن با اکسیژن اضافی
- هیدروپلاست (آب‌پاشی)
- سند بلاست (شن‌پاشی)

رنگبرهای شیمیایی را می‌توان به دو روش دستی یا ماشینی بر روی خط‌کشی‌هایی

که باید از سطح راه زدوده شوند، اعمال کرد. بر حسب دمای سطح روسازی، ۱۰ الی ۲۰ دقیقه زمان داده می‌شود تا رنگبر روی سطح عمل نماید (در هوای سرد نیاز به زمان بیشتری است). سپس مواد واکنش داده در سطح راه توسط آب با فشار ۳۴۰۰ تا ۱۷۰۰۰ کیلو پاسکال شستشو می‌شوند.

این روش را می‌توان برای هر دو نوع رویه آسفالتی و بتنی به کار برد. ولیکن اگر مواد رنگبر به مدتی طولانی بر روی سطح باقی بمانند و یا اگر فشار جت آب بیش از حد زیاد باشد ممکن است سطح رویه صدمه ببیند. کاربری این روش در دمای بالاتر از دمای انجماد آب محدود شده است و بیشتر برای خط‌کشی‌هایی به ضخامت ۲۵۰ الی ۵۰۰ میکرون مؤثر است.

برای برداشتن خط‌کشی با ضخامت زیاد رنگ سرد، باید از رنگبر دو یا سه بار استفاده کرد و به همین دلیل این فرآیند، ضمن زمانبر بودن، مقرون به صرفه هم نخواهد بود.

**سایش مکانیکی:** از این روش برای برداشتن خط‌کشی از هر دو رویه آسفالتی و بتنی استفاده می‌شود. با توجه به اینکه ضخامت خط‌کشی در این روش تأثیری بر میزان برداشتن ندارد، برای رنگ‌های گرم هم این روش مؤثر است. این روش کند و پرهزینه است و برای رویه‌های آسفالتی دانه درشت و زبر توصیه نمی‌شود.

**جت آب با فشار زیاد:** برای برداشتن خط‌کشی از سطح رویه‌های بتنی یک آب با فشار ۱۳/۷۰۰ الی ۲۰/۵۰۰ کیلو پاسکال مفید و مؤثر خواهد بود. حدود ۹۰ درصد خط‌کشی‌های موجود بر رویه‌های آسفالتی با این روش برداشته می‌شود. البته ممکن است آثار طرح خط‌کشی پس از برداشتن بر سطح باقی بماند. به کاربری این روش نیز ضمن محدود شدن به دماهای بالای دمای انجماد آب، ممکن است باعث جدا شدن اگرگیت‌های زبر از سطح آسفالت گردد. استفاده از روش جت آب در شرایط دمایی بالاتر از صفر درجه توصیه می‌شود.

**سوزاندن با هوای داغ فشرده:** در این روش، گازهای محترق ناشی از سوختن پروپان در جریانی از هوای فشرده پُر سرعت، در دمای بیش از ۱۳۱۵ درجه سانتیگراد بر روی سطح خط‌کشی مورد نظر پاشش شده و باعث اکسید شدن مواد خط‌کشی می‌گردند. برداشتن با این روش به خوبی انجام‌پذیر است، ولیکن برخی از مصالح روسازی از سطح رویه جدا می‌شوند.

بقایای رنگ و دانه‌های چسبیده به سطح را می‌توان با یک برس سیمی از روی سطح برداشت، ولی ممکن است که اثر و ردِ خط‌کشی تا چندین روز بخوبی قابل رویت باشد. قرارگیری در معرض شرایط جوئی و فرسایش ناشی از ترافیک، اثرات خط‌کشی قبلی روی روسازی را کم رنگ‌تر می‌کند، اگرچه ممکن است رد و اثر خط‌کشی پس از سه ماه هم قابل رویت باشد. در این روش نیز مانند سایر روشهای سوزاندنی، در صورت کند بودن سرعت حرکت دستگاه سوزاننده، ممکن است رویه آسفالتی و مواد بکار رفته در اتصالات رویه‌های بتنی صدمه ببینند.

**سوزاندن با اکسیژن اضافی:** در این سیستم، دو سر سوزاننده صاف و پهن در پشت یک ارابه ساده دستی نصب می‌گردد. اولین سوزاننده، شعله‌ای از پروپان و اکسیژن به سمت سطح روسازی در دمای ۲۷۶۰ الی ۳۸۰۰ درجه سانتیگراد را ایجاد می‌کند. دومین سوزاننده اکسیژن خالص را به سمت سطح مورد نظر هدایت می‌کند تا اکسیداسیون خط‌کشی تسریع شود. بهترین نتیجه بر روی لایه‌های نازک از رنگ سرد بدست می‌آید و خط‌کشی‌های با ضخامت بیش از ۵۰۰ میکرون معمولاً نیاز به بیش از یکبار عبور شعله دارند. رنگ سرد برداشته شده و بقایای دانه‌های شیشه‌ای به سطح روسازی می‌چسبند، و باید آنها را توسط یک برس سیمی از سطح زدود. پس از چند هفته قرار گرفتن سطح مذکور در معرض شرایط جوئی و فرسایش ترافیکی، معمولاً رد و اثر خط‌کشی دیگر قابل رویت نخواهند بود. در این روش سرعت برداشت، متناسب با ضخامت خط‌کشی است. مثلاً در هر دقیقه می‌توان ۲ الی ۵ متر از خط‌کشی اجرا شده با ضخامت ۵۰۰ میکرون را از سطح پاک کرد. برای رنگ‌های ضخیم‌تر، ممکن است بیش از یک بار عبور شعله مورد نیاز باشد. لازم به ذکر است بقایای خاکستر حاصل از سوخت باید از روی سطح جمع‌آوری شود، در غیر این صورت بقایای خاکستر سطح را می‌پوشانند و مانع از نفوذ شعله به خط‌کشی می‌شود.

**هیدروپلاست (آب‌پاشی):** در این روش از پاشش آب پرفشار همراه با پاشش شن استفاده می‌شود. پاشش یا بلاستینگ در فشار ۳۴۲۵۰ الی ۶۸۵۰۰ کیلو پاسکال انجام می‌شود. سرعت مصرف شن ۱۳۶ کیلوگرم در ساعت است. آب‌پاشی، رنگ سرد و دانه‌های

شیشه‌ای را از سطح رویه بتنی جدا می‌کند، بدون اینکه صدمه آشکاری به آن بزند و تنها یک لایه بسیار نازک سفید-طوسی باقی می‌ماند که با عبور ترافیک، در مدت کوتاهی دیگر اثری قابل مشاهده نخواهد بود. اثر این روش بر رویه‌های آسفالتی کمتر از رویه‌های بتنی است و در بعضی موارد ممکن است اگر یگات‌های سطح کنده شده و اثری را بوجود آورد که در شب یا نور کم هم قابل دید باشد. عملیات آب‌پاشی نیاز به آموزش نحوه استفاده از تجهیزات مربوطه داشته و در دماهای بالاتر از دمای انجماد آب نیز این روش کاربری دارد.

**سند بلاست (شن‌پاشی):** یکی از متداول‌ترین روش‌های برداشت خط‌کشی‌ها است. نتایج حاصل از این روش روی هر دو سطح آسفالتی و بتنی محدوده ضعیف تا عالی را در بردارد. در این روش مجری عملیات باید از مهارت کافی برخوردار بوده تا بدون صدمه زدن به سطح رویه، خط‌کشی را از سطح پاک کند. در رویه‌های آسفالتی دانه درشت نباید از روش شن‌پاشی استفاده کرد، زیرا برداشتن کامل خط‌کشی بدون آسیب وارد کردن به سطح روسازی مشکل است. این روش کند و نیاز به آموزش جهت اجرا دارد و بقایایی را بر جا می‌گذارد که باید حتماً در مرحله بعد تمیز شوند. در جدول ۹-۱ توصیه روش‌های مختلف برای برداشت انواع خط‌کشی‌ها نشان داده شده است.

جدول ۹-۱: توصیه روش‌های مختلف برای برداشتن انواع خط‌کشی‌های انجام شده با رنگ‌های مختلف [۱]

نوار فویل	نوار پلاستیک	اپوکسی	رنگ گرم	رنگ سرد	روش برداشت
بسیار کند	غیر مؤثر	خوب	کند	خوب	شن‌پاشی
غیر مؤثر	غیر مؤثر	خوب	کند	خوب	آب پُرفشار
غیر مؤثر	غیر مؤثر	خوب	کند	خوب	آب‌پاشی
غیر مؤثر	غیر مؤثر	خوب	خوب	خوب*	سایش مکانیکی
خوب	غیر مؤثر	غیر مؤثر	غیر مؤثر	فقط نازک	سوزاندن در اکسیژن اضافی
غیر مؤثر	غیر مؤثر	غیر مؤثر	غیر مؤثر	کند	مواد شیمیایی و رنگرها
غیر مؤثر	بسیار کند	کاربردی ندارد	بسیار کند	کاربردی ندارد	برداشتن دستی

\* آثار زیادی بر سطح روسازی ایجاد می‌نماید.

پوشاندن خط‌کشی‌های غیرصحيح با رنگ سياه يا محلول‌های قيری توسط MUTCD ممنوع شده است [۸]. اين روش نامناسب است، زیرا با فرسایش رنگ سياه، به مرور زمان خط‌کشی اصلی نمایان می‌شود. علاوه بر اين، خط‌کشی‌هایی که با اين روش پوشانده می‌شوند در بعضی شرايط (زوایای تابشی کوچک) و به دليل تباین موجود بين سطح خط‌کشی رنگ شده و سطح جاده هنوز هم قابل رویت می‌باشند.

بهترین روش برای برداشتن خط‌کشی‌های ناصحيح، روشی است که کمترین تأثیر سوء را بر سطح جاده داشته باشد. به عبارتی به مصالح بکار رفته در سطح رویه و بافت سطحی آسفالت آسیب نرساند.

از آنجا که رنگبرها ممکن است به سطح روسازی صدمه بزنند یا کانال‌های زهکشی (مسیرهای تجمع یا عبور آب) را ایجاد نمایند، چندان مطلوب نمی‌باشند. سایش مکانیکی نیز به دليل ایجاد برخی آثار نامطلوب بر سطح روسازی به طور صد در صد مطلوب نیستند. بنابراین روش شن‌پاشی به عنوان بهترین روش توصیه می‌شود. روش شن‌پاشی به ویژه برای رویه‌های زبر و متخلخل بسیار موثر است. اين روش آسیب اندکی به سطح وارد کرده و آثار باقی مانده از آن نیز قابل اغماض است. البته پس از انجام عملیات شن‌پاشی جهت جلوگیری از خطرات ترافیکی حتماً باید شن‌های موجود در سطح زدوده شوند.

### ۹-۳-۸- بازرسی

برای اجرای صحيح خط‌کشی، باید در مکان اجرا بازرسی‌ها و نظارت‌های لازم صورت گیرد. استفاده از مشخصات فنی اجرایی تا حدی به بازرس یا ناظر کمک می‌نماید. برای اين منظور باید عملیات بازرسی در سه مرحله انجام گردد:

- قبل از اجرا
- در حین اجرا
- پس از اجرا



## ۹-۳-۸-۱- بازرسی قبل از اجرا

- قبل از شروع عملیات خط‌کشی، بازرس باید موارد زیر را بررسی و کنترل کند.
- مواد مصرفی باید دارای مجوز پذیرش اسناد مناقصه مربوطه باشد یا باید کیفیت آن توسط یک موسسه معتبر مورد قبول وزارت راه و ترابری تضمین شده باشد.
  - رویه راه در نظر گرفته شده جهت خط‌کشی باید از شرایط و وضعیت مناسبی برخوردار باشد تا بتوان مواد خط‌کشی را روی آن اعمال کرد. رنگ‌های اپوکسی دو جزئی را می‌توان بر روی رویه‌های آسیب دیده و یا در دماهای پائین هم اجرا کرد. ولیکن نباید آنها را بر روی خط‌کشی‌های قدیمی اجرا کرد. مواد در نظر گرفته شده برای خط‌کشی، شرایط لازم را در رویه راه تعیین می‌کنند. تمیز و خشک بودن سطح راه بسیار حائز اهمیت است. اگر قرار است خط‌کشی در صبح زود انجام شود، حتماً باید میزان رطوبت سطح رویه اندازه‌گیری شود. لازم به ذکر است که قبل از تکمیل بازرسی‌های مذکور نباید هیچ گونه عملیات خط‌کشی انجام پذیرد. به عبارت دیگر عملیات خط‌کشی حتماً باید تا حصول اطمینان کامل توسط بازرس به تأخیر افتد.
  - رطوبت سطح باید تعیین گردد. وجود رطوبت و نم بر روی سطح روسازی قبل از اجرای خط‌کشی تاثیر منفی بر چسبندگی بین خط‌کشی و سطح روسازی دارد. وجود رطوبت بر روی سطح روسازی باید در هر زمان که شرایط مشکوک به نظر می‌رسد، بررسی شود. ارزیابی وجود رطوبت روی سطح طبق یکی از دو روش زیر صورت می‌گیرد [۲]:
۱. روش اول: یک ورقه پلاستیکی مربع شکل در ابعاد  $30 \times 30$  سانتیمتر بر روی سطح روسازی قرار داده شده و برای چسباندن لبه‌های آن از نوار چسب استفاده می‌شود. تقریباً پس از ۱۵ دقیقه می‌توان حباب‌های آب را در داخل ورقه پلاستیکی بررسی کرد. اگر حباب آب موجود در زیر

سطح پلاستیکی بزرگتر از اندازه یک مداد پاک‌ن باشد، در آن صورت سطح روسازی شامل مقادیر اضافی و بیش از حد معمول، آب است. در چنین شرایطی باید عملیات خط‌کشی را تا زمانی که سطح روسازی به اندازه کافی خشک شده و حباب‌های بزرگ در زیر پلاستیک تشکیل نشود، به تعویق انداخت.

۲. روش دوم: ورقه نمدی<sup>۱</sup> مربع شکل در اندازه ۳۰×۳۰ سانتیمتر را روی آسفالت قرار داده تا خط‌کشی گرم مستقیماً بر روی آن اجرا گردد. تقریباً پس از ۱۰ ثانیه که مواد سرد شد، ورقه جامد را برداشته و رطوبت زیر آن بررسی می‌گردد. اگر حباب‌های آب به اندازه بزرگتر از یک مداد پاک‌ن در زیر ورق نمدی وجود داشته باشد، در آن صورت رطوبت سطح زیاد است. در چنین شرایطی باید به پیمانکار اطلاع داده شود تا عملیات خط‌کشی را تا خشک شدن کامل روسازی تا حدی که از ایجاد حباب‌های بزرگ رطوبت جلوگیری گردد به تعویق انداخته شود.

- دمای هوا و دمای سطح روسازی باید با دماهای قید شده جهت اجرای هر نوع ماده خط‌کشی مطابقت داشته باشد. در هر حال، شرایط واقعی باید با توصیه‌های سازنده مواد مطابقت داشته باشد. خط‌کشی باید در فاصله زمانی بین ۱۰ صبح تا ۳ بعد از ظهر انجام شود یا در زمانی که دمای سطح جاده حداقل ۳ درجه سانتی‌گراد بالاتر از نقطه شبنم هوا و در محدوده بین ۱۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داشته باشد. در جدول ۹-۲ محدوده‌های دمایی مناسب برای دو نوع رنگ سرد نشان داده شده است. اگر هر یک از دماهای مورد بررسی خارج از محدوده توصیه شده توسط سازندگان مواد مصرفی باشد، باید عملیات خط‌کشی به تعویق افتد.

البته این پیشنهادها عمومی است و بهتر است که در هر مورد توصیه‌های سازندگان مواد برای اجرای خط‌کشی در نظر گرفته شود.

1- Felt Paper

جدول ۹-۲: ویژگی‌های اجرایی رنگ‌های ترافیکی سرد معمولی

نوع رنگ	دما بر حسب درجه سانتیگراد		ضخامت (میکرون)	زمان خشک شدن ترافیکی (دقیقه)
	سطح روسازی	هوا		
الکید یا الکید اصلاح شده	بیشتر از ۱۰ (حداکثر ۵۰)	بیشتر از ۱۰ (حداکثر ۳۵)	۳۷۵	۱۵
الکید- کلروکائوچو	۳۰-۱۳	۳۰-۱۳	۳۷۵	۱۰

- میزان رطوبت نسبی محیط بگونه‌ای باشد که اختلاف دمای سطح روسازی با نقطه شبنم هوا حداقل ۳ درجه سانتی‌گراد باشد. حداکثر رطوبت نسبی جهت اجرای خط‌کشی ۸۵ درصد است. توصیه می‌شود حداقل تفاوت بین دمای سطح روسازی و دمای هوا ۳ الی ۵ درجه سانتیگراد یا بیشتر باشد. دمای مناسب سطح و هوا برای اجرای رنگ‌های پایه آبی ۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد [۹].
- حداکثر سرعت باد باید کمتر از ۱۰ متر بر ثانیه باشد.
- پیش علامتگذاری باید مناسب باشد تا اپراتور ماشین باربر بتواند خط‌کشی را در جهت در نظر گرفته شده بطور صحیح اجرا کند. پهنای علائم یا خطوط باید کمتر از ۷/۵ میلی‌متر باشد تا به هنگام اجرای خط‌کشی اصلی آنها به طور کامل پوشانده شوند.

#### ۹-۳-۸-۲- بازرسی‌های در حین اجرا

- بازرس موظف است موارد نامبرده در زیر را در حین اجرای خط‌کشی بررسی کند.
- قرار گرفتن در معرض ترافیک بایستی در کمترین حد باشد. نصب مخروط یا سایر تجهیزات ایمنی باید بگونه‌ای باشد که هم برای کارگران در حال کار و هم برای خط‌کشی‌های تازه انجام شده حفاظت مناسب را فراهم آورد.

