

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

مشخصات فنی عمومی راه

نشریه شماره ۱۰۱

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

Nezamfanni.ir

۱۴۰۰

پیش نویس غیر قابل استناد

فهرست مطالب

۱۲	۱۷-۱- مقدمه
۱۲	۱۷-۲- انواع روش‌های نگهداری
۱۳	۱۷-۳- اندود آب‌بندی (فاگ‌سیل)
۱۴	۱۷-۳-۱- مواد و مصالح
۱۴	۱۷-۳-۲- میزان قیر امولسیون
۱۵	۱۷-۳-۳- تجهیزات و ماشین‌آلات
۱۵	۱۷-۳-۴- اجرا
۱۶	۱۷-۳-۵- محدودیت دمایی
۱۶	۱۷-۳-۶- اندازه‌گیری احجام پخش
۱۶	۱۷-۴- اندود آب‌بندی جاروب‌کشی شده (اسکراپ‌سیل)
۱۶	۱۷-۴-۱- اندازه‌گیری احجام پخش
۱۷	۱۷-۴-۲- دوغاب آب‌بندی قیری (اسلاری‌سیل)
۱۷	۱۷-۴-۳- مواد و مصالح
۱۷	۱۷-۴-۳-۱- قیر امولسیون
۱۷	۱۷-۴-۳-۲- مصالح سنگی
۱۹	۱۷-۴-۳-۳- فیلر معدنی
۱۹	۱۷-۴-۳-۴- آب
۱۹	۱۷-۴-۳-۵- افزودنی
۱۹	۱۷-۴-۴- طرح اختلاط
۲۱	۱۷-۴-۵- تجهیزات و ماشین‌آلات

- ۱۷-۴-۶- کالیبراسیون دستگاه..... ۲۱
- ۱۷-۴-۷- آماده‌سازی سطح راه قبل از اجرا..... ۲۲
- ۱۷-۴-۸- تولید و اجرا..... ۲۲
- ۱۷-۴-۹- کنترل ترافیک..... ۲۴
- ۱۷-۴-۱۰- محدودیت آب و هوایی..... ۲۴
- ۱۷-۴-۱۱- کنترل کیفیت..... ۲۴
- ۱۷-۴-۱۲- اندازه‌گیری و پرداخت..... ۲۵
- ۱۷-۵- آسفالت نازک امولسیون (میکروسرفیسینگ)..... ۲۶
- ۱۷-۵-۱- مواد و مصالح..... ۲۶
- ۱۷-۵-۱-۱- قیر امولسیون..... ۲۶
- ۱۷-۵-۱-۲- مصالح سنگی..... ۲۷
- ۱۷-۵-۱-۳- فیلر معدنی..... ۲۸
- ۱۷-۵-۱-۴- آب..... ۲۹
- ۱۷-۵-۱-۵- افزودنی..... ۲۹
- ۱۷-۵-۲- طرح اختلاط..... ۲۹
- ۱۷-۵-۳- تجهیزات و ماشین‌آلات..... ۳۰
- ۱۷-۵-۴- کالیبراسیون دستگاه..... ۳۰
- ۱۷-۵-۵- آماده‌سازی سطح راه قبل از اجرا..... ۳۱
- ۱۷-۵-۶- تولید و اجرا..... ۳۱
- ۱۷-۵-۷- کنترل ترافیک..... ۳۱
- ۱۷-۵-۸- محدودیت آب و هوایی هنگام عملیات اجرایی..... ۳۱
- ۱۷-۵-۹- کنترل کیفیت..... ۳۱
- ۱۷-۵-۱۰- اندازه‌گیری و پرداخت..... ۳۱
- ۱۷-۶- آسفالت سطحی (چیپ‌سیل)..... ۳۱

۳۱	 کلیات ۱-۶-۱۷
۳۲	 مواد قیری ۲-۶-۱۷
۳۴	 سنگدانه‌ها ۳-۶-۱۷
۳۵	 خواص فیزیکی و مقاومتی ۱-۳-۶-۱۷
۳۵	 دانه‌بندی ۲-۳-۶-۱۷
۳۶	 تمیزی ۳-۳-۶-۱۷
۳۷	 انتخاب نوع قیر ۴-۳-۶-۱۷
۳۸	 طراحی آسفالت سطحی ۴-۶-۱۷
۳۹	 محاسبه مقادیر پخش قیر و مصالح ۵-۶-۱۷
۳۹	 مقدار سنگدانه‌ها ۱-۵-۶-۱۷
۴۰	 مقدار قیر ۲-۵-۶-۱۷
۴۲	 اصلاح مقادیر طرح ۳-۵-۶-۱۷
۴۴	 نمونه محاسبات ۴-۵-۶-۱۷
۴۶	 تجهیزات و ماشین‌آلات ۶-۶-۱۷
۴۶	 قیرپاش ۱-۶-۶-۱۷
۴۷	 ماشین پخش سنگدانه‌ها ۲-۶-۶-۱۷
۴۸	 غلتک‌ها ۳-۶-۶-۱۷
۴۸	 جاروی مکانیکی ۴-۶-۶-۱۷
۴۹	 کامیون حمل مصالح ۵-۶-۶-۱۷
۴۹	 روش‌های اجرایی ۷-۶-۱۷
۴۹	 کالبراسیون ۱-۷-۶-۱۷
۴۹	 شرایط آب و هوایی ۲-۷-۶-۱۷
۴۹	 ایمنی و کنترل ترافیک ۳-۷-۶-۱۷

۵۰	۱۷-۶-۴- آماده سازی سطح موجود.....
۵۲	۱۷-۶-۵- اجرای آسفالت سطحی.....
۵۶	۱۷-۶-۸- روش های کنترل کیفیت.....
۵۶	۱۷-۶-۱- کنترل مواد و مصالح.....
۵۶	۱۷-۶-۲- کنترل آسفالت سطحی.....
۵۶	۱۷-۶-۹- اندازه گیری و پرداخت.....
۵۷	۱۷-۷- آسفالت حفاظتی ترکیبی (کیپ سیل).....
۵۸	۱۷-۸- آسفالت داغ لایه نازک (TLA).....
۵۸	۱۷-۸-۱- تعریف و تشریح.....
۵۸	۱۷-۸-۲- مواد و مصالح.....
۵۸	۱۷-۸-۲-۱- قیر و مواد قیری.....
۶۰	۱۷-۸-۲-۲- مصالح سنگی.....
۶۱	۱۷-۸-۲-۳- فیلر اضافی.....
۶۱	۱۷-۸-۲-۴- مواد افزودنی.....
۶۲	۱۷-۸-۳- طرح اختلاط و ویژگی های آسفالت لایه نازک.....
۶۳	۱۷-۸-۳-۱- دانه بندی و درصد قیر.....
۶۴	۱۷-۸-۳-۲- ضخامت لایه.....
۶۴	۱۷-۸-۳-۳- ریزش مواد قیری.....
۶۴	۱۷-۸-۳-۴- ساخت و تراکم نمونه های آسفالتی.....
۶۵	۱۷-۸-۳-۵- وزن مخصوص و درصد فضای خالی.....
۶۶	۱۷-۸-۳-۶- حساسیت رطوبتی.....
۶۶	۱۷-۸-۳-۷- استحکام مکانیکی (شیار افتادگی).....
۶۷	۱۷-۸-۳-۸- مقاومت در برابر ریزش سوخت (فقط برای کاربرد فرودگاهی).....
۶۷	۱۷-۸-۳-۹- مقاومت در برابر مایعات ضدیخ (فقط برای کاربرد فرودگاهی).....

- ۱۷-۸-۳-۱۰- نام‌گذاری آسفالت داغ لایه نازک..... ۶۸
- ۱۷-۸-۳-۱۱- ویژگی‌ها و فرمول‌های پیشنهادی برای آسفالت داغ لایه نازک..... ۶۸
- ۱۷-۸-۴- تجهیزات و ماشین‌آلات..... ۶۹
- ۱۷-۸-۵- ساخت و اجرا..... ۶۹
- ۱۷-۸-۵-۱- محدودیت‌های آب و هوایی..... ۶۹
- ۱۷-۸-۵-۲- آماده‌سازی سطح موجود..... ۶۹
- ۱۷-۸-۵-۳- حمل آسفالت..... ۷۰
- ۱۷-۸-۵-۴- پخش آسفالت..... ۷۰
- ۱۷-۸-۵-۵- تراکم آسفالت..... ۷۰
- ۱۷-۸-۵-۶- دمای آسفالت..... ۷۱
- ۱۷-۸-۶- کنترل کیفیت..... ۷۱
- ۱۷-۸-۷- اندازه‌گیری و پرداخت..... ۷۲
- ۱۷-۹- آسفالت داغ فوق نازک (UTBWC)..... ۷۳
- ۱۷-۹-۱- تعریف و تشریح..... ۷۳
- ۱۷-۹-۲- مواد و مصالح..... ۷۳
- ۱۷-۹-۲-۱- قیر و مواد قیری..... ۷۳
- ۱۷-۹-۲-۲- مصالح سنگی..... ۷۵
- ۱۷-۹-۲-۳- فیلر اضافی..... ۷۶
- ۱۷-۹-۲-۴- مواد افزودنی..... ۷۷
- ۱۷-۹-۳- طرح اختلاط و ویژگی‌های آسفالت..... ۷۷
- ۱۷-۹-۳-۱- دانه‌بندی و درصد قیر..... ۷۸
- ۱۷-۹-۳-۲- ضخامت قشر قیری..... ۷۹
- ۱۷-۹-۳-۳- مقدار پخش آسفالت و ضخامت لایه..... ۸۱

- ۸۱..... ۱۷-۹-۳-۴- ریزش مواد قیری.....
- ۸۲..... ۱۷-۹-۳-۵- وزن مخصوص و درصد فضای خالی.....
- ۸۲..... ۱۷-۹-۳-۶- حساسیت رطوبتی.....
- ۸۳..... ۱۷-۹-۳-۷- نام گذاری آسفالت داغ فوق نازک.....
- ۸۳..... ۱۷-۹-۴- تجهیزات و ماشین آلات.....
- ۸۴..... ۱۷-۹-۵- ساخت و اجرا.....
- ۸۴..... ۱۷-۹-۵-۱- محدودیت های آب و هوایی.....
- ۸۴..... ۱۷-۹-۵-۲- آماده سازی سطح موجود.....
- ۸۴..... ۱۷-۹-۵-۳- حمل آسفالت.....
- ۸۵..... ۱۷-۹-۵-۴- اندود قیر امولسیون پلیمری.....
- ۸۵..... ۱۷-۹-۵-۵- پخش آسفالت.....
- ۸۶..... ۱۷-۹-۵-۶- تراکم آسفالت.....
- ۸۶..... ۱۷-۹-۶- کنترل کیفیت.....
- ۸۶..... ۱۷-۹-۶-۱- آزمایش های آسفالت.....
- ۸۷..... ۱۷-۹-۷- اندازه گیری و پرداخت.....
- ۸۸..... ۱۷-۱۰-۱- درزگیری روسازی ها.....
- ۸۸..... ۱۷-۱۰-۱- کلیات.....
- ۸۹..... ۱۷-۱۰-۲- مواد درزگیر.....
- ۸۹..... ۱۷-۱۰-۲-۱- مواد آب بندی گرم ریز.....
- ۹۰..... ۱۷-۱۰-۲-۲- مواد پرکننده گرم ریز و سرد ریز.....
- ۹۰..... ۱۷-۱۰-۲-۳- نوار نگهدارنده (باربر).....
- ۹۱..... ۱۷-۱۰-۳- تجهیزات و ماشین آلات.....
- ۹۱..... ۱۷-۱۰-۳-۱- اره برقی یا شیارزن.....
- ۹۲..... ۱۷-۱۰-۳-۲- کمپرسور هوا.....