- محافظت از خط‌کشی‌های تازه اجرا شده در زمان خشک شدن ترافیکی ضروری است. خشک شدن ترافیکی برای دو نوع متداول رنگ سرد در جدول ۸-۲ آورده شده است. این مقادیر ممکن است بر اساس فرمولاسیون یک ماده خاص کمی تغییر کند. به همین جهت برای تعیین زمان خشک شدن ترافیکی هر رنگ باید به زمان توصیه شده توسط تولید کننده رنگ توجه شود.
- برای انجام آزمون تعیین سرعت اعمال دانه‌های شیشه‌ای، کیسه‌هایی بر روی دهانه توزیع کننده دانه‌های شیشه‌ای قرار داده می‌شود و ماشین خط‌کشی فاصله معینی را در سرعت متعارف خط‌کشی طی می‌کند. سپس دانه‌های جمع شده در کیسه‌ها وزن شده و سرعت اجرا یا سرعت اعمال محاسبه می‌شود. برای تعیین سرعت اجرای رنگ و دانه‌های شیشه‌ای می‌توان از ضمیمه C استاندارد EN 1824 استفاده کرد [۱۰]. عیار و حد قابل قبول سرعت اجرای خط‌کشی، می‌تواند با توافق مجری و کارفرما تعیین شود. برای مثال، اگر سرعت اجرای خط‌کشی بیش از ۱۰ درصد از سرعت میانگین اجرا انحراف داشته باشد، یا اگر سرعت متوسط اعمال بیش از ۱۵ یا ۱۰ درصد با سرعت اجرای ارائه شده در برگه مشخصات فنی ماده تفاوت داشته باشد، اجرا مورد قبول واقع نمی‌شود.
- دمای اجرای مواد باید در محدوده دمای توصیه شده توسط سازنده ماده خط‌کشی مورد نظر باشد.
- بازرسی دستورالعمل حمل و نقل و تجهیزات ایمنی بسیار حیاتی و ضروری است. جابجایی و مصرف بسیاری از رنگ‌ها مانند پلی‌استرها به دلیل دارا بودن حلال‌های خطرناک نیازمند توجهی خاص است تا خطرات ناشی از تماس با آنها به حداقل رسد.
- ناظر باید ضخامت فیلم تر و وزن دانه‌های شیشه‌ای را کنترل نماید. برای رسیدن به ضخامت صحیح در اجرای خط‌کشی (مطابق شکل ۹-۲)، باید کاغذ

مخصوصی<sup>۱</sup> را در مسیر خط‌کشی روی سطح جاده گذاشته و سپس یک صفحه فلزی با ابعاد  $30 \times 30$  سانتیمتر و ضخامت  $1/5$  میلیمتر، روی کاغذ و قرار داد.

بلافاصله پس از اجرای خط‌کشی آزمایشی، ضخامت فیلم با ضخامت‌سنج مخصوص فیلم تر اندازه‌گیری می‌شود. در صورت نامناسب بودن ضخامت باید، فشار اسپری تا رسیدن به ضخامت مورد نظر تنظیم گردد. برای جلوگیری از بروز خطا، تنظیم ضخامت خط‌کشی باید بدون دانه‌های شیشه‌ای انجام شود. پس از تنظیم ضخامت فیلم تر، یک خط آزمایشی بر روی صفحه فلزی اجرا شده و بلافاصله وزن می‌گردد. برای تعیین میزان مصرف دانه‌های شیشه‌ای، وزن یک خط از رنگ در ابعاد  $10 \times 30$  سانتی‌متر بدون دانه‌های شیشه‌ای به استفاده از رابطه ۹-۱ محاسبه می‌شود<sup>۲</sup> [۱۱]:

$$W = 0.280 \times t \times g \quad (1-9)$$

$W$  وزن خط رنگ بر حسب گرم،  $t$  ضخامت خط‌کشی بر حسب میکرون و  $g$

دانسیته بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب



شکل ۹-۲: نحوه قرارگیری صفحه مخصوص اندازه‌گیری ضخامت فیلم رنگ در خط‌کشی [۱۱]

1- Roofing Paper

۲- رابطه (۱-۹) معادل فرمول  $W = 0.0943 \times t \times g$  در استاندارد ASTM D 713 می‌باشد که پس از تبدیل واحدها در سیستم SI، بدست آمده است.

سپس یک خط آزمایشی دیگر همراه با افزودن دانه‌های شیشه‌ای توسط دستگاه خط‌کشی بر روی صفحه مورد نظر اعمال و بلافاصله وزن می‌گردد. اختلاف وزن بین دو اندازه‌گیری متوالی، مقدار دانه‌های شیشه‌ای مصرفی روی صفحه را نشان می‌دهد. وزن دانه‌های شیشه‌ای اعمال شده را می‌توان از رابطه ۹-۲ محاسبه کرد<sup>۱</sup> [۱۲]:

$$W = 0.169 \times B \quad (9-2)$$

W وزن دانه‌های شیشه‌ای بر حسب گرم و B دانسیته دانه‌های شیشه‌ای بر حسب پوند در هر گالن از رنگ سرد

- برای تعیین ضخامت تر یا فیلم خشک نشده، باید یک نوار مجزا در مسیر اجرای خط‌کشی قرار داده شده و ضخامت توسط یک ضخامت‌سنج یا میکرومتر بر روی نوار اندازه‌گیری شود. ضخامت تر در نظر گرفته برای رنگ سرد باید حداقل ۶۰۰ میکرون باشد.
- دمای اجرا مواد باید در محدوده دمایی توصیه شده توسط سازنده ماده خط‌کشی مورد نظر باشد.
- بازرسی دستورالعمل حمل و نقل و تجهیزات ایمنی بسیار حیاتی و ضروری است. جابجایی و مصرف بسیاری از رنگ‌ها مانند پلی‌استرها به دلیل دارا بودن حلال‌های خطرناک نیازمند توجیهی خاص است تا خطرات ناشی از تماس با آنها به حداقل رسد.

### ۹-۳-۸-۳- بازرسی‌های پس از اجرا

- پس از پایان عملیات خط‌کشی، موارد زیر جهت تایید روش اجرا باید بررسی شوند:
- فام رنگی نمونه باید با یک نمونه واقعی استاندارد شده مقایسه شود، و همچنین محورهای رنگی خط‌کشی با استفاده از یک دستگاه کالریتر تعیین

۱- رابطه (۹-۲) معادل  $W = 1/418 \times B$  در استاندارد ASTM D 713 می‌باشد که پس از تبدیل واحدها در سیستم SI، بدست آمده است.

شود. مشخصات رنگ باید با موارد قید شده در بند ۳-۴-۲۰ فصل سوم (مربوط به رنگ سرد) مطابقت داشته باشد.

- بازتاب نور برگشتی (RL و Qd) خط‌کشی‌ها باید بر اساس استاندارد EN 1436، توسط یک بازتاب‌سنج نور برگشتی<sup>۱</sup> در هندسه ۳۰ متر تعیین گردد [۱۳]. ضریب روشنایی بازتاب نور برگشتی، RL را می‌توان برای هندسه ۱۵ متری مطابق ASTM E 1743 و برای هندسه ۳۰ متری مطابق ASTM E 1710 نیز تعیین کرد. اگر میزان بازتاب نور برگشتی، کمتر از مقادیر ذکر شده در جدول ۲-۱۶ فصل دوم راهنمای دستورالعمل باشد، باید اصلاحات مربوطه صورت گیرد.

در جاده‌هایی که علائم برجسته در کنار خط‌کشی‌ها نصب شده‌اند و یا روشنایی محیط مناسب است، بازتاب نور برگشتی کمتر از مقادیر مذکور نیز قابل قبول است. باید محل‌هایی برای اندازه‌گیری میزان بازتاب نور برگشتی انتخاب شوند که دید خطوط در هنگام شب در آنها کمتر است. البته این مناطق در بازرسی شبانه‌گاهی مشخص می‌شوند. قابل توجه است که بازتاب نور برگشتی تنها یکی از فاکتورهای است که برای تعیین خط‌کشی مجدد باید در نظر گرفته شود.

- فاکتور روشنایی  $\beta$  باید بر اساس ضمیمه C استاندارد EN 1436 تعیین شود. حداقل مقادیر قابل قبول فاکتور روشنایی  $\beta$  در جدول ۳-۳ راهنمای دستورالعمل آورده شده است [۱۳].

لازم به ذکر است که در برخی از فصول سال به علت وجود آب، گرد و غبار و گل و لای در جاده، این میزان روشنایی به دست نمی‌آید. حداقل میزان روشنایی خط‌کشی با فام‌های سفید و زرد بر اساس عمق بافت به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود [۶]:

$$\beta \geq 50 : B4 \dots \text{سفید} \\ (\text{ضخامت و عمق بافت } < 2 \text{ میلی‌متر})$$

خط‌کشی با فام سفید...B3:  $\beta \geq 40$

(ضخامت و عمق بافت  $\geq 2$  میلی‌متر)

خط‌کشی با فام زرد...B2:  $\beta \geq 30$

اگر عمق بافت سطحی جاده بیش از ۲ میلی‌متر باشد، تعیین روشنایی خط‌کشی‌ها مشکل خواهد بود. در چنین مواردی فاکتور روشنایی خطوط با فام سفید از B4 به B3 کاهش می‌یابد. همچنین فاکتور روشنایی خط‌کشی‌های با فام زرد برای تمام بافت‌های جاده باید از درجه B2 باشد.

اندازه‌گیری فاکتور روشنایی سطوح بسیار زبر با عمق بافت بیش از ۴/۵ میلی‌متر ممکن است مشکل باشد. در این حالت پیمانکار در طی اجرای خط‌کشی باید از آزمون صفحه استفاده کند. بدین ترتیب که یک صفحه از جنس فولاد گالوانیزه تمیز با ابعاد  $0/2 \times 1$  متر را در مسیر دستگاه خط‌کشی قرار داده تا طولی از مواد خط‌کشی به عنوان نمونه روی آن ریخته شود. سپس نمونه به آزمایشگاه فرستاده می‌شود تا فاکتور روشنایی آن تعیین گردد. در چنین شرایطی باید حداقل  $\beta$  برای نمونه با فام سفید، ۶۵ و برای نمونه با فام زرد، بیش از ۴۵ باشد. این آزمون را با تهیه سه نمونه از هر یک کیلومتر مواد خط‌کشی تکرار کرد. البته تعداد تکرار می‌تواند با توافق بین پیمانکار و کارفرما نیز تعیین شود [۶].

- میزان غوطه‌وری و توزیع دانه‌های شیشه‌ای را می‌توان با یک میکروسکوپ

جیبی بر اساس بند ۲-۶-۱ فصل دوم بررسی کرد.

- حداقل ضخامت در نظر گرفته شده برای رنگ سرد پس از خشک شدن باید

حداقل ۳۵۰ میکرون باشد.

- معمولاً پس از اجرای خط‌کشی، در صورت منقطع بودن، باید طول و عرض

خطوط و در صورت ممتد بودن، عرض خطوط کنترل شود.

با توجه به اینکه امکان خط‌کشی دقیق طبق ابعاد پیشنهادی وجود ندارد و رنگ نیز

ممکن است پخش شود میزان انحراف از ابعاد مربوطه طبق جدول ۹-۳ مجاز است.



جدول ۹-۳: میزان انحراف ابعاد طولی [۱]

حداکثر میزان انحراف مجاز	ابعاد طولی مشخص شده
$\pm 0.5\%$	۳ متر یا بیشتر
$\pm 1.0\%$	۳۰ سانتیمتر یا بیشتر تا ۳ متر
$-1.0\%$ یا $+2.0\%$	کمتر از ۳۰ سانتیمتر

میزان انحراف مجاز برای پهنای خط: ۱۰ + تا ۵ - درصد می‌باشد.

در خطوط منقطع با طول ۴ متر، متوسط هر ۱۰ قطعه متوالی باید  $\pm 50$  میلی‌متر از طول تعریف شده قرار گیرد و هیچیک از قطعات درون آن ده قطعه نباید ۷۵ میلی‌متر کمتر از طول تعریف شده اولیه باشند. در صورتی که طول قطعات از طول تعریف شده در پروژه کمتر از حد در نظر گرفته شده باشد باید خط‌کشی انجام شده از سطح برداشته شده و مجدداً با طول صحیح اجرا گردد. اگر قرار است خط‌کشی بر روی راه‌هایی که تازه ساخته شده برای اولین بار انجام شود، قرارگیری افقی خط‌کشی‌ها باید در محدوده تغییرات  $\pm 10$  میلی‌متر از موقعیت طراحی شده توسط کارفرما یا پیمانکار انجام گیرد.

**تذکر:** تعیین بصری ابعاد خطوط خط‌کشی‌ها مورد قبول نمی‌باشد و گوشه‌های خطوط باید به دقت و وضوح تعیین گردند.

#### ۹-۳-۸-۴- ارائه گزارش نهایی

نتایج بازرسی مطابق با جدول ۹-۴ همراه با نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی توسط ناظر به کارفرما گزارش می‌شود.

#### ۹-۳-۸-۵- زمان بازرسی خط‌کشی‌ها

برای بررسی عملکرد خط‌کشی با رنگ سرد توصیه می‌شود که بار اول پس از هفت روز از شروع اجرا و سپس با توجه به طول عمر پیش‌بینی شده هر سه ماه یکبار برای رنگ‌های با طول عمر ۱۲ ماه، دو ماه یکبار برای رنگ‌های با طول عمر ۶ الی ۹ ماه و هر ماه برای رنگ‌های با طول عمر ۶ ماه تا حداکثر یکسال، خط‌کشی‌ها ارزیابی شوند. البته

رنگ‌های سرد بادوام را در صورت درخواست سازنده می‌توان تا دو سال مورد ارزیابی میدانی قرار داد. برای این منظور می‌توان از بند ۹-۷ استفاده گردد.

جدول ۹-۴: برگه اعلام نتایج کنترل‌ها و آزمون‌های اجرایی [۱۰]

مشخصات کنترل‌ها و آزمون‌های اجرایی									
نام محصول و مرجع:									
نام و آدرس پیمانکار:									
مشخصات فنی جهت اجرا:									
اجرا شده در مکان آزمون	توصیه‌های سازنده مواد								
		دمای سطح جاده	داده‌های جوی						
		محدوده دما برای مواد							
		محدوده رطوبت نسبی برای مواد							
		غیر رنگ	سرعت اجرا (گرم بر متر مربع)						
		دانه‌های شیشه‌ای روپاشی شونده	دستگاه اجرا کننده مورد نیاز:						
نام و آدرس آزمایشگاه انجام دهنده آزمون‌ها:									
نتایج بدست آمده از بازرسی: ماه و سال اجرا: ماه و سال آخرین زمان اندازه‌گیری: زمان خشک شدن (بر حسب دقیقه): - دمای سطح جاده (بر حسب °C): - سرعت باد (بر حسب $m.s^{-1}$ ): - دمای محیط (بر حسب °C): - رطوبت نسبی هوا (بر حسب %):									
نتایج کنترل‌های پس از اجرا									
اندیس فرسایش	SRT	y	x	$\beta$	$Q_{d_2} \cdot lx^{-1}$	$R_L (mcd \cdot m^{-2} \cdot lx^{-1})$			عبور چرخ
						خشک	تر	در حین بارندگی	
									کم
									۵۰۰۰۰
									۱۰۰۰۰۰
									۲۰۰۰۰۰
									۵۰۰۰۰۰
									۱۰۰۰۰۰۰
خلاصه شرایط عمومی سایت در حین آزمون									
۱- شرایط آب و هوایی: - حداقل و حداکثر متوسط دمای روزانه - آب جمع‌آوری شده (بر حسب میلی‌متر) - تعداد دوره‌های بارندگی برف									
۲- عمق بافت سطح جاده توسط بیج شنی									
۳- درصد خودروهای سنگین در جریان ترافیکی									

لازم به ذکر است که اندازه‌گیری تعداد عبور چرخ و درصد وسایل نقلیه سنگین را می‌توان به وسیله شمارش با یکی از روش‌های شمارش چشمی یا استفاده از حس‌گرها و ضبط ویدیویی تعیین کرد.

**تذکره ۱:** برای دستیابی به دقت کافی، شمارش باید هر ساله در یک دوره زمانی حداقل ۶ هفته‌ای انجام شود. این مدت ممکن است در یک دوره زمانی پیوسته باشد یا به دوره‌های منفصل و کوتاه ۷، ۱۴، و ۲۱ روزه تقسیم شود. دوره زمانی باید بگونه‌ای انتخاب شود که از شرایط ترافیک استثنایی و خاص اجتناب گردد.

برای خط‌کشی‌های عرضی با طول ناحیه اندازه‌گیری ۴۰ سانتی‌متر، تعداد عبور چرخ در تقاطع با فاصله یکنواخت (حداکثر فاصله ۱۵ سانتی‌متر) در جهت عرض تعیین می‌شود. برای خط‌کشی‌های طولی، در حالی که ناحیه اندازه‌گیری ۱۵ سانتی‌متر است، تعیین تعداد عبور چرخ در یک نقطه در هر ستون کافی است.

**تذکره ۲:** درصد وسایل نقلیه سنگین در هر نقطه یا عموماً بیشتر برای هر مسیر رانندگی قابل تعیین است.

### ۹-۴-۹- اجرای رنگ گرم

اجرای رنگ گرم نسبت به رنگ سرد نیاز به دقت و توجه بیشتری دارد. زیرا اجرای رنگ گرم یک فرآیند ظریف و حساس است. در عملیات خط‌کشی با این رنگ، به دلیل دمای بالا و حساسیت بسیار زیاد مواد به حرارت، باید کنترل کیفی با دقت زیادی صورت پذیرد. لذا پیمانکار و ناظر یا نماینده کارفرما موظف به رعایت موارد در زیر به هنگام اجرای رنگ گرم می‌باشند.

### ۹-۴-۹-۱- تمیز و خشک کردن سطح روسازی قبل از خط‌کشی با رنگ گرم

سطح جاده در هنگام خط‌کشی باید کاملاً خشک و عاری از هرگونه آسیب‌دیدگی، شبنم یا خیسگی باشد. رنگ ترموپلاستیک نباید بر روی خط‌کشی‌های نواری که قبلاً اجرا شده اجرا گردد. اگر قرار باشد رنگ گرم روی خط‌کشی‌های ترموپلاستیک قدیمی اجرا گردد، لایه زیرین باید در وضعیت و شرایط ایده‌آل و مناسبی باشد و هنوز هم چسبندگی کافی بر سطح روسازی داشته باشد. رنگ ترموپلاستیکی که بر خط‌کشی‌های معیوب و دارای چسبندگی ضعیف اعمال گردد، به راحتی به صورت ورقه‌ای از سطح جدا خواهد شد. اگر سطح لایه رنگ قدیمی که در خط‌کشی وجود دارد حاوی مقدار قابل توجهی دانه‌های شیشه‌ای باشد، سطح لایه بایستی با جاروب زدن یا کمی سایش مکانیکی، ناهموار و زبر و سپس رنگ گرم بر روی آن اجرا شود.