۹۲	 ۱۷-۱۰-۳-لوله هوای داغ
۹۲	 ۱۷-۱۰-۴-نازل آب پرفشار
۹۲	 ۱۷-۱۰-۵-دستگاه سنبلاست
۹۲	 ۱۷-۱۰-۶-تجهیزات ریختن و تزریق ماده درزگیری
۹۳	 ۱۷-۱۰-۷-ابزار شکل‌دهی ماده درزگیر
۹۳	 ۱۷-۱۰-۸-ابزار نصب نوار نگهدارنده
۹۳	 ۱۷-۱۰-۴-زمان اجرا و شرایط آب و هوایی
۹۳	 ۱۷-۱۰-۱-مواد درزگیری گرم‌ریز
۹۴	 ۱۷-۱۰-۲-مواد درزگیر سردریز
۹۴	 ۱۷-۱۰-۵-ایمنی و کنترل ترافیک
۹۵	 ۱۷-۱۰-۶-روش‌های اجرای درزگیری
۹۵	 ۱۷-۱۰-۱-برش و شیارزنی
۹۶	 ۱۷-۱۰-۲-پاک‌سازی و آماده‌سازی درز و ترک
۹۸	 ۱۷-۱۰-۳-آماده‌سازی و تزریق ماده درزگیر
۱۰۰	 ۱۷-۱۰-۴-پوشش ماده درزگیر
۱۰۰	 ۱۷-۱۰-۷-اندازه‌گیری و پرداخت
۱۰۱	 ۱۷-۱۱-آسفالت سرد بسته‌بندی شده
۱۰۱	 ۱۷-۱۱-۱-تعریف و محدوده کاربرد
۱۰۲	 ۱۷-۱۱-۲-مواد و مصالح
۱۰۲	 ۱۷-۱۱-۳-طراحی
۱۰۲	 ۱۷-۱۱-۴-روش اجرا
۱۰۳	 ۱۷-۱۱-۵-بسته‌بندی، انبار کردن و تاریخ مصرف
۱۰۳	 ۱۷-۱۱-۶-کنترل کیفیت

- ۱۰۳.....۱۷-۱۱-۶-۱- درصد قیر و دانه بندی
- ۱۰۳.....۱۷-۱۱-۶-۲- تعیین پوشش باقیمانده مواد قیری به روش آب جوشان
- ۱۰۴.....۱۷-۱۱-۶-۳- آزمایش پیوستگی و انسجام مخلوط در سرما
- ۱۰۵.....۱۷-۱۱-۶-۴- کارپذیری
- ۱۰۵.....۱۷-۱۱-۷- اندازه گیری و پرداخت

پیش نویس
غیر فابل اسناد

آسفالت‌های حفاظتی و نگهداری پیشگیرانه، ترمیمی و اضطراری روسازی‌ها

۱۷-۱- مقدمه

حفاظت و نگهداری از روسازی‌ها مجموعه‌ی عملیاتی هستند که در طول دوره‌ی عمر و بهره‌برداری از روسازی انجام می‌شوند تا سطح سرویس و ایمنی راه ارتقا یابد. انواع روش‌های نگهداری بر حسب کاربرد به سه دسته‌ی کلی نگهداری پیشگیرانه^۱، نگهداری ترمیمی^۲ و نگهداری اضطراری^۳ تقسیم می‌شوند.

نگهداری پیشگیرانه مجموعه عملیاتی است که به صورت دوره‌ای بر روی روسازی راه انجام می‌شود تا سطح خدمت‌دهی آن همواره مناسب باقی بماند و از تخریب و اضمحلال روسازی جلوگیری گردد. استراتژی نگهداری پیشگیرانه بر این اساس استوار است که با انجام هزینه در زمانی که سطح خدمت‌دهی راه همچنان خوب بوده و دچار خرابی‌های عمده نشده است، از انجام تعمیرات اساسی و پرداختن هزینه‌های بالای بهسازی کلی و یا بازسازی روسازی در آینده جلوگیری گردد. با داشتن چشم‌انداز بلندمدت برای نگهداری روسازی راه و برآورد هزینه‌ی چرخه‌ی عمر روسازی، اجرای برنامه‌ی نگهداری پیشگیرانه و ساخت رویه‌های حفاظتی در زمان‌های مقرر، باعث افزایش سطح خدمت‌دهی روسازی‌ها و صرفه‌جویی در منابع مالی و معدنی و حفظ محیط زیست خواهد شد. روش‌های حفاظتی شامل روکش‌های عمدتاً نازک هستند که به منظور حفاظت از روسازی راه‌ها، افزایش سطح خدمت‌دهی و برطرف کردن خرابی‌های سطحی و عملکردی آن‌ها اجرا می‌شوند.

به علاوه، روش‌های درزگیری، لکه‌گیری و پرکردن چاله‌ها نیز شامل روش‌های نگهداری ترمیمی و اضطراری روسازی‌ها می‌شوند.

۱۷-۲- انواع روش‌های نگهداری

روش‌های حفاظتی و نگهداری با توجه به نوع آن‌ها، قابلیت اجرا بر روی روسازی‌های آسفالتی، بتنی و راه‌های شنی را دارند. به طور کلی، امکان استفاده از روش‌های حفاظتی در تمام شرایط آب و هوایی، جغرافیایی و ترافیکی وجود دارد. روش حفاظتی مناسب بر اساس شرایط آب و هوایی، شرایط ترافیکی، نوع راه و روسازی آن، وضعیت هندسی و جغرافیایی مسیر، وضع موجود راه و میزان خرابی‌های روسازی با مطالعه‌ی مهندسين مشاور و بر اساس این دستورالعمل انتخاب می‌گردد.

متداول‌ترین روش‌های حفاظتی و نگهداری روسازی‌ها عبارت‌اند از:

- اندود آب‌بندی (فاگ‌سیل)^۴
- اندود آب‌بندی جاروب‌کشی شده (اسکراب‌سیل)^۵

^۱ Preventive Maintenance

^۲ Corrective Maintenance

^۳ Emergency Maintenance

^۴ Fog Seal

^۵ Scrub Seal

- دوغاب آب‌بندی قیری (اسلاری سیل)^۱
- آسفالت نازک امولسیون (میکروسرفیسینگ)^۲
- آسفالت سطحی (چیپ سیل)^۳
- آسفالت حفاظتی ترکیبی (کیپ سیل)^۴
- آسفالت داغ نازک
- آسفالت داغ فوق نازک
- درزگیری و پرکردن ترک‌ها
- چاله پرکنی با آسفالت سرد بسته‌بندی

۱۷-۳- اندود آب‌بندی (فاگ سیل)

اندود آب‌بندی (فاگ سیل)، پخش قیر امولسیون با کندروانی کم (معمولاً رقیق شده با آب) بر روی سطح جاده است. این اندود می‌تواند روش مناسبی برای نگهداری راه‌ها باشد، هر چند که کارایی آن به اندازه رویه‌های حفاظتی حاوی مصالح سنگی نیست. اندود آب‌بندی برای احیای روسازی‌های پیرشده‌ای بکار می‌رود که رنگ مشکی آن‌ها تبدیل به خاکستری شده و قدری سخت و شکننده شده هستند، اما مشکل سازه‌ای نداشته باشند. هدف از اجرای آن نیز آب‌بندی ترک‌های ریز و پر کردن منافذ سطحی و جلوگیری از شن‌زدگی روسازی است. این روش نگهداری باعث افزایش عمر روسازی و به تأخیر انداختن عملیات بهسازی پرهزینه می‌گردد. اندود آب‌بندی را می‌توان بر روی آسفالت سطحی (چیپ سیل) نیز اجرا کرد تا مانع جداشدگی سنگدانه‌ها و پرتاب آن‌ها از زیر چرخ وسایل نقلیه گردد. اگر اندود آب‌بندی مطابق یک برنامه مدون و در زمان‌های معین بر روی راه اجرا شود، می‌تواند یک گزینه‌ی نگهداری پیشگیرانه مناسب باشد.

توجه شود راه‌های آسفالتی که تازه روکش یا لکه‌گیری شده‌اند و یا به هر دلیلی دارای بافت سطحی نفوذناپذیر و یا مشکل لغزندگی هستند، برای اجرای اندود آب‌بندی مناسب نیستند.

به طور خلاصه، روسازی‌های با شرایط زیر برای اجرای اندود آب‌بندی مناسب هستند:

- با بافت سطحی مناسب و لغزندگی کم
- بدون خرابی قابل مشاهده
- پیرشده، قبل از اینکه بسیار شکننده شوند.

¹ Slurry Seal

² Microsurfacing

³ Chip Seal

⁴ Cape Seal

- با شن‌زدگی خفیف
- با ترک‌های سطحی ریز
- همچنین روسازی‌های با شرایط زیر برای اجرای اندود آب‌بندی مناسب نیستند:
- دارای خرابی‌های قابل مشاهده‌ی زیاد
- سطوح قیرزده
- حاوی ترک‌های عریض
- دارای شیارشدگی، موج‌زدگی و یا تغییرشکل‌های ماندگار
- دارای خرابی‌های سازه‌ای
- با اصطکاک سطحی کم
- روسازی‌های نفوذناپذیر

۱۷-۳-۱- مواد و مصالح

قیر امولسیون مورد استفاده در اندود آب‌بندی می‌تواند از انواع CSS-1, SS-1h, RS-1, SS-1 و CRS-1 و CSS-1h باشد. قیر امولسیون را می‌توان به نسبت‌های مختلف، حداکثر به نسبت ۱ به ۵ (یک واحد قیر امولسیون و ۵ واحد آب) رقیق نمود، ولی معمولاً رقیق‌سازی با نسبت یک به یک مناسب است. میزان رقیق‌سازی بسته به شرایط و وضع خرابی - های مسیر و شرایط ترافیکی تعیین می‌شود و باید تحت نظر دستگاه نظارت باشد. نوع قیر امولسیون مصرفی بسته به شرایط سطح روسازی و خرابی‌های آن و مدت زمان انسداد ترافیک تعیین می‌شود.

جهت رقیق‌سازی قیر امولسیون با آب، ابتدا باید سازگاری آب مصرفی با قیر امولسیون کنترل شود. رقیق‌سازی در کارگاه تولید قیر امولسیون و با اضافه کردن آب به امولسیون صورت می‌پذیرد (و نه بالعکس). به منظور جلوگیری از ته‌نشینی، قیر امولسیون رقیق شده باید حداکثر تا ۲۴ ساعت مصرف گردد.

در صورت نیاز می‌توان از افزودنی‌های جوانساز و یا دیگر افزودنی‌های شیمیایی که باعث بازیابی خصوصیات ویسکوالاستیک قیر سخت‌شده می‌شوند، با تأیید دستگاه نظارت و پس از اطمینان از عملکرد مناسب (با انجام آزمایش‌های لازم) استفاده نمود.

۱۷-۳-۲- میزان قیر امولسیون

برای سطوح مختلف روسازی، میزان مناسبی از قیر امولسیون رقیق‌شده می‌تواند به راحتی داخل ترک‌ها و منافذ سطحی نفوذ کرده و سطح راه را کاملاً پوشش دهد. مقدار پاشش قیر امولسیون رقیق‌شده معمولاً در محدوده ۱۵۰ تا ۹۰۰ گرم در مترمربع سطح راه مناسب است. نسبت رقیق‌سازی و میزان پخش قیر امولسیون باید بر حسب شرایط راه (بافت سطحی)، میزان خشکی سطح (کم قیری یا پر قیری سطح راه)، میزان ترک‌ها و شن‌زدگی سطح روسازی انتخاب

شود و به تأیید دستگاه نظارت برسد. برای روسازی‌های پیرشده که دارای منافذ سطحی و ترک‌های زیاد باشند، می‌توان از مقادیر بیشتر قیر امولسیون استفاده نمود.

برای سطوح کاملاً صاف و صیقلی و بدون منافذ سطحی نباید از این روش حفاظتی استفاده کرد. پخش مقدار زیاد قیر امولسیون باعث چسبیدن قیر به چرخ وسایل نقلیه و افزایش لغزندگی می‌شود. در صورت پخش بیش از حد قیر امولسیون، پاشش ماسه با حداکثر اندازه ۶ میلی‌متر بر روی سطح قیرزده به مقدار ۳ تا ۶ کیلوگرم در مترمربع می‌تواند تا حدی مشکل را برطرف کند.

به منظور تخمین میزان پخش قیر امولسیون، ناظر مقیم باید ابتدا یک لیتر قیر امولسیون رقیق‌شده با آب به نسبت یک به یک را در یک متر مربع از سطح راه پخش کند. اگر قیر امولسیون پس از ۲ تا ۳ دقیقه جذب سطح روسازی نشود، باید میزان پخش قیر امولسیون را با رقیق‌تر کردن آن (مثلاً یک واحد قیر امولسیون و دو واحد آب) کاهش دهد و آزمایش را برای یک سطح جدید در یک متر مربع تکرار کند تا جایی که میزان مناسب قیر امولسیون تعیین شود. اگر سطح روسازی در آزمایش اول نشان دهد که قابلیت جذب مقدار بیشتری از قیر امولسیون را دارد، باید مقدار آن را افزایش داده و قیر امولسیون رقیق‌شده با نسبت جدید را بر روی یک سطح جدید از روسازی در یک متر مربع پخش کند تا میزان پخش مناسب قیر امولسیون تعیین گردد.

برای تعیین تقریبی میزان پخش قیر امولسیون از آزمون حلقه که در استاندارد AASHTO PP 88 تشریح شده است، استفاده می‌شود.

۱۷-۳-۳- تجهیزات و ماشین‌آلات

برای اجرای اندود آب‌بندی به یک دستگاه قیرپاش نیاز است که امکان پاشش قیر امولسیون با دبی یکنواخت و قابل کنترل را داشته باشد. زاویه قرار گرفتن نازل‌ها روی لوله پخش و ارتفاع نازل‌ها از سطح زمین باید به اندازه‌ای باشد که پاشش قیر امولسیون به صورت یکنواخت صورت گرفته و با همپوشانی دوتایی یا سه‌تایی نازل‌ها قیرپاشی انجام شود و پوشش سطح راه کامل شود.

۱۷-۳-۴- اجرا

سطح راه باید کاملاً تمیز بوده و در صورت نیاز، بادگیری و یا جاروب گردد. قیر امولسیون رقیق‌شده باید با نرخ مشخص و به میزان دقیق و یکنواخت بر روی سطح راه پخش شود. قسمت ابتدا و انتهای هر قطعه از محل قیرپاشی باید توسط گونی یا نظیر آن پوشانده شود تا قیر امولسیون اضافی بر روی سطح راه جاری نگردد. اجرای اندود آب‌بندی در ابتدا ممکن است باعث کاهش اصطکاک سطحی روسازی گردد. به منظور مقابله با این معضل می‌توان با پاشش مقدار بسیار کمی ماسه بر روی سطح روسازی، اصطکاک آن را احیا کرد. اجرای نوار آزمایشی به طول ۳۰۰ متر، قبل از اجرای اصلی الزامی است.

باید از عبور ترافیک بر روی سطح اجرا شده بلافاصله پس از پایان عملیات، جلوگیری شود. بازگشایی ترافیک هنگامی مناسب است که قیر امولسیون شکسته شده و با تبخیر آب، گیرش آن کامل شده باشد و قیر امولسیون نیز جذب سطح روسازی شده باشد. زمان بازگشایی ترافیک در هوای گرم و خشک، حداقل یک ساعت پس از اجرا است و در هوای سرد و مرطوب ممکن است تا سه ساعت پس از اجرا باشد. زمان بازگشایی به نوع قیر امولسیون نیز بستگی دارد.

۱۷-۳-۵- محدودیت دمایی

اندود آب‌بندی باید در هوای خشک و زمانی اجرا شود که دمای هوا برای گیرش امولسیون به اندازه‌ی کافی بالا باشد. در هنگام اجرا، دمای هوا باید بالاتر از ۱۰ درجه سانتیگراد و دمای سطح راه بالاتر از ۱۵ درجه سانتیگراد باشد. در صورت پیش‌بینی بارندگی تا ۲۴ ساعت پس از اجراء، نباید اندود آب‌بندی اجرا شود.

۱۷-۳-۶- اندازه‌گیری احجام پخش

با استفاده از آزمایش سینی در محل اجراء و توزین آن قبل و بعد از پخش اندود آب‌بندی، میزان پخش قیر امولسیون تعیین می‌شود. همچنین با استفاده از نمونه‌ی قیر امولسیون اخذ شده از مخزن قیرپاش (پس از هم‌زدن و مخلوط کردن آن)، درصد قیر خالص باقیمانده و میزان رقیق‌شدن قیر امولسیون محاسبه می‌گردد. با استفاده از هر دو نتیجه، میزان قیر امولسیون پخش‌شده محاسبه گردیده و مبنای پرداخت به پیمانکار قرار می‌گیرد. در صورت نیاز به انجام عملیات جانبی پیش از اجرای اندود آب‌بندی (هواگیری، جاروب‌کشی و غیره)، هزینه‌ی آن عملیات به طور جداگانه به پیمانکار پرداخت می‌گردد.

۱۷-۴-۱- اندود آب‌بندی جاروب‌کشی شده (اسکراب‌سیل)

در مسیرهای با ترک‌های زیاد، به منظور هدایت قیر امولسیون به درون جسم روسازی و ورود آن به ترک‌ها، می‌توان از یک وسیله دارای شاسی چرخ‌دار استفاده کرد که حاوی برس‌های متعدد بوده و مجهز به سیستم قیرپاشی باشد. مشخصات، مواد و مصالح مورد کاربرد و روش اجرای اندود آب‌بندی جاروب‌کشی شده همانند فاگ‌سیل (اندود آب‌بندی) است که در بند قبل تشریح گردید. برس‌های استفاده شده در دستگاه، باید قبل از اجرا کاملاً تمیز شوند.

۱۷-۴-۱- اندازه‌گیری احجام پخش

همه قیرهای امولسیون ورودی به کارگاه باید صورتجلسه شده و با تقسیم وزن قیر امولسیون مصرفی بر مساحت اجرا شده، میزان کارکرد اندود آب‌بندی جاروب‌کشی شده به دست آید. با تعیین درصد قیر باقیمانده‌ی قیرهای امولسیون وارد شده به کارگاه، میزان رقیق‌سازی قیر امولسیون تعیین می‌شود.

۱۷-۴-۲- دوغاب آب‌بندی قیری (اسلاری سیل)

دوغاب آب‌بندی قیری مخلوطی است از مصالح سنگی ریزدانه، قیر امولسیون، آب، فیلر و برخی از افزودنی‌ها که با یکدیگر مخلوط شده و بر روی سطح روسازی آماده‌شده پخش می‌گردد. استفاده از فیلر و افزودنی ممکن است بر حسب شرایط الزامی نباشد.

دوغاب آب‌بندی قیری در رویه‌هایی که از نظر سازه‌ای سالم هستند، به منظور برطرف کردن خرابی‌هایی نظیر شن‌زدگی و لغزندگی سطح، پرکردن ترک‌های ریز با هدف آب‌بندی سطح روسازی و افزایش طول عمر آن کاربرد دارد. استفاده از دوغاب آب‌بندی قیری در رویه‌های نشست کرده و یا دارای تغییرشکل و شیارشدگی مجاز نیست. دوغاب آب‌بندی قیری از نظر زمان گیرش، به دو دسته‌ی با بازگشایی سریع و بازگشایی تدریجی ترافیک تقسیم می‌شود. در شرایطی که سطح روسازی تنش‌های برشی بزرگ را تجربه خواهد کرد، استفاده از دوغاب آب‌بندی قیری توصیه نمی‌شود.

در صورت اجرای این نوع آسفالت در مسیرهای با پیچ‌های تند و راه‌هایی که خودروها در آنها توقف‌ها و حرکت مجدد مکرر داشته باشند، بازگشایی ترافیک نیاز به مدت زمان بیشتری دارد.