اغلب برای تمیز کردن سطح رویه قبل از خط‌کشی از ماشین جاروب‌زن استفاده می‌شود. امروزه برای زدودن رطوبت سطح و ارزیابی دمای سطح رویه از وسایل گرم‌کن مخصوصی که طراحی شده‌اند، استفاده می‌شود. این وسایل برای سطوح بتنی کاربرد بیشتری دارند.

#### ۹-۴-۲- اندازه‌گیری عمق بافت سطحی روسازی توسط روش پیچ شنی [۶]

عمق بافت سطحی جاده در تعیین میزان مصرف مواد و ضخامت آنها و بسیاری از ویژگی‌های خط‌کشی اهمیت دارد، به همین دلیل، در صورت استفاده از روش اسپری داغ برای اجرای رنگ گرم، توصیه می‌شود قبل از اجرای خط‌کشی، عمق بافت سطحی توسط پیمانکار تعیین گردد. برای اطلاع از روش کار به بند ۳-۶-۱-۴ فصل سوم مراجعه گردد.

#### ۹-۴-۳- اجرای آسترها/ سیلرها قبل از اجرای رنگ گرم [۲-۱]

نوع و شرایط سطح رویه‌های آسفالتی در هنگام اعمال رنگ گرم در ایجاد یک چسبندگی مناسب تأثیر دارد. در حین اجرا، سطح قیر بر اثر گرما نرم می‌شود و رنگ بهتر به سطح جاده می‌چسبد. برای ایجاد چسبندگی مناسب باید قبل از خط‌کشی، ابتدا سطح آسفالت تمیز و سپس سیلر بر روی اجرا شود. در مورد رویه‌های بتنی و رویه‌های آسفالتی قدیمی، استفاده از سیلر الزامی است.

برای رنگ گرم اکستروود شده، استفاده از یک آستر اپوکسی بر روی رویه‌های بتنی توصیه می‌شود. قبل از اجرای رنگ گرم به روش اسپری داغ، می‌توان از یک آستر اپوکسی دو جزئی استفاده کرد. رنگ ترموپلاستیک باید زمانی اعمال شود که آستر هنوز چسبناک است. آستر نباید بیش از حد خشک یا بیش از حد نرم باشد. به عنوان مثال آسترهایی مناسب هستند که در دمای محیط (۲۳ درجه سانتیگراد)، به مدت ۱۰ دقیقه چسبناک بمانند.

استفاده از رنگ سرد به عنوان آستر برای رنگ گرم توصیه نمی‌شود. زیرا شواهد نشان داده است که چسبندگی رنگ گرم بر روی سطح آسفالتی بهتر از چسبندگی بر روی رنگ سرد است. در حالت عادی، سطوح بتنی و آسفالتی قبل از اجرای رنگ گرم نیازی به حرارت‌دهی ندارند، مگر اینکه سازنده رنگ توصیه کرده باشد.

سرعت بهینه در اجرای آستر علاوه بر میزان درصد جامد محلول اپوکسی، به عمر، تخلخل و بافت سطح روسازی نیز بستگی دارد.

ضخامت فیلم تر آستر باید در محدوده ۱۳۰ تا ۳۰۰ میکرون باشد. البته پیشنهاد شرکت تولید کننده آستر مصرفی نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

#### ۹-۴-۴- ماشین آلات و روش های اجرای رنگ گرم [۱-۲]

فرمولاسیون رنگ های گرمی که به روش های مختلف اجرا می شوند با یکدیگر تفاوت دارد. فرمولاسیون رنگ های گرم جهت اجرا در محیط و هوای سرد نیز متفاوت از فرمولاسیون آنها در محیط گرم است. اغلب رنگ گرم پایه الکییدی (رزین سنتزی) به روش اسپری برای مناطق سرد استفاده می شود و رنگ گرم هیدروکربنی با روش اجرای اکستروژن و اسکرید برای مناطق گرمتر توصیه می شود. مواد ترموپلاستیک را، بر حسب ضخامت و الگوی خط کشی، شرایط آب و هوایی و همچنین نوع راه و وضعیت رویه آن، می توان به سه روش اکستروژن، اسکرید و اسپری، اجرا کرد. برای انتخاب بهترین نوع مواد ترموپلاستیک باید نیازهای فیزیکی پروژه را برای دستیابی به بهترین چسبندگی و همچنین ابزارها و نیروی انسانی مورد نیاز در نظر گرفت. نوع اجرا، امکانات موجود، نوع و وضعیت رویه، حجم عملیات خط کشی و دیگر خصوصیات پروژه نیز بر انتخاب روش اجرا تأثیر دارند. برای این منظور می توان از تجهیزات کوچک و دستی و یا تجهیزات اتوماتیک و بزرگ استفاده کرد.

ماشین آلاتی که گنجایش ۵۴/۴ لیتر (۱۲ گالن) یا ۴۵ کیلوگرم (۱۰۰ پوند) را دارند، ماشین آلات خط کشی در مقیاس کوچک در نظر گرفته می شوند. ویژگی های عمومی مورد نظر برای تکنیک های مختلف اجرا به این شرح می باشد:

۱. تمام ماشین آلات باید دارای شناسنامه و مشخصات معلوم باشند. تمام ماشین ها باید دارای شماره شاسی<sup>۱</sup> باشند. شماره باید بر روی شاسی ماشین حک شده

---

1- Chassis Numbers

- یا بگونه‌ای دائمی روی بدنه آن نصب شده، به راحتی قابل دید و تمیز باشد. هر ماشین اجرا باید فقط یک شماره شاسی داشته باشد.
۲. تمام مخازن پیش‌گرم‌کن باید شماره مخزن داشته باشند. شماره مخزن پیش‌گرم‌کن بر روی مخزن حک شده و یا بگونه‌ای دائمی روی آن نصب شده، به راحتی قابل دید و تمیز باشد. هر مخزن باید فقط یک شماره داشته باشد.
۳. شماره سریال دستگاه: هر یک از قسمت‌های مجزای دستگاه اعمال و کنترل ماشین اجرا از قبیل: پمپ تغذیه مواد (شامل اکسترودرها)، جعبه یا مخزن اسکرید، دریچه‌های اکسترودر، کمپرسورها، پیستوله‌های پاشش، پیستوله‌های ویژه دانه‌های شیشه‌ای، سرعت‌سنج، باید دارای یک شماره سریال حک شده یا به صورت دائمی نصب شده بر روی خود داشته باشند.
۴. دستگاه یا ماشین اجرا کننده باید مجهز به وسایل هشدار دهنده باشد.
۵. همه انواع ماشین‌آلات اجرا باید مجهز به توزیع‌کننده دانه‌های شیشه‌ای (تحت فشار) که در مکانی مناسب نصب شده‌اند، باشند. همچنین باید از غوطه‌وری صحیح و مناسب دانه‌ها و چسبندگی کافی به مواد ترموپلاستیک اطمینان حاصل گردد.
۶. قسمت اعمال‌کننده دانه‌های شیشه‌ای باید از کنترل‌های کافی برخوردار باشد تا دانه‌های شیشه‌ای به میزان مطلوب ۶۰ درصد غوطه‌ور شدند، در زیر سطح خط‌کشی محبوس نشوند و به شکل یکنواختی در عرض خط‌کشی توزیع شوند.
۷. ماشین‌آلات اجرا باید قادر به ایجاد ابعاد و ضخامت‌های صحیح در خط‌کشی باشند تا خطوط اجرا شده عاری از هر گونه تاوول‌زدگی، رگه، لکه‌های روشن، مواد خارجی و سایر عیوب باشد.

#### ۹-۴-۱- اکستروژن

رنگ‌های گرمی که با روش اکستروژن اجرا می‌شوند در یک مخزن دو جداره مجهز به روغن، پیش‌حرارت داده می‌شوند تا به شکل مذاب در آیند. مخزن مذکور باید مجهز به

همزن دائمی باشد. مواد مذاب از طریق یک ماریپیچ تغذیه<sup>۱</sup> که در داخل یک استوانه تعبیه شده، به سمت نازل شیاری خروجی هدایت می‌شوند و از طریق شیار پهن و ثابت خروجی به شکل نوار بر روی سطح جاده اجرا می‌شوند (لازم به ذکر است که با این روش می‌توان خط‌کشی را به دو شکل لقمه‌ای یا طرح‌دار و نواری اجرا کرد). با کنترل فاصله نازل تا سطح آسفالت و سرعت حرکت ماشین، می‌توان به ضخامت مطلوب خط‌کشی دست یافت. عواملی که در حین اجرای خط‌کشی گرم باید کنترل شوند عبارتند از: سرعت حرکت ماشین، سرعت تغذیه مواد (بر حسب دور بر دقیقه ماریپیچ)، ارتفاع شیار خروجی از سطح جاده و دمای ماده. غالباً روش اکستروژن سریع‌تر از روش‌های اسکرید انجام می‌شود. خط‌کشی با این روش بطور متوسط با سرعت ۵ کیلومتر بر ساعت انجام می‌شود و جاده ۲ الی ۱۰ دقیقه پس از اجرا آماده تردد است.

چک‌لیست بازرسی برای مخازن پیش‌گرم‌کن رنگ ترموپلاستیک گرم که توسط

اپراتور و ناظر باید کنترل گردد، به شرح زیر می‌باشد:

شماره فایل	
شماره آزمون	
شماره ثبت ماشین خط‌کشی	
شماره تاییدیه فنی ماشین	
شماره سریال‌های تانکها و ظرفیت آنها	
• - تانک شماره ۱	ظرفیت: لیتر بر کیلوگرم
• - تانک شماره ۲	ظرفیت: لیتر بر کیلوگرم
• - تانک شماره ۳	ظرفیت: لیتر بر کیلوگرم
• - تانک شماره ۴	ظرفیت: لیتر بر کیلوگرم
مقر و استقرار شبانه ماشین آلات و تجهیزات خط‌کشی	
نحوه اختلاط رنگ	
اندازه حجم	
نحوه تخلیه و تمیز کردن:	
بازرسی دریچه:	
توان تانکهای حرارت‌دهی و کنترل آنها	

در اجرای رنگ گرم با روش اکستروژن، سطح خط‌کشی‌ها در جاده‌های بسیار صاف و دارای کمترین میزان ناهمواری، بسیار صاف و در جاده‌های با زیری زیاد، ناهموار خواهد بود. همین امر می‌تواند در کاهش میزان بازتاب نور برگشتی نسبت به خط‌کشی‌های اجرا شده با روش اسکرید موثر واقع شود.

#### • خط‌کشی‌های گرم طرح‌دار

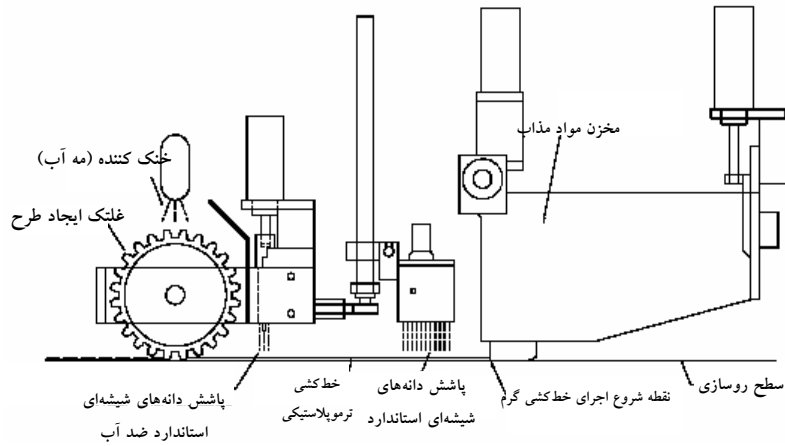
وظیفه الگوی طرح‌دار ایجاد بازتاب نور برگشتی در شب و تحت شرایط تر می‌باشد. چنانچه الگوی طرح‌ها به اندازه کافی بزرگ باشد، در اثر لرزش و صدای ایجاد شده، رانندگان می‌توانند درک بهتری نسبت به وجود خط‌کشی داشته باشند. الگوهای طرح‌دار به روش‌های متعددی قابل اجراء می‌باشد. عمومی‌ترین روشها عبارت است از:

۱. ایجاد طرح، با استفاده از غلتک دندان‌ه‌ای که به خط ظاهر موج‌دار می‌دهد، روی خط‌کشی گرم تازه اجرا می‌شود.

۲. خط‌کشی‌های طرح‌دار برجسته بوسیله اکستروژن کردن مواد ترموپلاستیک با ضخامت معمول در قسمت برجسته (تقریباً ۷۵۰۰ میکرون) در یک فضای یکنواخت صورت می‌گیرد.

۳. مواد ترموپلاستیک طرح‌دار عموماً عملکرد خوبی در تمام انواع سطوح روسازی دارند. هزینه این خط‌کشی‌ها نسبت به خط‌کشی‌های گرم استاندارد اغلب بیشتر است (حتی تا شش برابر هزینه مواد استاندارد). یادآوری می‌شود که خط‌کشی‌های طرح‌دار لزوماً به مواد ترموپلاستیک منحصر نمی‌شوند و می‌توان از مواد دیگری که توانایی ایجاد جلوه‌های بصری - لامسه‌ای را داشته باشند، برای خط‌کشی‌های طرح‌دار استفاده کرد. در شکل ۳-۹ نمونه‌ای از ماشین اجرای خط‌کشی طرح‌دار نشان داده شده است. این خط‌کشی‌ها اغلب هزینه بیشتری (تا شش برابر) نسبت به خط‌کشی‌های گرم استاندارد دارند.





شکل ۹-۳: نمونه‌ای از ماشین اجرای خط‌کشی‌های طرح‌دار با استفاده از غلنک دندانه‌ای روش اکستروژن [۲]

چک‌لیست بازرسی برای ماشین‌های اجرای خط‌کشی به روش اکستروژن که توسط

اپراتور و ناظر باید کنترل گردد، به شرح زیر می‌باشد:

شماره فایل	-
شماره آزمون	-
اکسترودر	-
شماره سریال	➤
دهانه اکسترودر	➤
نوع	➤
اندازه	➤
محدوده سرعت جریان	➤
نوع حرکت (دستی یا ماشینی)	➤
نوع کنترل	➤
روش تنظیم محدوده	➤
ارتباط سرعت اتوماتیک	➤
حرارت‌دهی / نصب	➤
دهانه اکسترودر	-
روش تنظیم ضخامت	➤
محدوده تنظیم ضخامت	➤
حرارت‌دهی / نصب	➤
بازرسی اپراتور	➤
اندازه‌گیری درجه حرارت	➤
روش تمیز کردن	➤

## ۹-۴-۲- اسکرید- اکستروژن

- ماشین اسکرید علاوه بر دارا بودن امکانات عمومی ماشین‌های اجرا کننده مواد ترموپلاستیک باید از ویژگی‌های زیر نیز برخوردار باشد:
۱. سیستم تغذیه‌کننده مواد در جعبه اسکرید باید قادر به تغذیه مواد با یک سرعت ثابت در حین اجرا و توقف در صورت نیاز باشد.
  ۲. سیستم تغذیه باید عایق‌بندی شده و به اندازه‌ای حرارت داده شود که مواد ترموپلاستیک بتوانند در محدوده دمایی مذاب که توسط سازنده مواد اعلام شده، پمپ شوند.
  ۳. تمام لوله‌های ارتباطی و شیر فلکه‌های کنترل‌کننده بین مخزن مواد و جعبه اسکرید باید عایق‌بندی شده باشد تا از کاهش دمای مواد ترموپلاستیک و اتلاف حرارت در حین انتقال جلوگیری شود.
  ۴. جعبه‌های اسکرید باید قادر به تغذیه مداوم و یکنواخت مواد ترموپلاستیک مذاب در سرتاسر محدوده عملیاتی طراحی شده باشند. این جعبه‌ها باید دارای یک تنظیم‌کننده سریع ضخامت مورد نظر در خط باشد.
  ۵. هر یک از جعبه‌های اسکرید علاوه بر ظرفیت کافی، باید از یک خروجی عریض با قابلیت تنظیم پهنای خطوط در محدوده تعریف شده، برخوردار باشند. برای ایجاد خطوط با عرض‌های متفاوت از جعبه‌های مختلف استفاده می‌شود. کنترل دما و حرارت‌دهی بایستی به دقت انجام شود تا از دمای دقیق مواد و حفظ این دما در ماده اطمینان حاصل گردد. نصب و طراحی جعبه اسکرید بر روی ماشین باید بگونه‌ای باشد که بازرسی بصری آن توسط اپراتور دستگاه به راحتی امکان‌پذیر باشد و جامد شدن مواد در آن در کمترین باشد و در صورت جامد شدن مواد، امکان جداسازی ذرات جامد از مواد مذاب وجود داشته باشد.

مواد ترموپلاستیک در یک مخزن روکش دار حرارت داده شده، سپس مقدار معینی از مواد مذاب به داخل یک نازل سر ریز می‌شود. نازل مجهز به یک دریچه خروجی است که بر اساس ضخامت خط‌کشی مورد نظر تنظیم می‌شود. پس از اتمام مواد موجود در مخزن نازل، فرآیند مجدداً تکرار می‌شود. در طی فرآیند اجرا، دمای مواد مذاب باید ثابت باشد. فرآیند اسکرید، "اکستروژن تحت نیروی وزن" نیز نامیده می‌شود. این روش برای اجرای خط‌کشی‌های ضخیم مناسب است.