۱۷-۴-۳- مواد و مصالح

۱۷-۴-۳-۱- قیر امولسیون

قیر امولسیون مورد استفاده در دوغاب آب‌بندی قیری بر حسب جنس مصالح سنگی و شرایط اجرا از یکی از انواع قیرهای SS-1، SS-1h، CSS-1، CSS-1h و CQS-1h انتخاب می‌شود. ویژگی‌های قیرهای امولسیون آنیونی و کاتیونی باید با مشخصات مندرج در این نشریه برای این نوع قیرها مطابقت داشته باشند. مشخصات استاندارد قیرهای امولسیون آنیونی بر اساس استانداردهای AASHTO M140 یا ASTM D977 و مشخصات قیرهای امولسیون کاتیونی بر اساس استانداردهای AASHTO M208 یا ASTM D2397 ارائه شده است.

استفاده از پلیمر در قیر امولسیون اسلاری سیل (دوغاب آب‌بندی قیری) اختیاری است و با نظر مهندسین مشاور صورت می‌گیرد. در صورت نیاز به تولید و اجرای اسلاری سیل با سیستم بازگشایی سریع ترافیک باید از قیر امولسیون سریع‌شکن نوع CQS-1h استفاده شود. در صورت استفاده از پلیمر در قیر امولسیون اسلاری سیل، ویژگی‌های آن باید با مشخصات ذکر شده برای قیر امولسیون میکروسرفیسینگ مطابقت داشته باشد.

۱۷-۴-۳-۲- مصالح سنگی

مصالح سنگی مورد استفاده در اسلاری سیل را می‌توان از شکستن سنگ‌های گرانی، آهکی، سرباره، سیلیسی و یا دیگر سنگ‌های با کیفیت تهیه نمود. برای اطمینان از شکسته بودن همه‌ی سنگدانه‌ها، باید در فرآیند خردایش مصالح

سنگی، اندازه‌ی سنگ مادر تحت خردایش از بزرگترین سنگدانه استفاده شده در دانه‌بندی بزرگتر باشد. مشخصات مصالح سنگی مورد استفاده در اسلاری سیل به شرح **جدول ۱۷-۱** است.

جدول ۱۷-۱- مشخصات مصالح سنگی دوغاب آب‌بندی قیری

حدود مشخصه	روش استاندارد		مشخصه / آزمایش
	AASHTO	ASTM	
حداقل ۴۵	T176	D2419	ارزش ماسه‌ای بعد از افزودن فیلر، درصد
حداکثر ۱۵	T104	C88	افت وزنی با سولفات سدیم، درصد
حداکثر ۲۵	T104	C88	افت وزنی با سولفات منیزیم، درصد
حداکثر ۳۵	T96	C131	افت وزنی در آزمایش سایش لس‌آنجلس، درصد ^(۱)
(۱) آزمایش بر روی سنگ مادر انجام شود.			

دانه‌بندی فرمول کارگاهی اسلاری سیل باید در محدوده‌ی یکی از سه دانه‌بندی **جدول ۱۷-۲** باشد. پس از تعیین فرمول کارگاهی، دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی مصرفی در کارگاه باید در محدوده‌ی رواداری‌های مجاز مندرج در ستون آخر **جدول ۱۷-۲** قرار داشته باشد. کنترل دانه‌بندی دیوی مصالح سنگی موجود در کارگاه به این صورت است که پنج نمونه‌ی مختلف از دیوی مصالح برداشته شده و میانگین دانه‌بندی آن‌ها تعیین می‌شود. میانگین دانه‌بندی نمونه‌های برداشته‌شده از دیو باید در محدوده‌ی رواداری‌های مجاز نسبت به فرمول کارگاهی قرار گیرند. در صورت خروج میانگین دانه‌بندی مصالح دیو از حدود رواداری، پیمانکار باید مصالح را جایگزین کرده و یا دانه‌بندی آن را اصلاح کند و سپس شروع به عملیات اجرایی نماید. در انتخاب دانه‌بندی کارگاهی دقت گردد که درصد مصالح عبوری دو الک متوالی، از انتهای محدوده الک درشت‌تر به ابتدای محدوده الک ریزتر و یا بالعکس تغییر نکند. در صورت مخلوط شدن مصالح سنگی با مصالح درشت‌تر، باید مصالح سرند شود و سپس وارد ماشین اجرای اسلاری سیل شوند.

انتخاب نوع دانه‌بندی بر اساس کاربرد اسلاری سیل به شرح زیر صورت می‌گیرد:

نوع یک: برای پر کردن حفرات سطح روسازی و از بین بردن خرابی‌های سطحی با شدت متوسط کاربرد دارد. ریز بودن مصالح در این دانه‌بندی به نفوذ مخلوط در ترک‌ها کمک می‌کند.

نوع دو: برای پر کردن حفرات سطح روسازی، از بین بردن خرابی‌های سطحی با شدت بیشتر، آب‌بندی و فراهم کردن یک رویه‌ی بادوام سطحی کاربرد دارد.

نوع سه: حداکثر اصطکاک سطحی را به همراه داشته و عملکرد لایه‌ی رویه را ارتقاء می‌دهد. در صورت اجرای اسلاری سیل در راه‌های شریانی، توصیه می‌گردد از این نوع دانه‌بندی استفاده گردد.

جدول ۱۷-۲- محدوده‌های دانه‌بندی دوغاب آب‌بندی قیری و رواداری‌های مجاز

اندازه‌ی الک	درصد رده‌شده از الک‌ها
--------------	------------------------

نوع یک	نوع دو	نوع سه	رواداری مجاز
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	---
۱۰۰	۱۰۰-۹۰	۹۰-۷۰	±۵
۱۰۰-۹۰	۹۰-۶۵	۷۰-۴۵	±۵
۹۰-۶۵	۷۰-۴۵	۵۰-۲۸	±۵
۶۵-۴۰	۵۰-۳۰	۳۴-۱۹	±۵
۴۲-۲۵	۳۰-۱۸	۲۵-۱۲	±۴
۳۰-۱۵	۲۱-۱۰	۱۸-۷	±۳
۲۰-۱۰	۱۵-۵	۱۵-۵	±۲

۱۷-۴-۳-۳- فیلر معدنی

کاربرد فیلرهای معدنی که از نظر شیمیایی فعال یا غیرفعال باشند، برای استفاده در دوغاب آب‌بندی قیری مناسب است. استفاده از فیلر می‌تواند با اهداف بهبود قوام مخلوط، کنترل زمان شکست، زمان گیرش و اصلاح دانه‌بندی صورت گیرد. از سیمان، آهک هیدراته، پودر سنگ آهک یا فیلرهای دیگری که ویژگی‌های آنها با مشخصات استاندارد ASTM D242 مطابقت داشته باشد، می‌توان به عنوان فیلر استفاده کرد. فیلر مورد استفاده باید در فرآیند طرح اختلاط نیز استفاده شود. پس از اخذ طرح اختلاط، تعویض نوع فیلر مجاز نیست. میزان کاربرد فیلر عموماً کمتر از ۳ درصد است و باید به عنوان بخشی از دانه‌بندی مصالح در نظر گرفته شود.

۱۷-۴-۳-۴- آب

آب مصرفی باید عاری از نمک‌ها و آلودگی باشد. اگر کیفیت آب مصرفی مورد سوال باشد، باید نمونه‌ی آب نیز به همراه بقیه مواد و مصالح به آزمایشگاه ارسال گردد تا از وجود املاح مضر و ناخالصی‌های دیگر در آن اطمینان حاصل شود.

۱۷-۴-۳-۵- افزودنی

افزودنی‌هایی را می‌توان برای کنترل زمان شکست و زمان گیرش به مخلوط دوغاب آب‌بندی قیری اضافه کرد. استفاده از افزودنی و میزان کاربرد آن باید در طرح اختلاط ذکر شده باشد. افزودنی‌های دیگری مانند مواد بهبود دهنده چسبندگی، افزاینده‌ی اسیدیته‌ی قیر و غیره نیز قابل استفاده است. معمولاً این افزودنی‌ها که به قیر خالص پایه اضافه می‌شوند، با پلیمر استفاده‌شده در قیر امولسیون متفاوت هستند. در صورت تأیید استفاده از افزودنی، هزینه‌ی آن به طور جداگانه به پیمانکار پرداخت می‌گردد.

۱۷-۴-۴- طرح اختلاط

پس از بررسی کیفیت مواد و اجزای تشکیل دهنده‌ی دوغاب آب‌بندی قیری، باید طرح اختلاط تهیه گردد. هدف از

تهیه‌ی طرح اختلاط، بررسی سازگاری اجزای تشکیل‌دهنده‌ی دوغاب آب‌بندی قیری با یکدیگر، تعیین درصد قیر بهینه، بررسی قوام مخلوط و تعیین زمان بازگشایی ترافیک است. انجام آزمایش‌های مندرج در **جدول ۱۷-۳** و داشتن مشخصات ذکر شده در فرآیند طرح اختلاط الزامی است.

جدول ۱۷-۳- آزمایش‌های طرح اختلاط و مشخصات موردنیاز دوغاب آب‌بندی قیری

مشخصه / آزمایش	روش استاندارد	حدود مشخصات
زمان اختلاط در ۲۵ درجه سانتیگراد	ASTM D3910 ISSA TB 113	حداقل ۱۸۰ ثانیه
آزمایش قوام دوغاب آب‌بندی قیری	ASTM D3910 ISSA TB 106	۲ تا ۳ سانتی‌متر
آزمایش چسبندگی پس از ۳۰ دقیقه ^(۱) (زمان گیرش)	ASTM D3910 ISSA TB 139	حداقل ۱۲ کیلوگرم سانتی‌متر
آزمایش چسبندگی پس از ۶۰ دقیقه ^(۱) (زمان بازگشایی ترافیک)	ASTM D3910 ISSA TB 139	حداقل ۲۰ کیلوگرم سانتی‌متر (۲)
آزمایش عریان‌شدگی در شرایط غرقاب	ASTM D3910 ISSA TB 114	حداقل ۹۰ درصد
افت وزنی در آزمایش سایش شرایط مرطوب (یک ساعت غرقاب)	ASTM D3910 ISSA TB 100	حداکثر ۸۰۷ گرم بر مترمربع
مقدار ماسه چسبیده در آزمایش چرخ بارگذاری (برای راه‌های با ترافیک سنگین)	ISSA TB 109	حداکثر ۵۳۸ گرم بر مترمربع
(۱) فقط برای اسلاری‌سیل با الزام بازگشایی سریع ترافیک اندازه‌گیری و کنترل شود. (۲) اگر معیار ۲۰ کیلوگرم سانتیمتر تأمین نشود، حالت گسیختگی NS در ISSA TB139 نیز قابل قبول است.		

کاربرد آزمایش تعیین زمان اختلاط برای به دست آوردن حداکثر زمانی است که مواد و مصالح می‌توانند تا قبل از شکست قیر امولسیون با یکدیگر مخلوط شوند. این آزمایش می‌تواند معیاری برای سنجش سازگاری مواد و مصالح مورد استفاده با یکدیگر باشد. در آزمایشگاه باید زمان اختلاط و زمان گیرش برای شرایط آب و هوایی مورد انتظار پروژه مشخص گردد.

با تعیین افت وزنی در آزمایش سایش در شرایط مرطوب، حداقل قیر مورد نیاز تعیین می‌شود. به علاوه با انجام آزمایش تعیین میزان چسبندگی ماسه توسط دستگاه چرخ بارگذاری، حداکثر قیر مجاز دوغاب آب‌بندی قیری تعیین می‌گردد. با ترسیم نتایج این دو آزمایش برای درصدهای مختلف قیر امولسیون در یک نمودار و تعیین محل تلاقی آن‌ها، میزان قیر امولسیون بهینه به دست می‌آید. به طور کلی بهتر است برای روسازی‌های با ترافیک کم، حداکثر قیر به دست آمده؛ و برای روسازی‌های با ترافیک زیاد، حداقل قیر به دست آمده به عنوان درصد قیر امولسیون بهینه مشخص گردد. دستگاه نظارت باید با توجه به نتایج آزمایشگاهی و با توجه به شرایط آب و هوایی و ترافیکی پروژه، میزان قیر بهینه را به عنوان میزان هدف تعیین و ابلاغ نماید. میزان هدف ممکن است در حین کار و بسته به شرایط محور، به صورت روزانه بررسی و تغییر یابد.

آزمایشگاه باید میزان رطوبت مصالح سنگی ارسالی جهت طرح اختلاط را محاسبه و گزارش نماید. طرح اختلاط ارائه شده باید شامل میزان دقیق درصد قیر امولسیون و درصد فیلر استفاده شده نسبت به وزن مصالح سنگی خشک باشد.

۱۷-۴-۵- تجهیزات و ماشین‌آلات

تمامی تجهیزات، ابزار و ماشین‌آلاتی که برای اجرای اسلاری‌سیل (دوغاب آب‌بندی قیری) استفاده می‌شوند، باید در تمام عملیات اجرایی در شرایط قابل قبول باشند. لازم است که ماشین اجرا برای اجرای اسلاری‌سیل طراحی شده باشد. از ماشین اجرای آسفالت نازک امولسیونی (میکروسرفیسینگ) می‌توان برای اجرای اسلاری‌سیل نیز استفاده نمود. مواد و مصالح باید توسط ماشین اسلاری‌سیل خودمحرکه و طی مراحل خودکار، به طور متناسب و از پیش تعیین‌شده مخلوط شوند. تغذیه‌ی ماشین اجرا می‌تواند به صورت پیوسته یا منقطع باشد.

در ماشین اسلاری‌سیل باید ابزار اندازه‌گیری جداگانه‌ای جهت کنترل‌های وزنی یا حجمی اجزای مخلوط فراهم شده و به طور مناسب برچسب‌گذاری شوند. این ابزار اندازه‌گیری که باید کالیبره شده باشند، برای پایش و کنترل مقدار مواد و مصالح استفاده می‌شوند و امکان تعیین خروجی مخلوط اسلاری‌سیل در هر زمان را فراهم می‌آورند.

مخلوط باید به وسیله جعبه‌پخش متصل به ماشین، به‌طور یکنواخت در سطح روسازی پخش و ماله‌کشی شود. در صورت لزوم باید تجهیزات مکانیکی به جعبه‌پخش اضافه شوند تا امکان هم زدن اجزای مخلوط و پخش یکنواخت آن درون جعبه فراهم شود. مخلوط دوغاب آب‌بندی قیری به هنگام وارد شدن به جعبه‌پخش باید از انسجام کافی برخوردار باشد. پاشیدن آب اضافی به داخل جعبه‌پخش مجاز نیست.

نوار لاستیکی نصب‌شده در جلوی جعبه‌پخش، مانع از بیرون ریختن مخلوط از اطراف جعبه‌پخش می‌شود. نوار لاستیکی پشتی که به عنوان مرز جدایی دوغاب آب‌بندی قیری از دستگاه عمل می‌کند، باید قابل تنظیم بوده و موجب ماله‌کشی مخلوط به درون حفرات سطحی گردد. جعبه‌پخش و نوار پشتی آن لازم است به گونه‌ای طراحی شده و کار کنند که انسجام و خروجی یکنواخت مخلوط در پشت جعبه حاصل شود. جعبه پخش باید قابلیت تغییر و تنظیم داشته باشد تا بتواند با تغییرات عرض روسازی منطبق شود. می‌توان با اتصال یک پارچه کنفی و یا نوار مناسب به پشت جعبه‌پخش، سطحی یکنواخت با زبری مناسب فراهم کرد. گونی یا پارچه‌ای که در اثر استفاده و تماس با دوغاب آب‌بندی قیری سفت شده باشد، ناکارآمد بوده و باید بلافاصله تعویض شود.

تجهیزات مناسب برای آماده‌سازی سطح، کنترل عبور و مرور، ابزار دستی و سایر تجهیزات ایمنی و پشتیبانی لازم برای اجرای پروژه باید توسط پیمانکار فراهم شود.

۱۷-۴-۶- کالیبراسیون دستگاه

قبل از اجرای هر پروژه، سیستم‌های اندازه‌گیری مواد و مصالح مصرفی باید در اوزان مختلف و با درصد رطوبت‌های مختلف مصالح سنگی دپو کنترل و کالیبره شوند.

۱۷-۴-۷- آماده سازی سطح راه قبل از اجرا

قبل از اجرای عملیات دوغاب آب بندی قیری، سطح روسازی باید از مصالح سست، لکه های روغنی، گیاهان و دیگر مواد آلاینده پاک گردد. هرگونه روش تمیز کردن سطح مورد قبول است. در صورت استفاده از آب برای تمیز کردن سطح، باید منتظر ماند تا داخل ترک ها خشک گردد. همه آدمروها (منهول ها)، دریچه ها و دیگر تاسیسات موجود در سطح راه باید کاملاً پوشانده شده و پس از اجرای دوغاب آب بندی قیری به وضعیت اولیه بازگردانده شوند.

قبل از اجرای دوغاب آب بندی قیری، نشست ها، شیارها، خرابی های روسازی، قیرزدگی و خط کشی های با رنگ های گرم و برجسته باید مرتفع گردند و ترک های با باز شدگی بیشتر از ۶ میلی متر درزگیری شوند. در صورت نیاز به لکه گیری یا درزگیری، این عملیات باید یک تا دو ماه (بسته به شرایط دمایی و ترافیک محور و با نظر مهندس مشاور) قبل از عملیات دوغاب آب بندی قیری انجام شوند. لکه گیری و درزگیری قبل از اجرای دوغاب آب بندی قیری، باید کاملاً هم سطح رویه ی مجاور باشد.

معمولاً پیش از اجرای دوغاب آب بندی قیری نیاز به اندود سطحی (تک کت) نیست. استفاده از تک کت در شرایطی که سطح موجود به شدت پیر شده و یا شن زده باشد و یا در صورتی که دوغاب آب بندی قیری بر روی روسازی بتنی اجرا گردد، مورد نیاز است. در صورت نیاز به اجرای اندود سطحی، باید از قیرهای امولسیون CSS، SS و یا همان قیر امولسیون دوغاب آب بندی قیری استفاده شود. قیر امولسیون اندود سطحی باید به نسبت یک سهم امولسیون و سه سهم آب رقیق گردد. اندود رقیق شده باید توسط قیرپاش مناسب به میزان ۲۰۰ تا ۷۰۰ گرم بر مترمربع پخش شود. قبل از اجرای دوغاب آب بندی قیری، اندود سطحی اجرا شده باید به طور کامل به مرحله ی گیرش رسیده باشد.

۱۷-۴-۸- تولید و اجرا

در شرایط آب و هوایی گرم و خشک، لازم است در جلوی جعبه ی پخش ماشین اسلاری سیل آب پاشیده شود. میزان پاشش آب در طول روز باید با توجه به دمای محیط، بافت سطحی موجود، رطوبت و خشکی روسازی تعدیل گردد. همچنین از جمع شدن آب در سطح موجود باید ممانعت شود.

همچنین در شرایط آب و هوایی گرم و خشک، جهت جلوگیری از شکست زودهنگام قیر امولسیون در دوغاب آب بندی قیری، می توان مصالح سنگی را قبل از استفاده مرطوب کرد. میزان مرطوب کردن مصالح سنگی پیش از اجرا باید در فرآیند تهیه ی طرح اختلاط در آزمایشگاه به دست آید و کالیبره ی دستگاه با آن درصد رطوبت کنترل گردد.

مخلوط دوغاب آب بندی قیری هنگام خروج از جعبه پخش باید قوام مناسب داشته باشد (با رواداری ± 0.5 سانتی متر نسبت به مقدار فرمول کارگاهی). در همه نواحی جعبه پخش باید مخلوط به اندازه کافی وجود داشته باشد تا در کل عرض جعبه پخش، مخلوط به ضخامت مورد نظر پخش گردد. از پر شدن بیش از حد جعبه پخش نیز باید اجتناب گردد. سرعت حرکت و دبی خروجی دوغاب آب بندی قیری باید به نحوی تنظیم شود که مخلوط در هیچ نقطه ای در داخل جعبه پخش ساکن نمانده و درون آن شکسته نشود.

لازم است از عدم وجود سنگدانه‌های درشت در دیوی مصالح سنگی اطمینان حاصل شود تا از ایجاد خط‌های ناگزیر بر روی سطح دوغاب آب‌بندی قیری پس از اجرا جلوگیری گردد. در صورت نیاز، مصالح باید قبل از بارگیری مجدداً سرنده شوند. به منظور اجرای یک مخلوط دوغاب آب‌بندی قیری با قوام مناسب، باید تا حد ممکن از حداقل مقدار آب استفاده شود.

در صورتی که قیر امولسیون به تازگی تولید شده باشد، باید دمای آن به پایین‌تر از ۴۵ درجه سانتی‌گراد رسیده و سپس عملیات اجرایی دوغاب آب‌بندی قیری آغاز گردد. به منظور خنک کردن فوری قیر امولسیون تولید شده می‌توان از مبدل حرارتی در کارخانه تولید قیر امولسیون استفاده کرد.

در صورتی که مصالح سنگی به تازگی در سنگ‌شکن تولید شده باشند، ممکن است به دلیل داشتن بار الکترواستاتیک، باعث شکست زودهنگام مخلوط دوغاب آب‌بندی قیری گردند. به همین دلیل بهتر است تولید مصالح سنگی حداقل چند هفته قبل از اجرا صورت پذیرد.

میزان پخش مخلوط دوغاب آب‌بندی قیری بسته به وزن مخصوص مصالح سنگی، دانه‌بندی و میزان مورد نیاز برای برطرف کردن خرابی‌های سطح موجود متغیر است. در صورتی که از دوغاب آب‌بندی قیری به منظور پر کردن ترک‌ها و خرابی‌های سطحی استفاده شود، میزان پخش مخلوط دوغاب آب‌بندی قیری زیاد خواهد بود.