### ۹-۴-۳- اسپری مذاب

روش اسپری داغ به علت مزایای بسیار نسبت به سایر روش‌ها، متداول‌ترین روش اجرای خط‌کشی‌های گرم می‌باشد. در این روش مواد مذاب همراه با هوای فشرده بر سطح جاده پاشیده می‌شود. منبع تغذیه هوای فشرده به پیستوله متصل شده تا مواد مورد نظر علاوه بر اتمیزه شدن، در راستای مورد نظر جهت داده شوند. سرعت جریان مواد مذاب و فشار هوای فشرده باید تنظیم و کنترل گردد. برای این منظور مخزن هوای فشرده، مخزن مواد و پیستوله باید مجهز به فشارسنج‌های مخصوص باشند. سیستم تغذیه در ماشین اسپری باید در حین اجراء قادر به تغذیه مواد با سرعتی ثابت باشد و در صورت لزوم بتواند تغذیه مواد را متوقف نماید. این سیستم باید عایق باشند و به اندازه‌ای حرارت ایجاد کند که مواد مذاب را در دمای مورد نظر در شرایط عملیاتی معمول پمپاژ نماید. کلیه لوله‌های ارتباطی و شیر فلکه‌های بین مخزن مواد و نازل پیستوله پاشش باید عایق بوده تا در حد امکان از کاهش دما در حین انتقال مواد مذاب جلوگیری شود. در منبع تغذیه هوای فشرده اغلب از گاز CO<sub>2</sub> صنعتی یا هر گونه گاز خشک یا خنثای دیگر می‌توان استفاده کرد. لازم به ذکر است که منبع تغذیه هوای فشرده باید مجهز به فیلتر آب و روغن باشد. مزیت اجرای اسپری این است که خط‌کشی را می‌توان با سرعت‌های بالاتر انجام داد و خط‌کشی‌های اجرا شده در طی زمان کوتاهی آماده عبور ترافیک هستند. اجرای خط‌کشی به روش اسپری داغ، باعث ایجاد پیوند سطحی قویتری نسبت به روش‌های اجرای

اکستروژن و نواری می‌شود. البته خط‌کشی‌های با رنگ گرم به روش اسپری برای خط‌کشی‌های ضخیم‌تر از ۲۵۰۰ میکرون در مقایسه با روش‌های اکستروژن و نواری مناسب نمی‌باشند. این روش در کاربردهای بزرگ با سرعت ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر بر ساعت انجام شده و در کمتر از یک دقیقه بعد خط‌کشی قابل استفاده است.

در هنگام بازرسی قبل از اجرا ضروری است که اپراتور دستگاه خط‌کشی نسبت به تهیه چک‌لیست مشخصات ماشین خط‌کشی، لوازم و تجهیزات مورد نیاز پرسنل قبل از عزیمت و وارد شدن به محل خط‌کشی اقدام کند.

چک‌لیست بازرسی برای ماشین‌های اجرای خط‌کشی به روش اسکرید که توسط

اپراتور و ناظر باید کنترل گردد، به شرح زیر می‌باشد:

- شماره فایل	➤
- شماره تست	➤
- خوراک دهنده	➤
شماره سریال	➤
دهانه اکسترودر	➤
- دهانه اسکرید	➤
نوع	➤
اندازه	➤
محدوده سرعت جریان	➤
نوع حرکت (دستی یا ماشینی)	➤
کنترل دستی یا اتوماتیک	➤
محدوده خوراک	➤
حرارت‌دهی / نصب	➤
- دهانه اسکرید	➤
روش تنظیم ضخامت	➤
محدوده تنظیم ضخامت	➤
روش حرارت‌دهی	➤
کنترل حرارت‌دهی	➤
بازرسی اپراتور	➤
اندازه‌گیری درجه حرارت	➤
روش تمیز کردن	➤

چک لیست بازرسی و کنترل قسمت های مختلف ماشین اسپری (یا پاشش) که توسط اپراتور و ناظر بایستی کنترل گردد، به شرح زیر می باشد:

-	شماره فایل:
-	شماره آزمون:
-	پیستوله (های) پاشش / شماره (های) سریال:
-	تغذیه مواد شامل:
	➤ روش:
	➤ نوع:
	➤ اندازه:
	➤ محدوده تغذیه:
	➤ حرارت دهی:
-	مشخصات سر (های) پیستوله شامل:
	➤ نوع:
	➤ تنظیم ارتفاع:
	➤ تغذیه هوا:
	➤ فشارسنج:
	➤ اندازه گیری دما:

#### ۹-۴-۵- ضخامت خط کشی و میزان مصرف رنگ گرم

بر اساس استاندارد BS 3262، ضخامت خطوط اکسترود شده با مواد ترموپلاستیک بر پایه رزین های سنتزی (الکیدی) باید بین ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ میکرون و خطوط اکسترود شده با مواد ترموپلاستیک بر پایه رزین یا صمغ طبیعی نیز باید بین ۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میکرون باشد [۹].

ضخامت خطوط اسکرید شده برای مواد ترموپلاستیک بر پایه رزین های سنتزی باید بین ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میکرون و برای ترموپلاستیک های بر پایه رزین و صمغ های طبیعی بین ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میکرون باشد.

حداقل ضخامت خطوط اسپری شده با مواد ترموپلاستیک بر پایه رزین‌های مصنوعی (غیر از فام زرد)، باید ۱۵۰۰ میکرون و برای خط‌کشی حاشیه‌ای سفید ۱۰۰ میکرون و در خطوط اسپری شده با رنگ‌های گرم بر پایه رزین‌ها یا صمغ‌های طبیعی (غیر از فام زرد) ۲۰۰۰ میکرون و در خطوط حاشیه‌ای سفید ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میکرون باشد.

در جدول ۹-۵ ضخامت خط‌کشی رنگ گرم با روش‌های مختلف بر اساس استاندارد BS 3262 آورده شده است [۹].

جدول ۹-۵: ضخامت خط‌کشی رنگ گرم با روش‌های مختلف اجرایی بر حسب میکرون [۹]

بر پایه رزین یا رزین‌های طبیعی	بر پایه رزین‌های مصنوعی	نوع رنگ	
		روش اجرا	
۵۰۰۰-۳۰۰۰	۵۰۰۰-۲۰۰۰	اسکرید	
حداقل ۲۰۰۰	حداقل ۱۵۰۰	خطوط غیر از فام زرد	اسپری
حداقل ۲۳۰۰	حداقل ۸۰۰	خطوط حاشیه‌ای	
۵۰۰۰-۴۰۰۰	۳۵۰۰-۲۵۰۰	اکستروژن	

تبصره: لازم به ذکر است که حداقل ضخامت‌های مذکور با در نظر گرفتن خط‌کشی بر روی آسفالت گرم است و جهت اجرا بر روی آسفالت سرد باید ۲۵۰ الی ۳۰۰ میکرون به حداقل ضخامت‌ها اضافه گردد.

در جدول ۹-۶ میزان مصرف مواد ترموپلاستیک در خط‌کشی‌هایی با الگوی‌ها و عرض‌های مختلف با ضخامت ۱۵۰۰ میکرون درج شده است.

#### ۹-۴-۶ نحوه اجرای رنگ گرم [۱-۲]

مواد ترموپلاستیک به شکل‌های گرانول، پودر یا بلوکی هستند و در کارتن‌ها یا کیسه‌های مخصوصی در وزن معین بسته‌بندی می‌شوند. کارتن‌ها و کیسه‌های مذکور باید در مکان خشک نگهداری شوند. آب و ضربه صدمه‌ای به اینگونه مواد نمی‌زند ولیکن به بسته‌بندی آسیب می‌زند.

جدول ۹-۶: میزان مصرف مواد ترموپلاستیک در خط‌کشی‌هایی با الگوی‌ها و عرض‌های مختلف (ضخامت ۱۵۰۰ میکرون) مطابق با آئین نامه علائم راه‌ها و اجرای خط‌کشی در کشور [۱۴]

کیلوگرم بر کیلومتر روسازی					
پهنای خط‌کشی (میلی‌متر)					
۶۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۵۰	۱۰۰	
۱۹۵۰	۹۷۵	۶۵۰	۴۸۷/۵	۳۲۵	خط ممتد
۴۸۷/۵	۲۴۳/۸	۱۶۲/۵	۱۲۱/۸	۸۱/۳	خط منقطع (۱ پر، ۳ خالی)
۹۷۵	۴۸۷/۵	۳۲۵	۲۴۳/۸	۱۶۲/۵	خط چین (۱ پر، ۱ خالی)
۶۵۰	۳۲۵	۲۱۶/۵	۱۶۲/۵	۱۰۸/۳	خط چین (۱ پر، ۲ خالی)
۳/۲۵ کیلوگرم بر متر مربع					خط نوشته‌ها، علائم و سمبل‌ها

گرد و خاک، ضایعات کارتن یا لایه پلی اتیلنی ممکن است مواد را آلوده نماید، در نتیجه باید دقت کافی در حفاظت از مواد (به ویژه در حالت مذاب) به عمل آید. کارتن‌ها و کیسه‌های حاوی مواد ترموپلاستیک که در هر روز بر روی باربر قرار داده می‌شوند، باید توسط یک پلاستیک یا پارچه ضد آب پوشانده شوند. اگر کارتن‌ها خیس شوند باید قبل از استفاده کاغذهای خیس آن جدا گشته و مواد مصرفی بطور کامل خشک گردد.

قبل از انتقال مواد ترموپلاستیک بلوکی به مخزن ذوب، بهتر است مواد خرد شده (تا رسیدن به وزنی حدود ۴ کیلوگرم) و سپس به مخزن مذاب منتقل شوند. گاهی مواد ترموپلاستیک در بسته‌هایی که جنس آنها مواد پلاستیکی سازگار با ترموپلاستیک می‌باشد، عرضه می‌شوند. در اینگونه موارد می‌توان بسته پلاستیکی را همراه مواد داخل مخزن ذوب وارد کرد. البته در این مورد هم باید جعبه بسته‌بندی عاری از آلودگی باشد.

#### ۹-۴-۷- حفظ و نگهداری خط‌کشی‌های انجام شده با رنگ گرم [۱-۲]

##### ۹-۴-۷-۱- لکه‌پذیری<sup>۱</sup>

در مناطق گرم و خشک که بارندگی کمی دارند، خط‌کشی‌ها به مرور زمان تغییر رنگ می‌دهند و یا در اثر عبور خوردوها به ویژه بر روی سطوح آسفالت آلودگی‌هایی را

1- Staining

جذب می‌کنند. در چنین مواردی باید سطح خط‌کشی‌ها مرتباً با مواد شوینده مناسب شسته شود تا در تمام مدت سرویس‌دهی از کیفیت مناسبی برخوردار باشند. در مناطق دارای آب و هوای مرطوب و بارانی، بارندگی می‌تواند به تمیزی سطح خط‌کشی‌های مورد نظر کمک نماید.

#### ۹-۴-۷-۲- وصله کردن (لکه‌گیری)<sup>۱</sup>

غالباً رنگ‌های گرم که با روش اکستروود اجرا می‌شوند، به دلیل برخورداری از ضخامت بالا آسیب‌پذیر بوده و در نقاطی که چسبندگی آنها به سطح ضعیف باشد به صورت تکه‌ای از سطح جدا می‌شوند. در چنین مواردی با اجرای یک لایه نازک از همان رنگ باید قسمت آسیب دیده را بازسازی کرد. این عمل معمولاً به صورت دستی صورت می‌گیرد.

#### ۹-۴-۸- برداشتن خط‌کشی‌های انجام شده با رنگ گرم [۱-۲]

رنگ‌های ترموپلاستیک به سختی از سطح آسفالت جدا می‌شوند. در هر دو نوع رویه آسفالتی و بتنی برداشتن ترموپلاستیک‌ها به سطح آسیب خواهد رساند. میزان این آسیب به روش برداشتن بستگی دارد. متداول‌ترین روش‌های برداشتن خط‌کشی‌های رنگ گرم در ادامه توضیح داده شده است:

**شن پاشی:** شن پاشی برای حذف خط‌کشی‌های انجام شده با رنگ گرم در مقیاس بزرگ به کار می‌رود (بند ۹-۳-۶). برای به حداقل رساندن شن‌های باقیمانده بر سطح می‌توان از پاشش توام آب پر فشار همراه با پاشش شن استفاده کرد.

**استفاده از اکسیژن اضافی:** برای برداشتن خط‌کشی گرمی که با روش اسپری اجرا شده باشد، می‌توان از ماشین‌های سوزاننده با اکسیژن اضافی (بند ۹-۳-۶) استفاده کرد. در این مورد شعله داغ، مواد ترموپلاستیک را ذوب کرده و مواد مذاب حاصله توسط بیلچه

1- Patching



مخصوصی از سطح برداشته می‌شود. خط‌کشی‌های باقیمانده باید دوباره سوزانده و بقایای سوخته شده نیز از سطح زدوده شوند.

**خرد کردن، کوبیدن یا سایش مکانیکی:** در کارهای کوچک از یک چکش و یک تیغه خرد کننده استفاده می‌شود. در این روش حفاظت سطح آسفالت باید مورد توجه قرار گیرد. در سالهای اخیر استفاده از چرخ‌های خرد کن و تکنولوژی‌های جدید، امکان بکارگیری این روش را برای برداشت خط‌کشی‌ها در مقیاس بالا فراهم آورده است.

**تبصره:** گاهی برداشتن کامل رنگ‌های قدیمی از سطح ضرورتی ندارد. اگر خط‌کشی قدیمی رنگ سرد باشد و ضخامت آن نیز خیلی کم باشد (کمتر از ۱۵۰ میکرون) یا رنگ سرد موجود بالغ بر ۷۵ درصد فرسایش داشته باشد، می‌توان رنگ گرم را روی آن اجرا کرد. در صورتی که ضخامت خط‌کشی گرم موجود کمتر از ۷۵۰ میکرون باشد، می‌توان خط‌کشی گرم را روی آن اجرا کرد و اگر از ۷۵۰ میکرون بیشتر باشد، باید ابتدا توسط سایش مکانیکی ضخامت را تقلیل داده و یا خط‌کشی قبلی را بطور کامل برداشت و سپس خط‌کشی مجدد را انجام داد.

#### ۹-۴-۹- بازرسی در اجرای خط‌کشی با رنگ گرم [۱-۲]

دستورالعمل عملیاتی اجرای خط‌کشی رنگ گرم شبیه اجرای رنگ سرد است. در مکان‌هایی که خط‌کشی از قبل روی سطح وجود نداشته باشد، خط‌کشی سطح جاده باید با روشی مشابه روش گفته شده در قسمت رنگ سرد، با خطوط راهنما و پیش علامتگذاری انجام شود. ناظر برای انجام بازرسی باید موارد نامبرده در زیر را مورد بررسی و کنترل قرار دهد:

#### ۹-۴-۹-۱- بازرسی قبل از اجرا

**شرایط و وضعیت سطح جاده:** یکی از نکات مهم خشک و تمیز کردن سطح روسازی است. سطح روسازی باید از لحاظ خشک بودن توسط ناظر یا نماینده کارفرما

مورد آزمایش قرار گیرد. برای تعیین میزان رطوبت سطح، از آزمون لیتموس<sup>۱</sup> یا آزمون های مشابه دیگر به صورت زیر استفاده می‌شود:

ابتدا ناحیه‌ای از سطح روسازی که قرار است خط‌کشی شود به عنوان شاخص کل سطح در نظر گرفته شود. یک ورقه پلاستیکی در ابعاد تقریبی ۱۵ سانتیمتر در ۱۵ سانتیمتر را روی سطح مورد نظر قرار داده و در آن بطور کامل با یک نوار چسب به سطح رویه چسبانده می‌شود. بعد از یک زمان مشخص (معمولاً ۲۰ دقیقه)، میزان معیان رطوبت روی سطحی از پلاستیک که در مجاورت سطح روسازی بوده است، باید بررسی شود. رطوبت موجود بر روی پلاستیک نشان‌دهنده رطوبت در سطح روسازی است. در صورتی که سطح روسازی مرطوب باشد باید ابتدا با وسیله‌ای مناسب سطح حرارت داده و خشک شود.

در صورت نیاز به برداشت رنگ‌های قدیمی ناظر باید توجه داشته باشد که رنگ مورد نظر به طور کامل توسط روش‌های مجاز برداشت رنگ (شن پاشی، هوا پاشی، آب پاشی، جاروب زنی<sup>۲</sup>، حکاکی با اسید یا اسید شویی، خرد کردن یا سایش مکانیکی) از سطح برداشته شده باشد.

**دمای هوا:** برای اجرای اغلب رنگ‌های گرم، دمای هوای محیط باید حداقل ۱۰ درجه سانتیگراد باشد. در صورتی که سازنده رنگ گرم توصیه دیگری داشته باشد باید از آن استفاده شود. با توجه به اینکه سرعت وزش باد نیز در اجرا مهم است، برای تعیین اثر ترکیبی دمای هوا و سرعت وزش باد بر روی رنگ گرم تازه اجرا شده باید فاکتور باد سرد<sup>۳</sup> در نظر گرفته شود. به عنوان مثال وقتی سرعت باد ۶/۴۳ کیلومتر بر ساعت (تقریباً ۴ مایل بر ساعت) یا کمتر باشد، دمای باد سرد برابر دمای واقعی هوا خواهد بود، با افزایش سرعت وزش بیش از ۶/۴۳ کیلومتر بر ساعت (۴ مایل بر ساعت) دمای باد سرد کمتر از دمای واقعی هوا می‌باشد.

این عامل برای تعیین سرعت سرد شدن رنگ گرم یا مواد بر روی سطح روسازی، به کار می‌رود. اگر دمای باد سرد بسیار کم باشد رنگ قبل از اتصال یا چسبندگی مناسب به

1- Litmus Test

2- Brooming

3- Wind Chill Factor

سطح رویه، سرد خواهد شد. برای تعیین این دما علاوه بر استفاده از جداول راهنما می‌توان از رابطه ۳-۹ استفاده کرد [۱۵].

$$T(V^{.16}) + 0.4275 T(V^{.16}) - 35/75 \quad (3-9)$$

$$F = 35/74 + 0.6215 \quad \text{باد سرد}$$

T دمای هوا بر حسب درجه فارنهایت و V سرعت وزش باد بر حسب مایل بر ساعت (mph) است. لازم به ذکر است که فرمول (۳-۹) در محدوده دمایی  $\pm 45$  درجه فارنهایت و سرعت وزش باد ۳ تا ۶۰ مایل بر ساعت تعریف شده است. در صورتی که دما بر حسب درجه سانتیگراد و سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه ثبت شده باشد، می‌توان با استفاده از رابطه  $F = 1.8C + 32$ ، دما را بر حسب درجه فارنهایت و سرعت را با ضرب کردن در ضریب ۲/۲۴ بر حسب مایل بر ساعت محاسبه و در فرمول (۳-۹) قرار داد.