اجرا باید به صورتی باشد که تا حد ممکن از به وجود آمدن درزهای طولی جلوگیری شود. در صورت به وجود آمدن درزهای طولی، این درزها نباید در محل عبور چرخ‌ها باشد و ترجیحاً زیر خط‌کشی‌ها قرار گیرند. برای اجرای درز طولی باید همپوشانی دو قسمت اجرا شده به میزان حداکثر ۱۵ سانتی‌متر باشد.

در هنگام شروع اجرا، باید مخلوط اضافی را با پهن کردن گونی یا پارچه‌ی ضخیم یا مشابه آن جمع‌آوری کرد تا در محل درزهای عرضی، اختلاف ارتفاع ایجاد نگردد.

معمولاً غلتک‌زنی برای اجرای دوغاب آب‌بندی قیری ضرورت ندارد. برای اجرای دوغاب آب‌بندی قیری در پارکینگ‌ها و باند فرودگاه‌ها و روسازی‌هایی که در معرض نیروهای برشی بزرگ هستند، می‌توان از غلتک چرخ لاستیکی با وزن حداکثر ۱۰ تن استفاده کرد که باید مجهز به آب‌پاش نیز باشد. غلتک‌زنی باید پس از گیرش کافی دوغاب آب‌بندی قیری اجرا شده آغاز گردد و هر قطعه، دو بار عبور غلتک را تجربه کند.

در شرایطی که سطح موجود دارای شیارافتادگی، ناهمواری و یا خرابی‌های دیگر باشد، باید اجرا در چند لایه صورت پذیرد تا در نهایت روسازی هموار و با بافت سطحی یکنواخت و مناسب به دست آید. اجرای چند لایه برای نواحی با ترافیک سنگین نیز توصیه می‌گردد که باید با تأیید مهندسین مشاور و دستگاه نظارت باشد.

در صورت اجرای عملیات دوغاب آب‌بندی قیری در چند لایه، توصیه می‌گردد که لایه‌های بالایی حداکثر اندازه مصالح سنگی کوچکتری داشته باشند.

به دلیل سیال بودن مخلوط دوغاب آب‌بندی و امکان جداسازی مخلوط، اجرای آن در مسیرهای با شیب طولی زیاد

(مانند نواحی کوهستانی، گردنه‌ها و ...) توصیه نمی‌شود.

در صورتی که از دوغاب آب‌بندی قیری برای پر کردن ترک‌ها و خرابی‌ها استفاده شود، باید در مدت زمان کوتاهی بر روی آن روکش آسفالت داغ اجرا گردد تا ترک‌های موجود به سطح راه منعکس نشوند.

۱۷-۴-۹- کنترل ترافیک

بازگشایی ترافیک تا زمان گیرش نهایی نباید صورت پذیرد. امکان بازگشایی ترافیک برای راه‌های با ترافیک روان و مسیرهای مستقیم سریع‌تر فراهم می‌شود. در مواردی که مسیر دارای پیچ تند باشد و یا وسایل نقلیه ترمزگیری و شتاب‌گیری دارند (نظیر میادین، تقاطع‌ها، پیچ‌های تند، پارکینگ‌ها، رمپ‌های ورودی و خروجی)، زمان بازگشایی بیشتری برای ترافیک در نظر گرفته می‌شود تا گیرش بیشتری در مخلوط حاصل گردد. در این نواحی ممکن است جای چرخ ماشین بر روی سطح روسازی باقی بماند که معمولاً در اثر عبور ترافیک از بین می‌رود.

۱۷-۴-۱۰- محدودیت آب و هوایی

دوغاب آب‌بندی قیری نباید در شرایطی اجرا گردد که دمای هوا و یا دمای روسازی کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد بوده و رو به کاهش باشد. ولی اگر هر دو دمای هوا و دمای روسازی آسفالتی بالاتر از ۷ درجه سانتی‌گراد بوده و رو به افزایش باشند، امکان اجرا وجود دارد. در شرایطی که بروز یخبندان و یا هوای طوفانی در مدت ۲۴ ساعت پس از اجرا پیش‌بینی شود، عملیات اجرا باید متوقف گردد.

۱۷-۴-۱۱- کنترل کیفیت

پس از اخذ طرح اختلاط، کنترل کیفیت مواد و مصالح مورد استفاده و کنترل سازگاری آن‌ها نسبت به یکدیگر، عملیات اجرایی دوغاب آب‌بندی قیری آغاز می‌گردد. قبل از اجرای عملیات اصلی باید نوار آزمایشی توسط پیمانکار (در محور اصلی پروژه) اجرا شود تا شرایط محیطی نسبت به شرایط آزمایشگاهی سنجیده شود. میزان آب و فیلر تعیین‌شده در طرح اختلاط و فرمول کارگاهی می‌تواند در حین اجرا تغییر یابد تا با توجه به شرایط جوی، زمان بازگشایی ترافیک نیز تنظیم گردد. در هر صورت پس از اصلاح و تعدیل لازم با توجه به شرایط میدانی، مقدار قوام مخلوط دوغاب آب‌بندی قیری طبق روش آزمایش ISSA TB106 یا ASTM D3910 نباید نسبت به مقدار آن در فرمول کارگاهی بیش از ± 0.5 سانتی‌متر تغییر یابد. در صورت نیاز به تعیین مقدار قوام مخلوط دوغاب آب‌بندی قیری، آزمایش باید بلافاصله پس از برداشتن نمونه از جعبه‌پخش انجام شود.

در حین اجرای عملیات باید به ازای هر ۶۰۰۰ مترمربع و حداقل یک بار در هر روز، برگه آزمایشگاهی تهیه گردد. برگه آزمایشگاهی باید شامل دانه‌بندی مصالح سنگی و درصد قیر باقیمانده نسبت به وزن مصالح سنگی خشک باشد. برای به دست آوردن هر برگه آزمایشگاهی باید پنج نمونه از پشت جعبه‌پخش (قبل از ورود مخلوط به جعبه‌ی پخش) و پنج نمونه از دیوی مصالح که با لودر هم خورده باشد، اخذ گردد. برای تعیین دانه‌بندی، باید نمونه‌های اخذ شده از دیوی

مصالح سنگی را با یکدیگر مخلوط کرده و سپس آزمایش دانه‌بندی را انجام داد.

درصد قیر باقیمانده در مخلوط دوغاب آب‌بندی قیری را می‌توان با انجام آزمایش اکسترکشن به روش ASTM D2172 یا AASHTO T164 تعیین کرد. برای حصول نتیجه‌ی دقیق (به دلیل وجود لاتکس و امولسیفایر) باید از حلال‌های N-Propyl bromide و Trichloroethylene (و یا هر حلال دیگری که تولید کننده‌ی قیر امولسیون پیشنهاد کند) به جای بنزین استفاده شود. درصد قیر باقیمانده باید نسبت به وزن مصالح سنگی (و نه نسبت به وزن کل مخلوط دوغاب آب‌بندی قیری) محاسبه گردد. جهت حصول درصد قیر باقیمانده، باید پنج نمونه از خروجی نهایی ماشین دوغاب آب‌بندی قیری (قبل از ریختن درون جعبه‌پخش) برداشته شده و پس از مخلوط کردن آن‌ها با یکدیگر و همگن کردن و خشک کردن کامل در آزمایشگاه، انجام آزمایش اکسترکشن صورت گیرد.

به منظور خشک کردن نمونه‌ی دوغاب آب‌بندی قیری قبل از انجام آزمایش، نمونه باید همگن شده و به ضخامت کمتر از ۳۸ میلیمتر، درون سینی فلزی ریخته شود. سپس باید حداقل چهار نوبت و در هر نوبت یک ساعت درون گرمخانه با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شود. هر بار بعد از یک ساعت، نمونه باید از گرمخانه خارج شده و یک دقیقه کاملاً هم زده شود و سپس توزین گردد. پس از نوبت چهارم، در صورت ثابت ماندن وزن مخلوط در توزین‌های متوالی و اطمینان از خشک شدن کامل آن، نمونه باید در دمای محیط خنک شده و سپس آزمایش اکسترکشن انجام شود. در صورت عدم ثبات وزن مخلوط خشک شده، فرآیند خشک کردن تا رسیدن به وزن ثابت ادامه می‌یابد.

رواداری‌های مجاز مقدار عبوری از هر الک نسبت به فرمول کارگاهی تعیین شده از طرح اختلاط، در جدول ۱۷-۲ آورده شده است. رواداری مجاز مقدار قیر مصرفی، برابر $\pm 1\%$ درصد نسبت به میزان هدف برای قیر خالص باقیمانده نسبت به وزن مصالح سنگی خشک است.

۱۷-۴-۱۲- اندازه‌گیری و پرداخت

پس از اجرای عملیات دوغاب آب‌بندی قیری در هر لایه، مساحت کار انجام شده اندازه‌گیری می‌شود و ملاک پرداخت قرار می‌گیرد. در ضمن باید قیر امولسیون مصرفی در پروژه (ورودی به کارگاه اجرایی) در حین کار صورتجلسه گردد. چنانچه به هر دلیل، اعم از خرابی‌های موجود در سطح، شیارافتادگی و غیره، ضخامت یا میزان مصرف تغییر کند و قیر امولسیون مصرفی از میزان پیش‌بینی شده‌ی اولیه کمتر یا بیشتر گردد، به تناسب مصرف قیر امولسیون، کسر یا اضافه بهای مواد و مصالح مصرفی تعلق خواهد گرفت. ملاک اصلی پرداخت، حاصل تقسیم مقدار کل قیر مصرف شده در پروژه به سطح کل کار خواهد بود. ضخامت این نوع رویه قابل اندازه‌گیری نیست و ملاک پرداخت، میزان سطح کار شده و مقدار قیر امولسیون مصرفی است.

در صورت انجام هرگونه عملیات اضافی قبل از اجرای دوغاب آب‌بندی قیری، مانند هواگیری سطح، تمیز کردن محل ترک‌ها و شستن آنها، پاک کردن علائم ترافیکی، قیرپاشی، جاروب‌کشی، درزگیری، لکه‌گیری و غیره، هزینه‌ی آن‌ها

جداگانه پرداخت خواهد شد.

میزان همپوشانی طولی دو قسمت اجرا شده در کنار هم، محاسبه و هزینه‌ی آن به پیمانکار پرداخت می‌گردد.