اگر فاکتور یا دمای باد سرد کمتر از ۷ درجه سانتیگراد باشد، نباید رنگ ترموپلاستیک گرم اجرا گردد.

**دمای سطح روسازی:** یکی از مهمترین عوامل در اجرای رنگ‌های گرم محسوب می‌شود. دمای سطح روسازی نسبت به دمای هوا تأثیر بیشتری بر سرعت خشک کردن رنگ یا ماده ترموپلاستیک اجرا شده دارد. دلیل آن این است که سرعت انتقال حرارت از رنگ به سطح روسازی توسط انتقال<sup>۱</sup> و به هوا از طریق هدایت<sup>۲</sup> صورت می‌گیرد در شرایط معمولی، انتقال حرارت توسط انتقال بسیار سریعتر از هدایت است.

حداقل دمای سطح روسازی باید ۱۰ درجه سانتیگراد باشد. دمای سطح روسازی را می‌توان با استفاده از یک دماسنج لیزری اندازه‌گیری کرد. در جدول ۹-۷ حداقل دمای هوا و سطح جاده برای اجرای رنگ‌های مختلف ترافیکی درج شده است.

1- Conduction

2- Convection

جدول ۹-۷: حداقل دمای هوا و سطح جاده برای اجرای رنگ‌های مختلف ترافیکی

حد اقل دمای سطح روسازی (درجه سانتیگراد)	حد اقل دمای هوا (درجه سانتیگراد)	مواد خط‌کشی
۱۰	*	رنگ سرد پایه آبی
۱۰	۹	رنگ ترموپلاستیک گرم
۱۰	۱۰	رنگ ترموپلاستیک اسپری شونده
۲	*	رنگ اپوکسی
۲۱	۱۶-۱۵/۵	نوار پلاستیک سرد
بیشتر از ۱۰	بیشتر از ۱۰	رنگ سرد پایه حلالی
۱۰	*	علائم برجسته‌سازی روسازی

\* در صورت مشخص نشدن دمای هوا، حداقل دمای سطح روسازی در نظر گرفته شود.

**دمای مواد یا رنگ گرم:** اگرچه دمای بهینه برای هر ماده‌ای بر اساس فرمول و ترکیب آن تغییر می‌کند، ولی اکثر مواد ترموپلاستیک در پیش‌گرمکن تا دمای ۲۰۵ الی ۲۲۰ درجه سانتیگراد حرارت داده می‌شوند. دمای مناسب مواد قبل از خط‌کشی باید توسط پیمانکار تعیین شود. در صورت بالا رفتن دمای مواد ترموپلاستیک در مخزن حرارت‌دهی، و یا حرارت‌دهی مواد در زمان طولانی، موجب سوختن مواد و کاهش ماندگاری و دوام خط‌کشی در هنگام سرویس دهی و همچنین موجب جدا شدن دانه‌های شیشه‌ای از روی مواد ترموپلاستیک شوند. در هر صورت دمای مواد نباید در هیچ حالتی از ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر، زمان نگه‌داری مواد در دمای بالا (در زمان اجرا) نباید بیشتر از ۶ ساعت و تعداد دفعات سرد و گرم کردن مواد نیز از سه بار بیشتر نشود.

**سایر موارد جهت بازرسی:** به غیر از آماده‌سازی سطح و کنترل دما، کیفیت خط‌کشی گرم پس از اجرا نیز مانند خط‌کشی رنگ سرد باید بازرسی گردد. برای این منظور باید خط‌کشی ابتدا به طور بصری بازرسی شود تا گوشه‌ها انحراف و چروکیدگی نداشته و فوق پاشش<sup>۱</sup> نشده باشد. بررسی و بازرسی ظاهر خط‌کشی رنگ گرم مشابه خط‌کشی رنگ سرد است. به عبارت دیگر، باید ضخامت خط‌کشی، مقدار و توزیع دانه‌های

1- Overspray

شیشه‌ای توسط یک میکروسکوپ جیبی و آزمون بازتاب نور برگشتی توسط بازتاب سنج نور برگشتی، بررسی گردد.

#### ۹-۴-۹-۲- بازرسی در زمان اجرا [۲]

منظور از بازرسی و نظارت در حین اجرا، بازرسی در مکان خط‌کشی روسازی در طی عملیات خط‌کشی است که شامل اندازه‌گیری ضخامت، پهنا و شکل ظاهری خط‌کشی، پراکندگی، توزیع و میزان فرورفتگی دانه‌های شیشه‌ای می‌باشد. با بازرسی در هنگام اجرا، بسیاری از مشکلات احتمالی مشخص می‌شوند و رفع به موقع آنها امکان‌پذیر است. مصرف درست مواد بوسیله پیمانکار هم باید بررسی شود.

**ضخامت:** بررسی ضخامت خط‌کشی برای تضمین مقدار مصرف مواد بر سطح جاده، بسیار مهم است. روش توصیه شده برای اندازه‌گیری ضخامت خط‌کشی‌های گرم، اندازه‌گیری مکانیکی یک نمونه بوسیله ضخامت‌سنج نوک سوزنی در طول عملیات خط‌کشی است (شکل ۹-۴).

اندازه‌گیری باید از سطح مواد انجام شود. در گذشته از کلیپر<sup>۱</sup> برای اندازه‌گیری ضخامت خط‌کشی‌های روسازی استفاده می‌شد، ولی امروزه استفاده از این وسیله توصیه نمی‌شود. زیرا اندازه‌گیری در بین دانه‌هایی که ارتفاع کاذب ایجاد می‌کنند، با کلیپرها امکان پذیر نمی‌باشد.

نمونه‌ها باید با استفاده از یک صفحه فلزی و یا نوار از عملیات خط‌کشی گرفته شوند. صفحه یا نوار حتماً باید بصورت مخفی و پنهانی بر روی سطح روسازی قرار گیرد. این طرز قرارگیری باعث می‌شود که پیمانکار به منظور ایجاد نمونه ضخیم‌تر حرکت دستگاه را قبل از رسیدن به نوار و یا ورقه فلزی کند نکند. نمونه‌گیری باید در هر ۶۰۰ متر خط‌کشی انجام گیرد. حداقل باید سه اندازه‌گیری بصورت مورب در طول هر نمونه (شکل ۹-۵) انجام گیرد. تمام مقادیر اندازه‌گیری شده باید معادل یا بیش از ضخامت مشخص

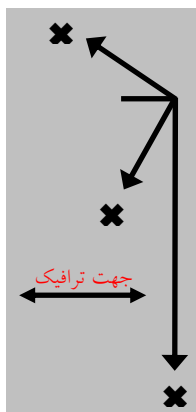
1- Caliper

شده در قرارداد باشد. اگر اندازه‌گیری‌ها کمتر از ضخامت معین شده در قرارداد باشند باید پیمانکار فوراً مطلع شود. لازم به ذکر است که در رنگ گرم، همواره اندازه‌گیری ضخامت خشک مورد نظر بوده و ضخامت رنگ تر به دلیل ویژگی‌های فنی رنگ‌ها در زمان اجرا امکان‌پذیر نبوده و توصیه هم نمی‌شود. ولیکن اطمینان پیمانکار از اینکه آیا دستگاه‌های مورد استفاده قادر به حصول مشخصات مورد نیاز با بالاترین دقت اجرایی بر روی سطح راه هست یا خیر، بسیار حائز اهمیت است.

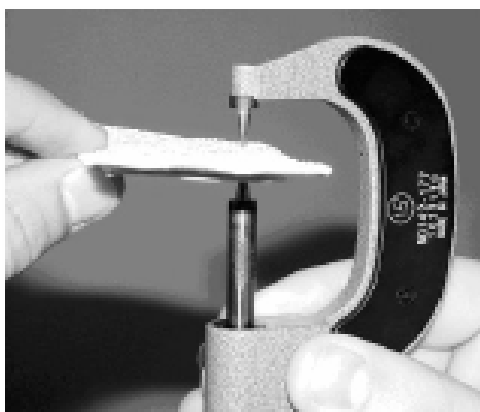
**پهنا یا عرض خط‌کشی:** اگر چه استاندارد برای اندازه‌گیری دستی پهناهای خطوط وجود ندارد، ولی بازرسی پهناهای خط‌کشی امری ضروری است. فواصل تعیین پهناهای خط‌کشی روسازی باید تقریباً مشابه همان فواصل در تعیین ضخامت خط‌کشی روسازی باشد.

**سرعت اجرا:** هدف از تعیین سرعت اجرا بررسی تکرارپذیری سرعت اجرا در ماشین‌های خط‌کشی، تنظیم دستگاه خط‌کشی مورد نیاز برای دستیابی به سرعت مشخص اجرا و تعیین سرعت واقعی آن است. روش کار بدین ترتیب است که پس از تنظیم ضخامت فیلم تر خط‌کشی در زمان اجرا، خط‌کشی روی صفحه فلزی قرار گرفته در مسیر اعمال شده و بلافاصله توسط یک ترازو صفحه وزن می‌شود. سرعت اجرا با در نظر گرفتن وزن مواد اعمال شده، فاصله طی شده در هنگام خط‌کشی جاده و عرض خط‌کشی بر حسب گرم بر متر مربع محاسبه می‌گردد.

برای محاسبه سرعت اجرای دانه‌های شیشه‌ای نیز از روشی مشابه استفاده می‌شود، با این تفاوت که برای محاسبه وزن دانه‌های شیشه‌ای، خط‌کشی دیگری حاوی دانه‌های شیشه‌ای روی صفحه فلزی دیگری اعمال گشته و اختلاف وزن آن با خط‌کشی بدون دانه‌های شیشه‌ای، وزن دانه‌ها را مشخص می‌نماید. با احتساب این وزن و فاصله طی شده برای خط‌کشی جاده و عرض خط‌کشی، می‌توان سرعت اعمال دانه‌های شیشه‌ای را تعیین کرد.



مکان‌های توصیه شده برای  
اندازه‌گیری ضخامت [۲]



شکل ۹-۴: ضخامت سنج سر سوزنی برای اندازه‌گیری  
ضخامت نمونه ترموپلاستیک [۲]



شکل ۹-۵: اجرای خط‌کشی توسط ماشین خط‌کش روی صفحه [۱۱]

مقدار و پراکنندگی دانه‌های شیشه‌ای و عمق فرو رفتگی دانه‌های شیشه‌ای، طبق روش توضیح داده شده در فصل چهار باید کنترل و بازرسی می‌شود. در طی اجرای خط‌کشی، اگر دانه‌های شیشه‌ای خیلی برجسته یا خیلی فرو رفته به نظر برسند، ناظر باید شخص اپراتور را آگاه سازد تا تنظیمات لازم را اتخاذ نماید. در مورد رنگ‌های گرم، دمای مواد تأثیر مهمی در میزان فرورفتگی دانه‌ها دارد. فشار پاشش نیز در میزان فرورفتگی دانه‌های شیشه‌ای تأثیر دارد.

## ۹-۴-۹-۳- بازرسی پس از اجرا

بازرسی خط‌کشی رنگ گرم پس از اجرا تقریباً مشابه بازرسی خط رنگ سرد است و ناظر باید ویژگی‌های زیر را بررسی نماید:

- فام خط‌کشی
- بازتاب نور برگشتی
- ضخامت و ابعاد خط‌کشی
- ویژگی‌های مورد نظر کارفرما

## ۹-۴-۹-۴- پذیرش نهایی

پذیرش نهایی معیاری برای تضمین کیفیت اجرا است. برای پذیرش نهایی باید بعد از گذشت زمان مشخصی از اجرا، خط‌کشی‌ها بازرسی شوند. برای این منظور توصیه می‌شود که یکی از کمیت‌های خط‌کشی به طور روزانه اندازه‌گیری شود. پذیرش نهایی پس از حداقل ۱۵ روز بعد از اجرا صورت می‌پذیرد. این پذیرش منوط به اندازه‌گیری کمیت‌هایی مانند بازتاب نور برگشتی است که بطور توافقی بین کارفرما و پیمانکار مورد موافقت قرار می‌گیرد.

هدف از عمل پذیرش نهایی، تضمین طول عمر سرویس‌دهی و میزان بازتاب نور برگشتی مورد نظر است. به دلیل چسبندگی نامناسب دانه‌های شیشه‌ای به خطوط، ممکن است در روزهای ابتدایی بعد از رفت و آمد از روی خط‌کشی بازتاب نور بطور چشمگیری کاهش یابد. بنابر این اندازه‌گیری میزان بازتاب نور برگشتی باید چند روز بعد از اجرای خط‌کشی و در زمانی انجام شود که میزان بازتاب نور برگشتی به حد یکنواختی رسیده باشد.

لازم به ذکر است که روش آفتاب پشت شانه (فصل سوم)، فقط باید به عنوان یک راهنما برای تشخیص میزان بازتاب نور برگشتی خط‌کشی در شب استفاده شود و نه به عنوان معیاری از پذیرش نهایی.



#### ۹-۴-۹-۵- زمان بازرسی خط‌کشی رنگ گرم

برای بررسی عملکرد خط‌کشی با رنگ گرم توصیه می‌شود که بار اول پس از هفت روز از شروع اجرا و سپس با توجه به طول عمر پیش‌بینی شده هر سه ماه یکبار در سال اول و دو ماه یکبار در سالهای دوم به بعد برای رنگ‌های با طول عمر بیش از ۲۴ ماه و دو ماه یکبار در سال اول و یک ماه یکبار در سال دوم برای رنگ‌های با طول عمر ۱۸ الی ۲۴ ماه، خط‌کشی‌ها ارزیابی شوند. برای این منظور می‌توان از بند ۹-۷ استفاده گردد.

#### ۹-۴-۱۰- زمان اجرای خط‌کشی با رنگ گرم

خط‌کشی با رنگ گرم باید زمانی انجام پذیرد که شرایط آب و هوایی از لحاظ دمای هوا، سرعت وزش باد، نقطهٔ شبنم و دمای سطح روسازی مناسب باشد. در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب بهتر است قبل از شروع فصل بارندگی باید خط‌کشی انجام شود. زمان اجرای خط‌کشی رنگ گرم می‌تواند با توافق بین مجری و کارفرما تعیین گردد.

#### ۹-۵- نکات ایمنی در اجرای خط‌کشی [۱ و ۵]

عملیات خط‌کشی معمولاً در قسمت‌هایی انجام می‌شود که رفت و آمد در آنجا وجود دارد و با توجه به اینکه ماشین‌آلات مربوطه غالباً متحرک می‌باشند، به همین دلیل ایمنی کارگران و اتومبیل‌های عمومی اهمیت زیادی دارد. ماشین‌های خط‌کشی باید قبل از شروع عملیات خط‌کشی بازرسی شوند تا اجرای خط‌کشی روی جاده به طریق ایمن و کارا، تضمین گردد. در زمان بازرسی تجهیزات خط‌کشی بررسی و نظارت بر نکات زیر ضروری است:

- ضرورت پوشیدن لباس فرم و جلیقهٔ ایمنی توسط کلیهٔ افراد اکیپ خط‌کشی،
- استفاده از دستکش و ماسک برای رنگ‌های حلالی و سایر رنگ‌هایی که دارای بوی نامناسب می‌باشند،
- استفاده از البسهٔ آستین‌کش دار بویژه هنگام کار با رنگ گرم،

- همراه داشتن جعبه کمک‌های اولیه،
- همراه داشتن کپسول اطفای حریق،
- همراه داشتن لاستیک مخروطی سالم با دید مناسب و به تعداد کافی،
- روشنایی مناسب ماشین خط‌کشی (نصب چراغهای چشمک‌زن بر روی وسایل نقلیه، فلشهای چشمک‌زن و...)
- علائم هشداردهنده<sup>۱</sup> که بر روی ماشین خط‌کشی نصب شده‌اند نباید خراب و یا صدمه دیده باشند،
- پوشش علائم هشدار دهنده باید دارای خصوصیات خاص و استاندارد باشد،
- علائم هشداردهنده باید در ارتفاع مناسب (۳۰ سانتی‌متر از زمین) نصب شده باشند،
- فرستنده‌های رادیویی در دو طرف باید به درستی کار کنند،
- اپراتور خط‌کشی آموزش دیده و مجرب باشد،
- کمک گرفتن از نیروی پلیس جهت کنترل ترافیک و هدایت ترافیک در مواقع ضروری،
- انتخاب رنگ مناسب و بازدید کافی جهت ماشین آلات خط‌کشی (به فام سفید یا زرد)،
- ماشین‌ها قابلیت چکه کردن و ریزش مایعات را نداشته و در شرایط کاری مناسب باشند،
- ماشین‌ها مجوز فنی معتبر داشته باشند،
- ماشین‌ها در صورت امکان از قابلیت هدایت ترافیک برخوردار باشند،
- علائم منطقه کاری، باید در شرایط مناسب باشند و از مشخصات فنی تعریف شده‌ای برخوردار باشند،

---

1- Truck-Mounted Attenuators (TMAs)

- قسمت‌های مختلف ماشین‌های خط‌کشی (مخزن بنزین، روغن، ترمومتر،...) مدرج باشد،
- تفنگ پاشنده دانه‌های شیشه‌ای درست عمل کند،
- شلنگ‌ها بطور مناسب عایق‌بندی شده باشند و عاری از هر گونه عیبی باشند،
- مخازن ذوب باید قبل از تغییر رنگ به طور کامل تمیز شده باشند.