۱۷-۵- آسفالت نازک امولسیون (میکروسرفیسینگ)

آسفالت میکروسرفیسینگ متشکل از مخلوط قیر امولسیون اصلاح‌شده، مصالح سنگی، آب، فیلر و افزودنی (در صورت نیاز) است که به طور متناسب با یکدیگر مخلوط شده و به منظور حفاظت و برطرف کردن خرابی‌های عملکردی روسازی‌ها، به‌طور یکنواخت بر روی سطح جاده‌های روسازی‌شده پخش می‌شود. با توجه به امکان طراحی اجزای مختلف و امکان استفاده از انواع افزودنی‌های متفاوت، به طور کلی استفاده از میکروسرفیسینگ در تمام شرایط ترافیکی مجاز است.

میکروسرفیسینگ در رویه‌هایی که از نظر سازه‌ای سالم هستند، به منظور برطرف کردن خرابی‌هایی نظیر شن‌زدگی و لغزندگی سطح و پرکردن ترک‌های ریز با هدف آب‌بندی سطح و افزایش طول عمر روسازی کاربرد دارد. میکروسرفیسینگ باید قابلیت اجرا با ضخامت متغیر را داشته و بتواند بر روی راه‌های دارای شیار و خراش و یا راه‌های تراش‌خورده اجرا گردد. مخلوط میکروسرفیسینگ نباید بعد از گیرش و تحکیم پس از ترافیک اولیه دچار تغییر شکل گردد. میکروسرفیسینگ باید دارای بافت سطحی مناسب جهت تامین اصطکاک باشد.

میکروسرفیسینگ باید دارای ویژگی بازگشایی سریع ترافیک باشد که بتوان در مدت زمان کوتاهی پس از اجرا، ترافیک را بر روی آن عبور داد. معمولاً در شرایط آب و هوایی متوسط (دمای حدود ۲۵ درجه سانتیگراد و درصد رطوبت حداکثر ۵۰ درصد) باید بتوان ترافیک را بر روی مخلوط میکروسرفیسینگ پس از یک ساعت بازگشایی کرد. استفاده از میکروسرفیسینگ برای شرایطی که سطح روسازی تنش‌های برشی بسیار زیادی را تجربه می‌کند، توصیه نمی‌شود. به هر حال، در صورت اجرای این نوع آسفالت حفاظتی در شرایطی که ترافیک دارای توقف و حرکت مجدد و یا پیچ‌های تند است، بازگشایی ترافیک نیازمند زمان بیشتری است.

۱۷-۵-۱- مواد و مصالح

۱۷-۵-۱-۱- قیر امولسیون

قیر امولسیون مورد استفاده در آسفالت میکروسرفیسینگ باید از نوع کاتیونیک سریع‌شکن (CQS-1h) و اصلاح‌شده با پلیمر باشد. ویژگی‌های قیر امولسیون مورد استفاده باید با مشخصات ذکر شده در **جدول ۱۷-۴** مطابقت داشته باشند. مواد پلیمری باید قبل از فرآیند تولید قیر امولسیون، با قیر خالص آسیاب شود و یا در فاز آبی مخلوط شود. عموماً حداقل ۳ درصد پلیمر جامد نسبت به وزن قیر خالص باقیمانده امولسیون نیاز است. در صورت تأیید مهندس مشاور و با شرط برآورده ساختن تمامی مشخصات ذکر شده در **جدول ۱۷-۴** و **۱۷-۷** امکان استفاده از امولسیون CSS-1h پلیمری نیز

وجود دارد.

جدول ۱۷-۴- مشخصات قیر امولسیون پلیمری میکروسرفیسینگ

حدود مشخصات	روش آزمایش		مشخصه / آزمایش
	ASTM	AASHTO	
آزمایش‌های قیر امولسیون			
مثبت	D7402	T59	بار ذره‌ای
۲۰ - ۱۰۰	D7496	T59	ویسکوزیته سیبولت فیورل در ۲۵ درجه سانتی‌گراد (ثانیه)
حداکثر ۱/۰	D6930	T59	ته‌نشینی و قابلیت انبارش در ۲۴ ساعت (درصد)
حداکثر ۰/۱	D6933	T59	آزمایش الک، تعیین مقدار ذرات درشت (درصد)
حداقل ۶۲	D6997	T59	مقدار قیر باقیمانده از تقطیر ^(۱) (درصد)
آزمایش‌های قیر باقیمانده از امولسیون			
حداقل ۵۷	D36	T53	نقطه نرمی (درجه سانتی‌گراد)
۴۰ - ۹۰ ^(۲)	D5	T49	درجه نفوذ در ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۰/۱ میلی‌متر)
حداقل ۴۰	D113	T51	کشش‌پذیری در ۲۵ درجه سانتی‌گراد (سانتی‌متر)
حداقل ۹۷/۵	D2042	T44	حلالیت در تری کلرواتیلن ^(۳) (درصد)
(۱) برای به دست آوردن باقیمانده‌ی تقطیر و انجام آزمایش‌ها روی آن و به منظور جلوگیری از تخریب پلیمر موجود در قیر باقیمانده، باید دمای آزمایش تقطیر به مدت ۲۰ دقیقه در ۱۷۷ درجه‌ی سانتی‌گراد نگاه داشته شود و یا از روش تبخیر تدریجی در گرمخانه مطابق ASTM D7497 استفاده گردد. به هر حال، روش به دست آوردن قیر باقیمانده از امولسیون پلیمری باید به پیشنهاد تولید کننده‌ی پلیمر و قیر امولسیون باشد. (۲) باید متناسب با شرایط آب و هوایی منطقه‌ی اجرای پروژه باشد. (شرایط آب و هوایی گرم، درجه‌ی نفوذ پایین‌تر و شرایط آب و هوایی سرد، درجه‌ی نفوذ بالاتر انتخاب گردد) (۳) آزمایش حلالیت بر روی قیر خالص پایه‌ی اولیه انجام گردد.			

۱۷-۵-۱-۲- مصالح سنگی

مصالح سنگی میکروسرفیسینگ را باید از شکستن سنگ‌های گرانی، آهکی، سرباره، سیلیسی و یا دیگر سنگ‌های با کیفیت تهیه نمود. برای اطمینان از شکسته بودن همه‌ی سنگدانه‌ها، باید در فرآیند خردایش مصالح سنگی، اندازه‌ی سنگ مادر تحت خردایش از بزرگترین سنگدانه استفاده شده در دانه‌بندی بزرگتر باشد. حداقل مشخصات مصالح سنگی مورد استفاده در میکروسرفیسینگ به شرح جدول ۱۷-۵ می‌باشد.

جدول ۱۷-۵- مشخصات مصالح سنگی مورد استفاده در میکروسرفیسینگ

حدود مشخصات	روش استاندارد		مشخصه / آزمایش
	AASHTO	ASTM	
حداقل ۶۵	T176	D2419	ارزش ماسه‌ای بعد از افزودن فیلر (درصد)
حداکثر ۱۵	T104	C88	افت وزنی با سولفات سدیم (درصد)
حداکثر ۲۵	T104	C88	افت وزنی با سولفات منیزیم (درصد)
حداکثر ۳۰	T96	C131	افت وزنی در آزمایش سایش لس‌آنجلس (درصد) ^(۱)
(۱) آزمایش بر روی سنگ مادر انجام می‌پذیرد.			

دانه‌بندی مصالح سنگی میکروسرفیسینگ باید در محدوده‌ی یکی از دو دانه‌بندی **جدول ۶-۱۷** انتخاب گردد. پس از انتخاب دانه‌بندی، فرمول کارگاهی باید در محدوده‌ی رواداری‌های مجاز دانه‌بندی برای هر الک، مطابق ستون آخر **جدول ۶-۱۷** رعایت شود. کنترل دانه‌بندی دپو به این صورت است که پنج نمونه‌ی مختلف از دپوی مصالح سنگی اخذ و میانگین دانه‌بندی آن‌ها تعیین می‌شود. این مقادیر باید در محدوده‌ی رواداری‌های مجاز قرار گیرند. در صورت خروج از حدود رواداری، پیمانکار باید مصالح دپو را جایگزین و یا دانه‌بندی را اصلاح کرده و سپس اقدام به انجام عملیات اجرایی نماید. در انتخاب دانه‌بندی کارگاهی دقت گردد که درصد مصالح عبوری دو الک متوالی، از انتهای محدوده الک درشت‌تر به ابتدای محدوده الک ریزتر و یا بالعکس تغییر نکند. در صورت مخلوط شدن مصالح سنگی با مصالح درشت‌تر، باید مصالح سرند شود و سپس وارد ماشین مخصوص اجرا شوند.

انتخاب نوع دانه‌بندی بر اساس کاربرد میکروسرفیسینگ به شرح زیر صورت می‌گیرد:

نوع دو: برای پر کردن حفرات سطح روسازی، از بین بردن خرابی‌های سطحی، آب‌بندی و فراهم کردن یک رویه‌ی بادوام سطحی کاربرد دارد.

نوع سه: حداکثر اصطکاک سطحی را به همراه دارد و عملکرد لایه‌ی رویه را ارتقاء می‌دهد. این دانه‌بندی میکروسرفیسینگ برای روسازی‌های با ترافیک زیاد و پر کردن شیارهای روسازی موجود مناسب است. در صورت اجرای میکروسرفیسینگ در راه‌های شریانی، توصیه می‌گردد از این نوع دانه‌بندی استفاده گردد.

جدول ۶-۱۷- محدوده‌های دانه‌بندی مصالح سنگی مخلوط میکروسرفیسینگ و رواداری‌های مجاز

اندازه‌ی الک	درصد رده‌شده از الک‌ها		
	نوع سه	نوع دو	رواداری مجاز
۹/۵ میلیمتر	۱۰۰	۱۰۰	---
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۹۰-۷۰	۱۰۰-۹۰	±۵
۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)	۷۰-۴۵	۹۰-۶۵	±۵
۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶)	۵۰-۲۸	۷۰-۴۵	±۵
۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰)	۳۴-۱۹	۵۰-۳۰	±۵
۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)	۲۵-۱۲	۳۰-۱۸	±۴
۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰)	۱۸-۷	۲۱-۱۰	±۳
۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	۱۵-۵	۱۵-۵	±۲

۱۷-۵-۱-۳- فیلر معدنی

کاربرد فیلرهای معدنی که از نظر شیمیایی فعال یا غیرفعال باشند، برای استفاده در میکروسرفیسینگ مناسب است. استفاده از فیلر می‌تواند با اهداف بهبود قوام مخلوط، کنترل زمان شکست، زمان گیرش و اصلاح دانه‌بندی صورت گیرد. از سیمان، آهک هیدراته، پودر سنگ آهک یا دیگر فیلرهایی که با مشخصات استاندارد ASTM D242 مطابق باشند،

می‌توان به عنوان فیلر استفاده کرد. فیلر مورد استفاده باید در فرآیند طرح اختلاط نیز استفاده شود. پس از تهیه طرح اختلاط، تعویض نوع فیلر مجاز نیست. میزان کاربرد فیلر عموماً کمتر از ۳ درصد است و باید به عنوان بخشی از دانه‌بندی مصالح در نظر گرفته شود.