#### ۹-۶- چک‌لیست بازرسی عمومی برای انواع ماشین‌های اجرا

- شماره فایل
- شماره آزمون
- فام مالک
- آدرس مالک
- محل اجرای خط‌کشی
- توان دستگاه
- شرایط آزمایش سطوح
- انواع اجرا
- ساخت اجرا و مدل‌ها
- شماره ثبت اجرا
- شماره شناسی
- شماره سریال تجهیزات
- کمپرسورها
- مسافت سنج
- مقر و استقرار شبانه ماشین‌آلات و تجهیزات خط‌کشی

## چک‌لیست جهت تأیید عملکرد ماشین اجرای خط‌کشی گرم

چک‌لیست جهت تأیید عملکرد ماشین اجرای خط‌کشی گرم			
مالک		ساخت ماشین اجرا	
شماره ماشین اجرا		نوع ماشین اجرا	
ضخامت ماشین اجرا		شماره ثبت ماشین اجرا	
شماره مخزن دانه‌های شیشه‌ای		شماره طبقه‌بندی ماشین اجرا	
شرایط ضمیمه		وجود دارد یا نه	
شماره تأیید عملکرد ماشین اجرا		تاریخ انقضاء: / /	
آدرس مالک		قابل قبول هست یا نه	
		اسم	
		سمت	
		آدرس	
پهنای خط			
۲۰۰ میلیمتر	۱۵۰ میلیمتر	۱۰۰ میلیمتر	سرعت حرکت (kph) برای خط‌کشی با ضخامت ۲/۵ میلیمتر
			سرعت حرکت (kph) برای خط‌کشی با ضخامت ۱ میلیمتر
تجهیزات ماشین اجرا			
شماره سریال		ساخت و مدل	
تانک حرارت‌دهی			
شماره سریال		ضخامت	
شرایط:			

## ۹-۷- بازرسی دوره‌ای خط‌کشی راهها [۱۶]

علاوه بر بازرسی مراحل مختلف اجرا، همواره طبق روش‌های خاص و در فواصل زمانی معینی خط‌کشی راهها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. هدف از این ارزیابی تشخیص

زمان تخریب خط‌کشی‌ها تا حدی است که باعث کاهش انتقال علائم ایمنی می‌گردد. به عبارت دیگر این ارزیابی فواصل زمانی مناسب برای بازسازی خط‌کشی را مشخص می‌نماید. بنابراین برای این منظور باید تمام یا بخشی از ویژگی‌های زیر بطور دوره‌ای مورد بررسی قرار گیرند:

- بازتاب نور برگشتی
- میزان فرسایش
- فاکتور روشنایی
- مقاومت در برابر سُر خوردگی

مکان قرارگیری خط‌کشی‌ها در راه تعیین‌کننده ویژگی‌های مورد بررسی و روش مورد ارزیابی است. برای ارزیابی دوره‌ای باید کلیه خط‌کشی‌ها اعم از طولی، عرضی و خط‌نوشته‌ها مورد نظر قرار گیرند.

#### ۹-۷-۱- روش بازرسی

در تمام خطوط طولی موجود در خط سرعت، میزان بازتاب نور برگشتی باید توسط بازتاب‌سنج‌های متحرک<sup>۱</sup> (HSM) و بر اساس "دیاگرام الف" ضمیمه (۱) تعیین گردد. اعداد ثبت شده باید میانگین داده‌های موجود در دستگاه در هر ۱۰۰ متر از خط‌کشی باشند. برای کسب اطلاعات بیشتر از کیفیت و عملکرد خط‌کشی‌ها می‌توان خط‌کشی‌ها را بطور بصری بر اساس ضمیمه (۲) و مثالهای نشان داده شده در آن ارزیابی کرد. برای ارزیابی بصری خطوط منقطع باید هر یک از خطوط منطقه مورد بازرسی، ارزیابی شود و سپس برای هر ۱۰۰ متر یک میانگین گرفته شود. برای هر ۱۰۰ متر از خطوط ممتد مورد بررسی باید یک ارزیابی کلی صورت پذیرد.

مناطق که توسط بازتاب‌سنج‌های متحرک HSM نمی‌توان آنها را اندازه‌گیری کرد (مانند خطوط توقف و فلش‌های خروجی)، باید با بازتاب‌سنج‌های دستی و بر اساس

---

1- High Speed Monitor

"دیاگرام ب" ضمیمه (۱) اندازه‌گیری شوند. هنگام بازرسی باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

- ارزیابی بازتاب نور برگشتی با بازتاب سنج‌های دستی: روش اندازه‌گیری با این دستگاه می‌تواند بر طبق ضمیمه (۳) انجام پذیرد.
  - ارزیابی میزان فرسایش: ارزیابی بصری باید بر روی ۵۰ درصد خط‌کشی‌های هر مکان یا بر روی هر ۲۰ متر از خطوط ممتد انجام شود. میانگین نتایج حاصله به عنوان نتیجه نهایی باید در نظر گرفته شود. برای این منظور می‌توان از "دیاگرام ب" ضمیمه (۱) استفاده کرد.
  - ارزیابی فاکتور روشنایی: اندازه‌گیری‌ها باید روی ۵۰ درصد خط‌کشی‌های هر مکان یا هر ۲۰ متر از خط‌کشی‌های ممتد انجام شود. میانگین نتایج حاصله به عنوان نتیجه نهایی باید در نظر گرفته می‌شود. برای این منظور می‌توان "دیاگرام ب" ضمیمه (۱) را مورد استفاده قرار داد.
  - اندازه‌گیری مقاومت در برابر سُر خوردگی: باید بطور دوره‌ای روی ۲۵ درصد از مناطق دارای موقعیت بحرانی و بر اساس "دیاگرام ج" ضمیمه (۱) انجام شود. اندازه‌گیری‌ها باید بر روی مناطق پر تردد خط‌کشی‌های هر منطقه انجام شده و میانگین آنها محاسبه گردد.
- لازم به ذکر است که خط‌کشی‌های محصور در یک چهارچوب معین مانند هاشورها و جزیره‌ها، بدلیل تردد کمتر نسبت به خطوط طولی را می‌توان در فواصل طولانی‌تری نسبت به زمان پیشنهادی برای خطوط طولی بازرسی کرد.

#### ۹-۷-۲- طبقه‌بندی عیوب و حفظ و نگهداری

عیوب مشاهده شده را می‌توان در دسته‌های زیر طبقه‌بندی کرد.

دسته اول: عیوبی که نیاز به توجه فوری دارند و نشاندهنده یک خطر قریب‌الوقوع هستند و نقض وظیفه قانونی محسوب می‌شوند. مثلاً از بین رفتن خط توقف یا خطوط

ممتد دوتایی و همچنین سُر بودن خط‌کشی‌ها که باعث بروز حوادث و سوانح جاده‌ای و مشکلات قانونی متعددی می‌گردد. عیوب دسته اول باید در صورت امکان در زمان بازرسی یا در عرض حداکثر ۲۴ ساعت اصلاح شود. اگر اصلاح و خط‌کشی مجدد در ۲۴ ساعت امکان‌پذیر نمی‌باشد، باید تا زمان انجام عملیات خط‌کشی مجدد، یک تابلو یا علامت مناسب در محل مورد نظر نصب شود. بازسازی دائمی خط باید حداکثر پس از ۲۸ روز از اعلام وجود مشکل و نقص در خط‌کشی انجام پذیرد.

**دسته دوم:** عیوبی که حداکثر ۶ ماه پس از بازرسی و اعلام، باید رفع شود. این نوع عیوب را می‌توان در قالب یک طرح جدید انجام داد. در هر دو مورد جایگزینی یا تعمیر خط‌کشی‌ها باید بر اساس نوع رنگ، طبق روش‌های ذکر شده در این دستورالعمل انجام گیرد.

## ۹-۸- مراجع

1. J. Migletz, J. k. Fish and J. L. Graham, "**Roadway delineation Practices Handbook**". Office of Safety and Office of Technology Applications, Federal Highway Administration, FHWA-SA-93-001, August 1994.
2. Carlos A. Lopez, P.E., "**Pavement Marking Handbook**", Copyright © 2004 by Texas Department of Transportation.
3. TEX, 666,4, TxDOT Specification Items 666, "**Pavement Marking Handbook**", Copyright © 2004 by Texas Department of Transportation.
۴. دستورالعمل اجرایی خط‌کشی راهها، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای اداره کل ایمنی و حریم راهها، بهمن ماه ۱۳۸۴.
۵. آیین‌نامه ایمنی راهها، نشریه شماره ۷-۲۶۷، ایمنی در عملیات اجرایی، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۴.
6. John Tiernan and et al "**Road Marking Guidelines in Irland**", 1998.
7. J.E. Bryden, and W.D. Kenyon, "**Methods for Removal of Pavement Markings**", Resarch Report No. 130, Engineering Research and Development Bureau, New York State Department of Transportation, Albany, Ny, May 1986.
8. "**Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways**", U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, 2003.
9. BS 3262: 1989, "**White Lines and Road Markings**." Technical Specification, White & Yellow
10. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION (CEN). EN 1824,: 2003, "**Road marking Materials – Road Trials**".
11. "**Paint and Bead Durability Study**", Final Report, William J. Hughes technical Center, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, March 2003.
12. ASTM D 713: "**Standard Practice for Conducting Road Service Tests on Fluid Traffic Marking Materials**".



---

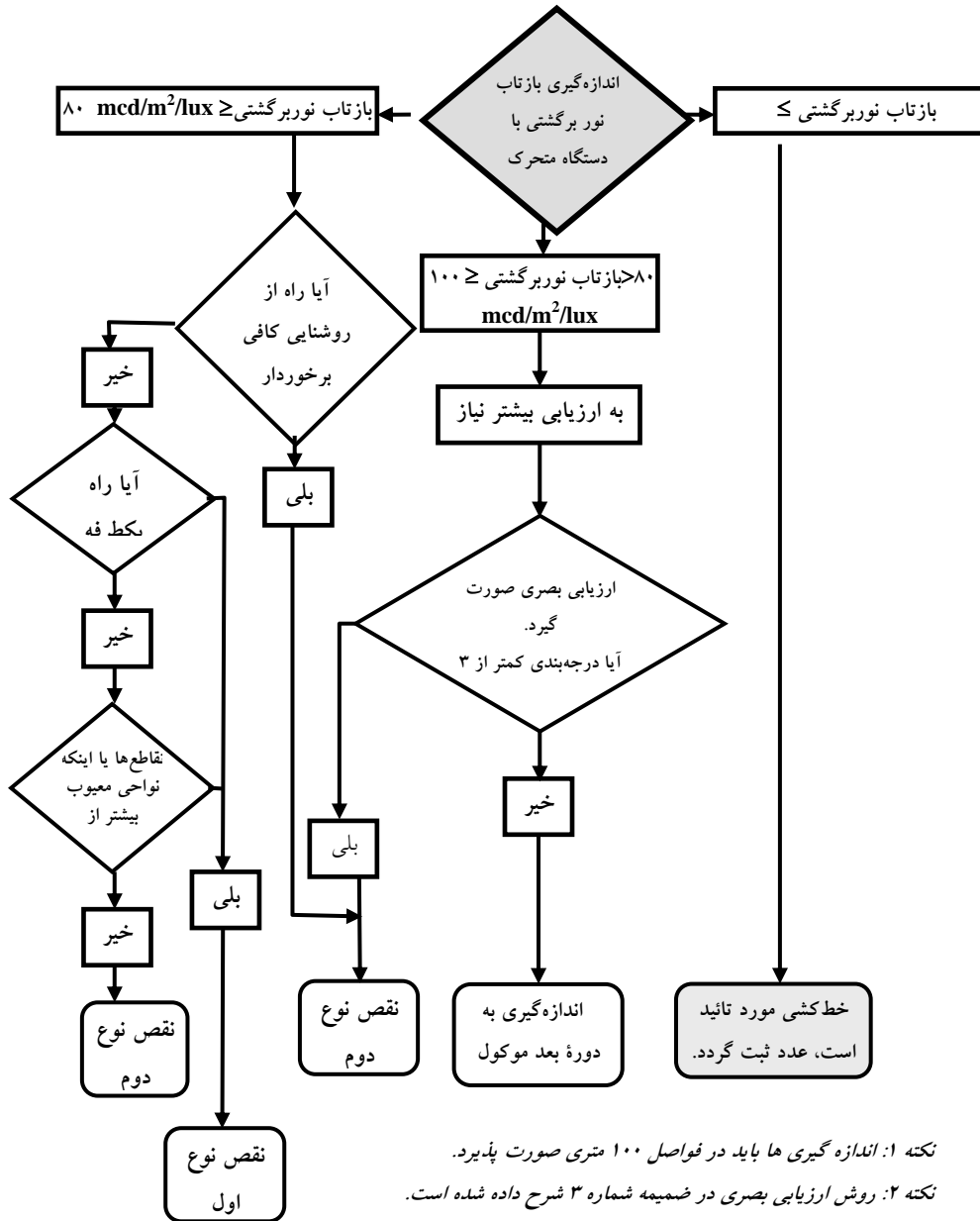
13. EN 1436:1997: **"Road Marking Materials-Road Marking Performance for Road Users"**.

۱۴. نشریه آئین نامه علائم راههای ایران، فصل پنجم، خط کشی راهها، وزارت راه و ترابری ایران، ۱۳۸۳.

15. [Http://www.engineersedge.com/calculators/wind\\_chill.htm](http://www.engineersedge.com/calculators/wind_chill.htm),  
Copyright 2000 - 2005, by Engineers Edge

16. **"Inspection and Maintenance of Road Markings and Road Studs on Motorways and All- Purpose Trunk Roads"**, The Highways Agency, Scottish Executive, Welsh Assembly Government Llywodraeth Cynulliad Cymru and Department for Regional Development Northern Ireland Report No. TD 26/04, 2004.

ضمیمه (۱) - دیاگرام الف - ارزیابی خط‌کشی‌های طولی



نکته ۱: اندازه‌گیری‌ها باید در فواصل ۱۰۰ متری صورت پذیرد.

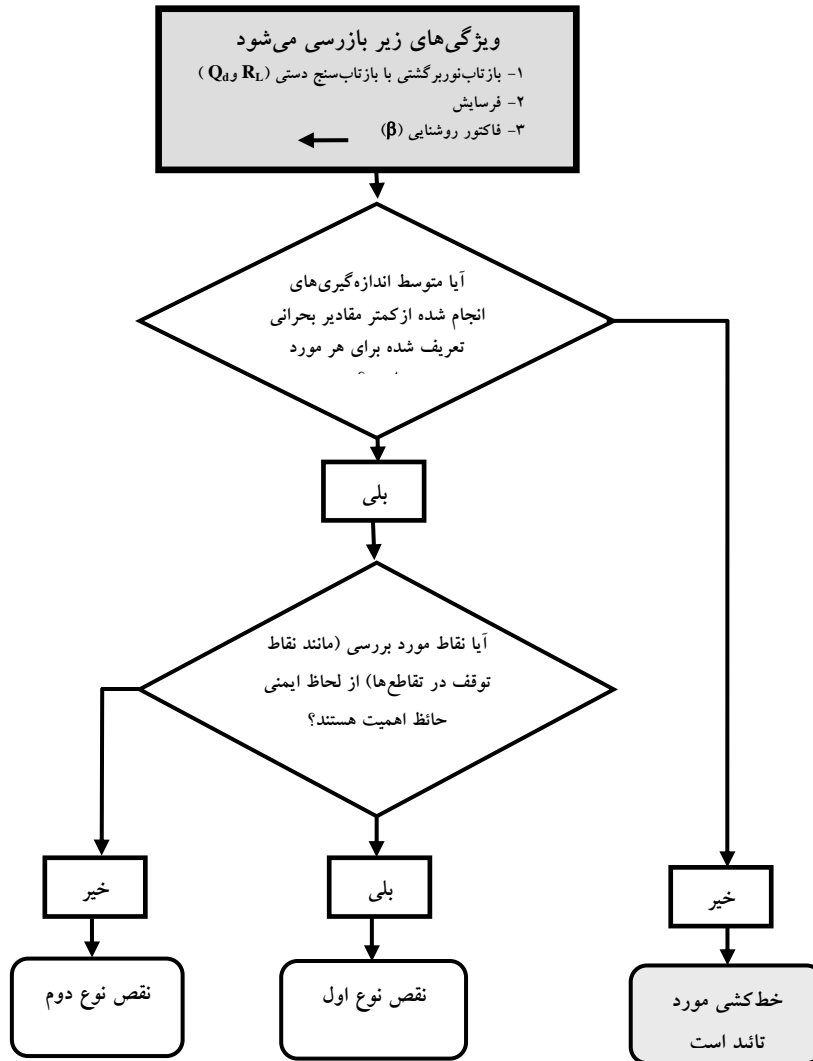
نکته ۲: روش ارزیابی بصری در ضمیمه شماره ۳ شرح داده شده است.

نکته ۳: مقادیر ذکر شده در دیاگرام فوق ویژه رنگ سرد است و چنانچه رنگ

گرم مورد نظر باشد محدوده بازتاب‌ها بترتیب ۳۰۰ و ۲۵۰ برای فام‌های سفید و

زرد در نظر گرفته شود.

دیگرام ب- ارزیابی خط‌کشی‌های طولی در محل‌هایی که امکان کار با دستگاه بازتاب‌سنج متحرک وجود ندارد.



تکته ۱: اندازه‌گیری بازتاب نور برگشتی مطابق با روش ذکر شده در ضمیمه ۳ انجام می‌شود. اندازه‌گیری میزان فرسایش و فاکتور انعکاس باید بر روی ۵۰ درصد از خط‌کشی‌های منطقه مورد نظر یا هر ۲۰ متر از خط‌کشی‌های ممتد انجام شود.

نکته ۲:

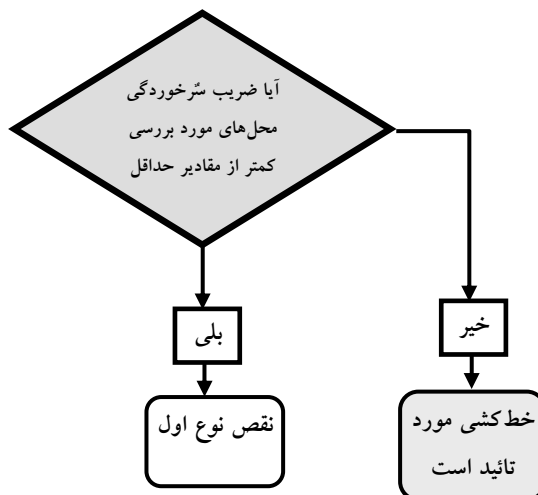
روش	حداقل‌های قابل قبول	خصوصیات
BS EN 1436	(i) بیشتر از $100 \text{ mcd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$ برای (ii) کمتر از $80 \text{ mcd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$ برای برای شرایط مرطوب: بیشتر از $35 \text{ mcd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$	بازتاب نور برگشتی ( $R_L$ )
ارزیابی بصری	بیشتر از ۷۰ درصد خط‌کشی باقی بماند	فرسایش
BS EN 1436	برای فام سفید: بیش از ۰/۳ برای فام زرد: بیش از ۰/۲ (iii)	فاکتور روشنایی ( $\beta$ )

(i): خطوط توقف، (ii): رنگ‌های با مساحت سطحی زیاد و (iii): خطوط عرضی زرد

نکته ۳: مناطق بحرانی به مناطقی است که در آن، کاربران جاده در معرض خطر بیشتری قرار دارند.

### دیاگرام ج- مقاومت در برابر سرخوردگی در مناطق بحرانی

در مناطق بحرانی و خط‌ساز<sup>۱</sup> همراه با مواردی که در مورد بازرسی مناطق قید شده در دیاگرام "ب" آورده شده است، ضریب سرخوردگی با استفاده از دستگاه پاندولی تعیین می‌شود. اندازه‌گیری در محل‌هایی باید صورت گیرد که از ترافیک بیشتر برخوردار است.



نکته ۱: مناطق بحرانی به مناطقی گفته می‌شود که ریسک سرخوردگی و بروز حادثه برای کاربران جاده زیاد است. این مناطق عبارتند از:

(i) خطوط توقف

(ii) خطوط توقف

(iii): رنگ‌های با مساحت سطحی زیاد (خط‌نوشته‌ها و فلش‌ها)


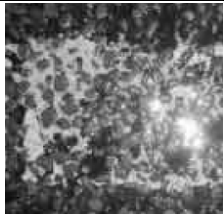

(iii): خطوط عرضی با فام زرد

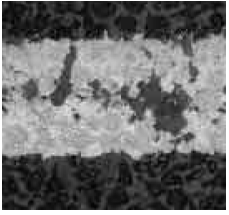


نکته ۲:

روش	حداقل‌های قابل قبول	مناطق
BS EN 1436	SRT > ۴۵	معمولی
	SRT > ۵۵	مناطق خط‌کشی با سطح زیاد، مانند خط‌نوشته‌ها، اعداد و فلش‌ها
	SRT > ۵۵	خط‌کشی‌های عرضی با فام زرد

### ضمیمه (۲) - سیستم ارزیابی بصری

برای ارائه نتایج ارزیابی‌های بصری میزان فرسایش می‌توان از اعداد صفر تا ۵ جدول زیر که به عنوان درجه‌بندی در نظر گرفته می‌شوند، استفاده کرد. مثال‌های تصویری از هر یک از نشانه‌های نامبرده نیز در این جدول آورده شده است.

تصویر	درجه‌بندی	نتیجه ارزیابی بصری (نکته ۱)
	صفر	خط‌کشی بطور کامل از بین رفته است (فرسایش کامل).
	۱	مواد خط‌کشی فقط در حفره‌های روسازی باقیمانده‌اند.
	۲	خط‌کشی قابل رویت است ولی سطح آن دارای نقاط بدون رنگ بوده و قابلیت رویت آن در شب کم می‌باشد.

	<p>۳</p>	<p>برخی مناطق ساییده شده روی خط‌کشی دیده می‌شود و یا قابلیت رویت در شب نسبتاً ضعیف است.</p>
	<p>۴</p>	<p>ساییدگی‌های بسیار جزئی دیده می‌شود. قابلیت رویت در شب خوب است.</p>
	<p>۵</p>	<p>هیچ گونه ساییدگی وجود ندارد و قابلیت رویت در شب خوب است.</p>

نکته ۱:

- ارزیابی بصری باید برای هر یک از خطوط منقطع موجود در منطقه تحت بازرسی انجام شده و در هر ۱۰۰ متر میانگین آن در نظر گرفته شود.
- ارزیابی بصری خط‌کشی‌های ممتد باید بطور کلی و برای هر ۱۰۰ متر انجام پذیرد.

### ضمیمه (۳) - روش اندازه‌گیری بازتاب‌نور برگشتی با بازتاب‌سنج دستی

۱- در این ضمیمه روش بازرسی خط‌کشی‌هایی بیان می‌شود که امکان بازرسی آنها توسط بازتاب‌سنج‌های پر سرعت (نصب شده بر روی ماشین در حال حرکت) وجود ندارد.

#### ۲- نکات عمومی

- روش کار استفاده از بازتاب‌سنج‌های دستی بر اساس EN 1436 می‌باشد.
- نحوه کالیبراسیون و استفاده از دستگاه بازتاب‌سنج باید بر اساس توصیه سازنده دستگاه و استاندارد EN 1436 انجام گیرد.

- دستگاه نباید بلافاصله با قرار گرفتن آن در معرض تغییرات شدید دمایی مورد استفاده قرار گیرد. عبارتی دستگاه باید مدتی در محیط مورد نظر قرار داده شود تا از لحاظ دمایی به وضعیت ثابتی برسد و سپس اندازه‌گیری انجام شود.

- معمولاً توصیه می‌شود که دستگاه در معرض تابش مستقیم نور خورشید قرار نگیرد. - برای خطوط طولی دستگاه را بگونه‌ای روی خط‌کشی قرار دهید که منبع نوری آن هم جهت با تابش نور چراغ اتومبیل قرار گیرد. در مورد سایر خط‌کشی‌ها مانند سمبل‌ها و خط‌نوشته‌ها نیز باید جهت اندازه‌گیری هم جهت با تابش نور اتومبیل در نظر گرفته شود.

- برای اندازه‌گیری بازتاب نور برگشتی بایستی تمام خط‌کشی‌ها تمیز و کاملاً خشک باشند. برای این منظور می‌توان از یک قلم موی مناسب استفاده کرد و ضمن تمیز کردن سطح خط‌کشی، دانه‌های شیشه‌ایی که به سستی روی سطح قرار گرفته‌اند را برداشت.

- توجه به ایمنی در حین انجام عملیات بسیار حائز اهمیت است.

### ۳- انتخاب منطقه آزمون

- منطقه‌ای باید به عنوان نمونه برای آزمون در نظر گرفته شود که شاخصی از کل خط‌کشی مورد نظر باشد.

- برای تعیین فواصل مکانی در نظر گرفته شده برای آزمون می‌توان به استاندارد EN V ENV 13459-3 مراجعه کرد.

### ۴- تعداد آزمون‌ها (تعداد داده‌ها)

- برای خطوط ممتد، در یک ناحیه ۵ متری حداقل ۱۵ بار باید بازتاب نور برگشتی خوانده شود. قابل ذکر است که اندازه‌گیری نباید در شروع و خاتمه خط‌کشی‌ها انجام شود.

- برای خطوط با عرض بیش از ۱۵ سانتیمتر باید دقت شود که اندازه‌گیری در قسمت وسط خط انجام شود.

- برای سایر خط‌کشی‌ها مانند نمادها، خط‌نوشته‌ها و خطوط عرضی اندازه‌گیری باید حداقل در ۵ نقطه دور از هم در سطح خط‌کشی انجام شود.
- از داده‌هایی که نادرست به نظر می‌رسند، باید صرف نظر کرد و به تکرار اندازه‌گیری پرداخت.

#### ۵- ثبت و تفسیر نتایج

برای هر منطقه باید گزارشی حاوی داده‌های زیر تهیه شود:

- نام اپراتور
  - نوع دستگاه و هندسه اندازه‌گیری
  - روش آزمون
  - موقعیت عمومی
  - طول سایت
  - مکان نقطه اندازه‌گیری
  - روز و ساعت انجام آزمون
  - دمای محیط
  - نوع و ابعاد خط‌کشی‌ها
  - شرایط خط‌کشی
  - نحوه آماده‌سازی خط‌کشی (شستشو یا قلم مو)
  - شرایط جوی در زمان انجام آزمون
  - نوع رویه راه
- سپس برای یک منطقه خاص، میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده محاسبه گردد.

#### ۶- اندازه‌گیری انتخابی بازتاب نور برگشتی در شرایط مرطوب و بارانی

- روش اندازه‌گیری بازتاب نور برگشتی در شرایط مرطوب و بارانی، در فصل دوم شرح داده شده است.









## فصل دهم

### واژه‌نامه

---

#### A

---

Abbreviations	اختصارات
Ablative	فدا شوندگی
Abrasion	سایش
Abrasion Resistance	مقاومت سایشی
Abrasive	ساینده
Acid Etching	حکاکی با اسید یا اسید شویی
Acrylic	ترکیباتی که از اسید اکریلیک تهیه شده باشد
Adhesion Coating	پوشش چسباننده
Adhesion Failure	نقص در چسبندگی
Adhesive	چسب
Adhesive Bond Strength	استحکام پیوند چسبندگی
Advance Warning of Give Way Markings	پیش‌آگاهی برای خط‌کشی رعایت حق تقدم عبور
Advance Speed Hump Markings	خط‌کشی‌های پیش‌آگاهی دهنده از وجود سرعت‌گیر
Agglomerates	آگلومرات، تجمع خوشه‌ای ذرات به هم چسبیده از رئوس
Aggregates	اگرگیت، تجمع خوشه‌ای ذرات بهم چسبیده از اضلاع
Air Atomizing Spray	پاشش یا هوای اتمایز شده
Air Blasting	هوای پاشی
Airless Spray	پاشش بدون هوا

Airphatic Solvent	حلال آلیفاتیک
Alignment	مسیر، همتراز
Alkyd	رزین سنتزی که واکنش پلی‌اسید و پلی‌الکل اشباع شده با روغن تهیه می‌شود
Alligator Crackings	ترک‌های پوست سوسماری
All Purpose Roads	راههای عمومی
Ambient Pavement Temperature	دمای سطح روسازی
Anchored	مهاری
Anchored Road Stud	علائم برجسته مهاری
Angle of Intersection	زاویه تقاطع
Angular Material	مواد گوشه‌دار
Appearance	شکل ظاهری
Applied Line	خط‌کشی اجرا شده
Aromatic Solvent	حلال آلی
Arrow	فلش (پیکان)
Arrow Board	صفحه پیکان‌دار
Arrows and Word Markings	فلش‌ها و خط نوشته‌ها
Arrow Panels	صفحات پیکان‌دار
Asphalt Cement (AC)	آسفالت سیمانی
At-Grade Intersection	تلاقی همسطح، تقاطع همسطح
Automatic Mixing Equipment	همزن اتوماتیک
Auxiliary Lane	خطوط کمکی
Average Annual Daily Traffic (AADT)	میانگین سالانه ترافیک روزانه
Average Daily Traffic (ADT)	متوسط ترافیک روزانه
Axis of Symmetry	محور تقارن

**B**

Ball Mill	بال میل
Barrier	مانع (خط محور)
Base	کف، ته
Bead Dispenser	توزیع‌کننده دانه‌ها
Bead Mill	بید میل
Bed	بستر
Biconvex	محدب
Bidirectional	دو طرفه

Bifurcation	تقسیم به دو شاخه شدن
Binder	پیونده
Binder Course Mixture	مخلوط قشرهای آستر (ببندر)
Bituminous	قیر
Blade	تیغه
Bleeding	قیرزدگی
Blister	تاول زدگی
Block	بلوک
Body	بدنه
Bond	پیوند، اتصال
Bond Strength	استحکام چسبندگی
Bonded Road Stud	علائم برجسته چسبی
Bonding	اتصال
Bonding Agent	عوامل پیوند دهنده
Brass Beads	دانه‌های برنجی
Bridge Approaches	ورودی پل‌ها
Brightness	درخشش، درخشندگی
Broken Line	خط منقطع
Brooming	جاروب زنی
Brush	قلم‌مو

## C

Calcined Flint	سنگریزه های آهکی
Capacity	گنجایش، ظرفیت
Candela	کندلا، واحد نور شمع
Carriage	حامل‌ها
Carriageway	راه
Caster	وسیله
Centerline	خط مرکزی، خط محوری
Ceramic	سرامیک
Ceramic Raised Pavement Markes	گلمیخ‌های برجسته سرامیکی
Chalking	گچی شدن
Channelization	کانالیزه شدن ترافیک
Chassis Numbers	شماره شاسی
Chevron	خطوط جناغی
Chevron Alignment Sing	علائم هشدار دهنده‌ای که برای وجود خطوط در

---

Chipping	راهها به کار می‌روند
Chip Seal	جدا شدن لایه‌ای از مواد خط‌کشی از سطح روسازی
China Clay	چپ سیل (سنگفرش - شوسه)
Chisel	رس چینی
Chlorinated Polyolefine	اسکنه
Chroma	پلی‌الفین‌های کلرینه شده
Chlorinated Rubber	خلوص یا اشباع (یکی از محورهای رنگ)
Chromaticity Diagram	لاستیک کلرینه شده (کلروکائوچو)
Classification	دیاگرام رنگ
Coagulation	طبقه‌بندی
Coalescing Agents	تجمع یا انعقاد ذرات
Coalescing Solvent	عامل منعقد کننده
Coarse Textured Surfaces	حلال انعقاد، حلال منعقد کننده
Coefficient of Retroreflection ( $R_A$ )	سطوح با بافت سطحی درشت
Coefficient of Retroreflected Luminance ( $R_L$ )	ضریب بازتاب نور برگشتی
Coefficient of Luminance Intensity ( $R_I$ )	ضریب روشنایی بازتاب نور برگشتی
Cohesion Failure	ضریب شدت روشنایی
Cold-Applied Thermoplastic	نقص هم چسبی
Colour	مواد پلاستیک سرد
Colourimetric	رنگ (فام)
Colour Appearance	رنگ‌سنجی
Colour Retention	ظاهر رنگی
Compressive Strength	حفظ رنگ
Consistency	استحکام فشاری
Construction Zones	قوام
Contact-Cement	مناطق کارگاهی
Contrast	سیمان تماسی
Contrast Markings	تباين رنگی
Contrast Ratio	خط‌کشی‌های متباين
Control by Stop Lines	میزان کنتراست یا تباين
Convection	کنترل بوسیله خط توقف
Conventional	سرعت انتقال حرارت از رنگ به هوا از طریق هدایت معمولی

---

Co- Ordinates Chromaticity	محورهای رنگ
Cost-Effectiveness	نسبت هزینه به عمر مفید (خط‌کشی)
Crack	ترک- شیار
Crash Cushion	ضربه گیر
Cratering	دهانه آتشفشانی
Critical	بحرانی
Critical Velocity	سرعت بحرانی
Cross Marking	خط‌کشی عرضی
Cross Section	مقطع عرضی
Cross Slopes	شیب عرضی
Crosswalk Markings	خط‌کشی‌های عابر پیاده
Curb Markings	خط‌کشی‌های لبه سواره رو
Curbs	جدول
Curing	پخت
Curing Agent	عامل پخت
Curing Compound	ترکیبات پخت
Curvature	پیچ، انحنا
Curve	پیچ، قوس افقی
Cutting	بریدن

**D**

Dansyl Chloride Test Procedure	آزمون حلالی کلردار
Deceleration Lane	خط عبور کاهش سرعت
Decision Sight Distance	زاویه داخلی پیچ، زاویه داخلی قوس افقی
Decomposition	تجزیه
Deformation	تغییر شکل
Definition	تعریف
Deflecting Arrows	فلش‌های انحرافی
Deflocculation	باز شدن تجمعات ذرات
Delaminating	پوستگی (جدا شدن ورقه‌ای)
Delineation	هدایت مسیر، مسیر نمایی
Density	تراکم، فشردگی
Depressible Road Stud	علائم برجسته فشاری
Depression	نشست
Depressed Grade Line	خط شیب فرو رفته
Destabilizing Agent	ماده ناپایدارکننده



Devices	ابزار- تجهیزات
Dew Point	نقطه شبنم
Die	نازل
Dispenser	پخش کننده، توزیع کننده
Dispenser Calibration	کالیبراسیون پخش کننده
Distance	فاصله، مسافت
Double Layer	لایه دوگانه
Double Line	خط دوگانه
Drainage	تخلیه آب، زهکشی
Double Drop System	سیستم دوبار روپاشی
Dribble Line	خط چکان
Drop-on	روپاشی شونده
Dry Film Thickness	ضخامت فیلم خشک
Drum Rolling Equipment	دستگاه غلتک استوانه‌ای
Dual Carriageway Roads	راههای شریانی دو بانده
Durability	دوام

## E

Edge line	خط حاشیه
Edge Lines_Right Hand	خط کشی حاشیه سمت راست
Edge Lines_Left Hand	خط کشی حاشیه سمت چپ
Edge Loss	از بین رفتن حاشیه
Embedded	فرورفته، غوطه‌ور
Embedded Road Stud	علائم برجسته فرو رفته
End Loss	از بین رفتن مواد خط کشی در انتهای طولی آن
Entrances	ورودی‌ها
Entrances Angle	زاویه ورودی
Entrances Ramp	شیراهه ورودی
Epoxy Number	عدد اپوکسی
Epoxy	اپوکسی
Erosion	فرسایش
Exit Ramp	شیراهه خروجی
Exothermic	گرمازا
Expressway	بزرگراه، تندراه
Expressway Exits	خروجی بزرگراه
Extension Through Intersection	خط حاشیه به داخل تقاطع‌ها

خط‌کشی تقاطع‌های هم سطح با کاهش و یا افزایش خطوط حرکت

Extensions Through Intersections or Interchanges

**F**

Falling Weight	سقوط وزنه
Fast Dry	سریع خشک شونده
Federal Highway Administration Home Page (FHWA)	انجمن بزرگراه‌های ایالتی آمریکا
Feed-Screw	مارپیچ تغذیه
Felt Paper	ورقه نم‌دی
Film Integrity	یکنواختی فیلم
Filler	فیلر
Fine Textured Surface	سطح دارای بافت ریز
Fineness grind	دانه‌بندی، نرمی ذرات
Flared End Section	بخش کم کردن عرض مسیر
Flash Point	نقطه اشتعال
Flexural Strength	مقاومت خمشی
Flocculation	تجمع، لخته شدن
Flooded (Bucket) Method	غوطه‌وری
Flotation Bead	دانه شیشه‌ای شناور
Flowability	قابلیت جریان‌پذیری
Flushing	جدا شدن مصالح از سطح رویه
Flux	جریان
Free-Flowing	سیالیت، جریان‌پذیری روان
Freeway	آزادراه
Freeway Exit	خروجی آزادراه
Freeway Interchange	تبادل آزادراه، تقاطع هم‌سطح آزادراه
Freeway to Freeway Interchanges	تبادل دو آزادراه
Freeze-Thaw Stability	مقاومت در برابر چرخه گرما-سرما
Friction factor	ضریب اصطکاک
Frontage Road	راه جانبی
Funneling	کم کردن عرض خط عبور