۱۷-۵-۱-۴- آب

آب مصرفی باید عاری از نمک‌ها و آلودگی باشد. اگر کیفیت آب مصرفی مورد سوال باشد، باید نمونه‌ی آب نیز به همراه بقیه مواد و مصالح به آزمایشگاه ارسال گردد تا از وجود املاح مضر و ناخالصی‌های دیگر در آن اطمینان حاصل شود.

۱۷-۵-۱-۵- افزودنی

افزودنی‌هایی را می‌توان برای کنترل زمان شکست و زمان گیرش به مخلوط میکروسرفیسینگ اضافه کرد. استفاده از افزودنی و مقدار مصرف آن باید در طرح اختلاط ذکر شده باشد. همچنین انواع مواد افزودنی دیگر مانند مواد افزایش‌دهی چسبندگی و اسیدپخته‌ی قیر و غیره نیز قابل استفاده هستند. معمولاً این نوع افزودنی‌ها به قیر خالص پایه اضافه می‌شوند و با پلیمر استفاده‌شده در قیر امولسیون متفاوت هستند. در صورت تأیید مهندسین مشاور برای استفاده از افزودنی‌ها، هزینه‌ی آنها به طور جداگانه به پیمانکار پرداخت می‌گردد.

۱۷-۵-۲- طرح اختلاط

مطالب ذکر شده برای طرح اختلاط اسلاری سیل (دوغاب آب‌بندی قیری) در بند ۱۷-۵-۲ برای میکروسرفیسینگ نیز برقرار است، با این تفاوت که به جای آزمایش‌ها و مشخصات ذکر شده در جدول ۱۷-۳، حدود ذکر شده در جدول ۱۷-۷ در طرح اختلاط میکروسرفیسینگ الزامی است.

جدول ۱۷-۷- آزمایش‌های طرح اختلاط و مشخصات مورد نیاز میکروسرفیسینگ

مشخصه / آزمایش	روش استاندارد	حدود مشخصات
زمان اختلاط در ۲۵ درجه سانتیگراد	ASTM D6372 ISSA TB 113	حداقل ۱۲۰ ثانیه
آزمایش چسبندگی پس از ۳۰ دقیقه (زمان گیرش)	ASTM D6372 ISSA TB 139	حداقل ۱۲ کیلوگرم سانتی‌متر
آزمایش چسبندگی پس از ۶۰ دقیقه ^(۱) (زمان بازگشایی ترافیک)	ASTM D6372 ISSA TB 139	حداقل ۲۰ کیلوگرم سانتی‌متر
آزمایش عریان‌شدگی در شرایط غرقاب	ASTM D6372 ISSA TB 114	حداقل ۹۰ درصد
افت وزنی در آزمایش سایش شرایط مرطوب (یک ساعت غرقاب) (شش روز غرقاب)	ASTM D6372 ISSA TB 100	حداکثر ۵۳۸ گرم بر مترمربع حداکثر ۸۰۷ گرم بر مترمربع

جایجایی عرضی در آزمایش چرخ بارگذاری	ISSA TB 147	حداکثر ۵ درصد
وزن مخصوص پس از ۱۰۰۰ سیکل بارگذاری	ISSA TB 147	حداکثر ۲/۱
مقدار ماسه چسبیده در آزمایش چرخ بارگذاری (برای راه‌های با ترافیک سنگین)	ISSA TB 109	حداکثر ۵۳۸ گرم بر مترمربع
طبقه‌بندی سازگاری (با دستگاه شولتزبرر)	ISSA TB 144	حداقل ۱۱ امتیاز
(۱) اگر معیار ۲۰ کیلوگرم سانتیمتر تأمین نشود، حالت گسیختگی NS در ISSA TB139 نیز قابل قبول است.		

۱۷-۵-۳- تجهیزات و ماشین‌آلات

موارد ذکر شده برای تجهیزات و ماشین‌آلات اسلاری سیل (دوگاب آب‌بندی قیری) در **بند ۱۷-۵-۳**، برای مخلوط میکروسرفیسینگ نیز برقرار است. علاوه بر موارد مذکور، نکات زیر نیز برای تجهیزات اجرای میکروسرفیسینگ نیز الزامی است:

- مخلوط‌کن ماشین میکروسرفیسینگ باید دارای تعداد کافی پره در دو محور کنار هم باشد.
- جعبه‌پخش ماشین میکروسرفیسینگ باید دارای دو محور پره‌دار یا دو حلزونی مارپیچ باشد.
- ماشین میکروسرفیسینگ باید دارای نوار لاستیکی دوم (در انتهای جعبه‌پخش) باشد تا با تنظیم زاویه و فشار آن بتوان میزان یا عمق بافت سطح نهایی را تعیین کرد.
- جعبه‌پخش مخصوص شیارشدگی نواری (کانالیزه): با توجه به نیاز پروژه، می‌توان از میکروسرفیسینگ برای پر کردن شیارهای کانالیزه، نوارهای حفاری و فرورفتگی موضعی در روسازی موجود استفاده کرد. برای انجام این کار باید از جعبه‌پخش مخصوص پرکننده‌ی شیار استفاده شود. شیارهای کانالیزه با عمق ۱۲/۷ میلیمتر یا بیشتر، باید توسط جعبه پرکننده شیار با عرض ۱/۵ تا ۱/۸ متر پر شوند. در شیارهای به عمق بیشتر از ۳۸ میلیمتر، لازم است در چند مرحله از جعبه پرکننده شیار برای اصلاح مقطع عرضی استفاده شود (اجرا در چند لایه). اگر عمق شیار یا تغییرشکل کمتر از ۱۲/۷ میلیمتر باشد، می‌توان یک لایه تمام عرض توسط جعبه پخش معمولی ماشین میکروسرفیسینگ با کشیدن نوار فلزی یا لاستیکی سخت بر روی سطح موجود اجرا کرد تا فقط محل شیارها و تغییرشکل‌ها پر شوند. در این صورت باید اجرا در چند لایه صورت پذیرد تا در نهایت یک سطح هموار با بافت یکنواخت و مطلوب ایجاد شود. همه مخلوط مصرف‌شده برای پرکردن شیارها باید قبل از اجرای لایه‌ی جدید، حداقل به مدت ۲۴ ساعت تحت ترافیک قرار گرفته و عمل‌آوری شوند.

۱۷-۵-۴- کالیبراسیون دستگاه

موارد و الزامات مندرج برای کالیبراسیون ماشین‌آلات دوگاب آب‌بندی قیری در **بند ۱۷-۵-۴**، برای میکروسرفیسینگ نیز برقرار است.

۱۷-۵-۵- آماده‌سازی سطح راه قبل از اجرا

موارد مذکور برای آماده‌سازی سطح راه پیش از اجرای دوغاب آب‌بندی قیری در بند ۱۷-۵-۵، برای میکروسرفیسینگ نیز برقرار است.

۱۷-۵-۶- تولید و اجرا

موارد مذکور برای تولید و اجرای دوغاب آب‌بندی قیری در بند ۱۷-۵-۶، برای میکروسرفیسینگ نیز برقرار است. به استثنای اینکه همپوشانی دو قسمت اجرا شده در میکروسرفیسینگ، حداکثر ۷۶/۲ میلی‌متر است.

۱۷-۵-۷- کنترل ترافیک

موارد ذکر شده برای کنترل ترافیک هنگام اجرای دوغاب آب‌بندی قیری در بند ۱۷-۵-۷، برای میکروسرفیسینگ نیز برقرار است.

۱۷-۵-۸- محدودیت آب و هوایی هنگام عملیات اجرایی

موارد ذکر شده برای محدودیت آب و هوایی هنگام اجرای دوغاب آب‌بندی قیری در بند ۱۷-۵-۸، برای میکروسرفیسینگ نیز برقرار است. به علاوه، میکروسرفیسینگ نباید در شرایطی اجرا شود که مدت زمان مورد نیاز برای بستن ترافیک، بیش از حد معقول مشخص شده برای اجرای پروژه باشد.

۱۷-۵-۹- کنترل کیفیت

موارد ذکر شده برای کنترل کیفیت دوغاب آب‌بندی قیری در بند ۱۷-۵-۹، به استثنای معیار مربوط به قوام مخلوط، برای میکروسرفیسینگ نیز برقرار است.

۱۷-۵-۱۰- اندازه‌گیری و پرداخت

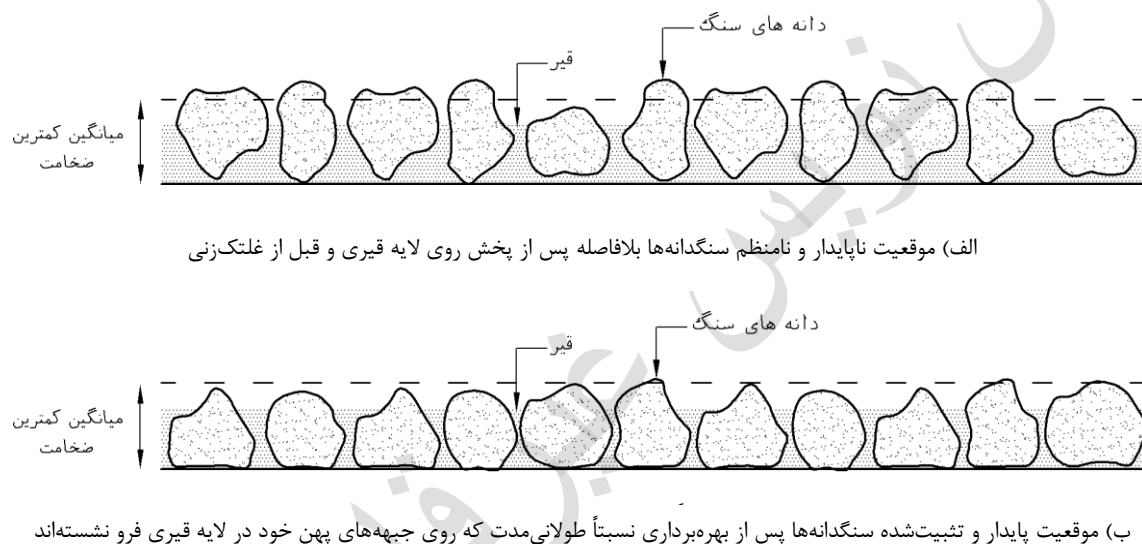
موارد مذکور برای اندازه‌گیری و پرداخت دوغاب آب‌بندی قیری در بند ۱۷-۵-۱۰، برای میکروسرفیسینگ نیز برقرار است.

۱۷-۶- آسفالت سطحی (چیپ‌سیل)

۱۷-۶-