**G**

Gardner	دستگاه آزمون ضربه گاردنر
Give Way Lines: Double	خط‌کشی "رعایت حق تقدم عبور" - دوبله
Glass	شیشه

Glass Bead	دانه شیشه‌ای
Gloss	جلاء، براقیت
Gradation	درجه‌بندی
Granular Subbase	زیر اساس شنی و سنگی
Granulometry	دانه‌بندی
Gravity Extrusion	اکستروژن تحت نیروی وزن
Grinding	خرد کردن
Grinding Equipment	ماشین خردکننده
Grindometer	گریندومتر، دستگاه سنجش دانه‌بندی
Guideline	خط راهنما

## H

Hammering	چکشی
Handheld	دستی
Hardner	سخت کننده
Hardness	سختی
Headlight Sight Distance	فاصله دید نور چراغ جلوی خودرو
Heat Transfer Fluid	سیال انتقال دهنده حرارت
Hiding Powder	قدرت پوشاندگی
Highway	راه، جاده
Highway Geometric Design	طرح هندسی راه
Horizontal	افقی
Horizontal Alignment	مسیر افقی، پلان
Horizontal Clearance	عرض آزاد، فضای باز عرضی
Horizontal Curve	قوس افقی
Horizontal Entrance Angle	زاویه ورودی افقی
Hot-Applied Thermoplastic	اجرای ترموپلاستیک گرم
Hot Melt Adhesive	چسبهای مذاب داغ (قیری)
Hot-Mix Asphalt Concrete	بتن آسفالتی گرم
Hot Rolled Asphalt (H.R.A)	آسفالت داغ غلتک خورده
Hourly volume	حجم ساعتی
Hydraulic Cement Concrete (HCC)	بتن سیمانی هیدرولیک
Hydroblasting	آب پاشی
Hydrocarbon	هیدروکربن
Hue	فام یا ته رنگ
Humidity	رطوبت

**I**

Impact Strength	مقاومت در برابر ضربه
Incident Luminance	روشنایی نور تابیده شده
Indentation	دندان‌های شدن
Indentation Resistance	مقاومت در برابر اثر دندان‌های
Indenter	دندان‌گذار
Index	نشانه، شاخص
Infiltration	نفوذ
Initial Construction	ساخت اولیه
Instant dry	آنی خشک شونده
Installation	اجرا
Interchange	تبادل، تقاطع غیر همسطح
Interior Loss	خسارت درونی
Intermix	درون مخلوط شونده
Intersection	تقاطع، چند راهی
Intensity	شدت
Illuminance Factor	ضریب روشنایی
Izod	آیزود

**K**

Kiln	کلین
Krebs	واحد اندازه‌گیری ویسکوزیته

**L**

Lane Addition	افزایش خط عبوری
Lane Drops	کاهش خط عبوری
Lane Line	خط عبوری
Lane Reduction	کاهش خط عبوری
Lane Reduction Transition Markings	خط‌کشی‌های مسیرهایی با کاهش خط عبوری
Lane Transition	انتقال خط عبوری
Lead-Lag	عبور مجاز-ممنوع
Left Shoulder	شانه‌ی راه
Left- Turn Lane	خط گردش به چپ
Left- Turn Lane on Median	خط گردش چپ میانه
Left Turn Channelization	جریان‌بندی گردش به چپ
Litmus Test	آزمون لیتموس

Lit Urban and Rural Roads	راههای شهری و روستایی مجهز به روشنایی
Liquid Applied Cold Plastic	پلاستیک‌های سرد اجرا شونده در حالت مایع
Local Road	راه محلی
Longitudina	طولی
Longitudinal Profile	طرح طولی مسیر
Lower Nominal Sieve	الک اسمی تحتانی
Lumen	لومن
Luminance	روشنایی
Luminance Contrast	روشنایی متباین
Luminous Flux	شار روشنایی
Luminous Transmittance	روشنایی انتقال
Luminous Reflectance	روشنایی انعکاس
Luminous Intensity	شدت روشنایی
Lux	لوکس
Izod	عدد آیزود

## M

Marking	خط کشی
Marking of Edge Lines	خط کشی حاشیه راه
Markings for Roundabout Intersections	خط کشی در محل تقاطع‌های میدانی
Markers	علامت‌ها، مشخص‌کننده‌ها
Maintenance	نگهداری
Major highway	راه اصلی
Mandatory	اجباری
Maual of Uniform Traffic Control Devices (MUTCD)	راهنمای تجهیزات کنترل ترافیک
Mean velocity	میانگین سرعت
Median	میانه
Median Barriers	حفاظ میانه
Median Crub	جدول میانه
Median Fencing	حصار کشی میانه
Median Grad	شیب میانه
Median Islands Formed by Carriageway Marking	جزیره‌های وسط سواره‌رو به وجود آمده در اثر خط کشی
Median Lane	خط عبور مجاور میانه
Methyl Methacrylate	متیل متا آکریلات

Merging	همگرایی ترافیک، یکی شدن ترافیک
Merging Lane Metering	کنترل همگرایی ترافیک
Mil	میل
Mill Base	پایه آسیاب
Mirror Reflection	انعکاس آینه‌ای
Mobile	متحرک
Moisture	رطوبت
Moisture Proof	ضد رطوبت
Multilane	چند خطه
Multiple Lanes	چند خطی

## N

National Highway Network	شبکه راه‌های ملی
National Highway System	سیستم راه‌های ملی
Night-Time	شب هنگام
No Pick-Up Time	زمان خشک شدن ترافیکی
No- Overtaking Lines	خطوط سبقت ممنوع
No- Overtaking Advance Warning Lines	خطوط هشدار دهنده سبقت ممنوع
No Overtaking Zone Markings	خط‌کشی محل‌هایی که سبقت گرفتن در آنها ممنوع است
No Passing Barrier	خط محوری عبور ممنوع
No Passing Zone	ناحیه عبور ممنوع
Non Depressible	غیر فشاری
Non Depressible Road Stud	علامت برجسته غیر فشاری
Non Plowable	غیر قابل برف‌روبی
Non- Reflecting Road Stud	علامت برجسته بدون بازتابندگی - گل میخ
Non- Reflective	غیر بازتابنده
Notched	شکاف‌دار

## O

Objective	پاسخ‌های عینی
Observation Angle	زاویه دید
Offset	برون‌گرائی
Oils	روغن‌ها
Oleoresins	رزین‌ها (روغن‌ها)
Older Driver	راننده مسن

One- Way	یکطرفه
Opacity	پوشش
Opaque	پشت پوش
Orientation Angle	زاویه جهت یابی
Oven	گرم خانه - کوره
Overlay Installation	نصب روکش
Overspray	فوق پاشش
<b>P</b>	
Paddle- Type	نوع پدالی
Paint	رنگ سرد
Paint Testing Manual	روش آزمون رنگ
Painted Markings	خط کشی با رنگ سرد
Parking Space Marking	خط کشی محل‌های توقف (پارکینگ)
Passenger Car	اتومبیل سواری
Passing	عبور
Passing Lane	خط سبقت
Pattern	الگو - تیپ
Patching	وصله کردن (لکه گیری)
Pavement	روسازی
Pavement Markings	خط کشی‌های روسازی
Pedestrian	پیاده‌رو
Penetration	نفوذ
Pencil Hardness	سختی مدادی
Performance	کارایی، عملکرد
Performance Marking	اجرای خط کشی
Permanent	دایمی
Permanent Reflecting Road Stud	علائم برجسته بازتابنده دائمی
Permissive	مناطق عبور آزاد
Pendulum Hardness	سختی سنجی آونگی
Photo-Detectors	دریافت کننده نور
Photometric	نور سنجی
Photo-Tube	لوله نوری
Photo-Cell	نوری
Pigment	پیگمنت
Plastic	پلاستیک

Plasticizer	نرم‌کننده‌ها
Polyester	پلی‌استر
Portland Cement Association (PCA)	سیمان پرتلند
Portland Cement Concrete (PCC)	بتن سیمانی پرتلند
Post-Mounted Delineation	مسیر نماهای پس نصب شونده
Preformed Tape	نوارهای خط‌کشی پیش‌ساخته
Pre marking	پیش علامت‌گذاری، خط‌کشی اولیه راه
Premix	پیش مخلوط شده
Primer	آستر
Prismatic Cube-Corner Retroreflection	بازتاب نور برگشتی گوشه مکعبی درخشان
Procedure	روشن، دستورالعمل
Profiled Thermoplastic	مواد ترموپلاستیک طرح‌دار
Prohibited Road	راههای ممنوعه
Projectile	پرتابه
Protection	محافظت
Psychophysical	مرحله روانی - واقعی
Psychological	فرآیند روانی
Pull-off Test	آزمون چسبندگی
Pumping	پمپ شدن
<b>Q</b>	
Quick Dry	بسیار سریع خشک شونده
<b>R</b>	
Radiation	تابشی
Raised	برجسته
Raised Pavement Markers (RPM)	علائم روسازی‌های برجسته
Raised Reflectors	بازتابنده‌های برجسته
Reactive Beads	دانه‌های شیشه‌ای واکنش‌پذیر
Reactive Index (RI)	شاخص واکنش‌پذیر
Reference Direction	خط مرجع، محور مرجع
Reference Point	نقطه مرجع
Reflecting Road Stud	برجستگی‌های بازتابنده
Reflective	بازتاب
Reflectorized Raised Pavement Markers (RRPMs)	علائم برجسته بازتابنده
Reflected Light	نور برگشتی، نور انعکاس یافته



---

Reflex Lenses	عدسی یا لنزهای انعکاسی (چشم‌گیره‌ای‌ها)
Removability	قابلیت برداشت
Replacement Factor	فاکتور جایگزینی
Residue of Adhesives	باقیمانده چسب‌ها
Resilience	جهندگی
Resin	رزین
Restraining Frame	چهارچوب نگهدارنده
Restrictive	محلی که وسیله نقلیه حق حرکت در آن را ندارد
Retroreflector	بازتابنده
Retroreflectometer	بازتاب‌سنج
Retroreflectivity	بازتابش نور برگشتی
Ribbon Extrusion	اکستروژن نواری
Rifle Box	جعبه تقسیم
Road	راه، جاده
Road bed	بستر راه
Road Studs	برجستگی راه
Road Marking on Freeway	خط‌کشی آزادراهها
Roadway	جاده
Roadway Delineation Practices Handbook	فرهنگ جامع عملیات مسیرنمایی جاده‌ها
Rolled Asphalt	آسفالت غلتک خورده
Rolling	غلتک خوردن
Roll-Over	عبور چرخش اتومبیل
Roofing Paper	کاغذ ضد آب
Roundish	گرد گونه
Route Markres	علائم راه
Routine Maintenance	نگهداری روزمره
Roughness	زبری یا ناهمواری
Roundness	گردی
Rubber Base	پایه لاستیکی
Rubbing	مالش
Rural Road	راه روشنایی (راههای برون شهری)
Rutting	ریش ریش شدن

---

S

Safety	ایمنی
Sampling	نمونه‌برداری
Sand Blasting	شن‌پاشی
Sand Mill	آسیاب شنی
Sand Patch	پچ شنی
Sand Seal	درزگیری با شن
Scrapping	تراوش و برش
Scratching	خراشیده شدن
Self-Adhesive	خود چسب
Self-Propelled	خود رونده
Semi-Wet Retroreflective Tape	نوارهای خط‌کشی با قابلیت بازتاب نور برگشتی نیمه مرطوب
Service Life	عمر سرویس‌دهی
Shadow Vehicle	ماشین دنباله‌رو
Shear Force	نیروی برشی
Shear Strength	استحکام برشی
Shipment	حمل
Shrinkage	جمع‌شدگی، چروکیدگی
Sieve Size	اندازه الک
Single Carriageway Two-Way Roads	راههای شریانی یک بانده
Single Lane	مسیر یک خطه
Signalized Intersection	تقاطع مجهز به چراغ راهنمایی
Signals	تحریکات یا علائم
Signs	علائم، تابلوها
Silica	دی اکسید سیلیکون
Silica Sand	شن‌های سیلیسکا
Site Selection	انتخاب محل
Skid Resistance	مقاومت در برابر سُرخوردگی
Slope	شیب
Slippage Cracking	ترک‌های لغزشی
Smashing	ضربه‌ای
Smearing	برشی (مالشی)
Snow Plow	برف‌روب
Softening point	نقطه نرمی، نقطه نرم شوندگی

Solid Line	خط ممتد
Solid Angle	زاویه همگن
Solvent	حلال
Spacing	فاصله خالی در خط‌کشی
Speed	سرعت، تندى
Speed Hump	سرعت گیر
Speed Measurement Markings	خط‌کشی‌های سرعت‌سنج
Specific Gravity	وزن مخصوص
Specimen	نمونه
Spectrum Locus	لوکاس یا مکان هندسی طیفی
Splattering	ترشح مواد
Spotting	لکه دار
Staining	ایجاد لکه
Standard Paint and Beads	رنگ سرد لانتکس حاوی دانه‌های شیشه‌ای استاندارد
Stiffness	چقرمگی
Stop Bar	علائم موانع
Stop Line: Double	خط ایست-دوبله
Stop Line: Single	خط‌کشی ایست ساده
Stop & Speed Signs	علائم توقف و سرعت
Storage	انبارداری
Stripping	اجرای خط‌کشی
Subjective	پاسخ‌های ذهنی
Substrate	سطحی که مواد خط‌کشی روی آن اعمال می‌شود
Surface	سطح
Surface Defects	عیوب سطحی
Surface Deformation	تغییر شکل سطح
Surface Treatment	عملیات سطحی
Sun-Over-Shoulder	آفتاب پشت شانه
Symbol Marking	علائم خط‌کشی
<b>T</b>	
Taber	دستگاه ساینده تَبر
Tack Coat	لایه چسبنده
Tangent	مماس
Technique	روش

Temporary	موقتی
Temporary Pavement Marking	خط‌کشی‌های موقت
Texas Department of Transportation (TXDOT)	مؤسسه راه ترابری ایالت تگزاس امریکا
Texas Transportation Institute (TTI)	پژوهشگاه حمل و نقل تگزاس
Texture Depth	عمق بافت سطحی
The Deflecting Arrows	فلش‌های انحرافی
Thermoplastics	مواد ترموپلاستیک
Thickness	ضخامت
Thixotropy	تیکسوتروپی
Three- Roll-Mill	آسیاب سه غلتکی
Tinting Strength	قدرت رنگ‌دهندگی
Tolerance	حد رواداری، حد انحراف مجاز
Total Power Output	کل توان یا انرژی خروجی
Tractive Force	نیروی کششی
Traffic Control Devices	ابزار کنترل ترافیک
Traffic Cones	مخروط‌های ترافیکی
Traffic Devices	علائم ترافیک
Traffic Index	نشانه ترافیک، ضریب ترافیک
Traffic Islands	جزیره‌های ترافیکی
Traffic Marking	خط‌کشی ترافیکی
Traffic Signal	چراغ راهنمایی
Transparency	شفافیت
Transverse	عرضی
Transverse Marking	خط‌کشی‌های عرضی
Transverse (Thermal) Cracking	ترک‌های عرضی
Trasluscent	نیمه شفاف
Treated Beads	دانه‌های شیشه‌ای با آماده‌سازی سطح
Triangular Give Way Approach Marking	مثلث حق تقدم عبور
Trichromatic Coefficients	ضرایب سه‌گانه رنگی
Truck Mounted	ماشین‌آلات خط‌کشی مجهز به بارکش یا باربر
Truck-Mounted Attenuators (TMAs)	علائم هشداردهنده ماسین باربر
Turnout	مسیر خروجی
Turn Sing	علائم گردش
Turning Traffic	ترافیک گردشی

Turnouts	دور برگردان‌ها، خروجی
Two-Lane Road	راه دو خطه
Two-Way Road	راه دو طرفه
Type Acceptance	نوع پذیرش
<b>U</b>	
Ultraviolet	ماوراء بنفش
Undivided Multilane Roads	راههای چند خطه تفکیک نشده
Unidirectional	یک طرفه
Unlit Rural Road	راههای برون شهری بدون روشنایی
Upper Nominal Sieve	الک اسمی فوقانی
Upper Safety Sieve	الک ایمن فوقانی
Urban Area	منطقه شهری
Urban Road	راه شهری
<b>V</b>	
Value	روشنایی یا ارزش
Vehicle	محمل، وسیله نقلیه
Vibration	لرزش، ارتعاش
Victoria Department of Transport (VDOT)	سازمان حمل و نقل ایالت ویرجینیای آمریکا
Viscosity	ویسکوزیته، گرانیروی
Visibead or Large Beads Weather	دانه‌های درشت قابل دید
Visibility	قابلیت دید
Volatile Organic Compounds (VOC)	ترکیبات فرار آلی
<b>W</b>	
Warning Sing	علائم خطر
Water Absorption	جذب آب
Water- Borne Paint	رنگ سرد پایه آبی
Waiting Space Marking	خط‌کشی جهت تعیین محدودیت توقف
Wear Cycle Per Mil	فرسایش
Wear Index	اندیس فرسایش
Wear Resistance	مقاومت فرسایشی
Weighted	درجه‌بندی توزین شده
Wet Film Thickness	ضخامت فیلم تر
Wet Retro Reflective Tape	نوارهای خط‌کشی با قابلیت بازتابندگی در شرایط مرطوب

---

Wetting	تر شوندگی
Wind Chill Factor	فاکتور باد سرد
Wide Line	خط پهنا
Wire Brushing	برس سیمی
Word Markings	خط نوشته‌ها
Work Zones	مناطق کارگاهی

---



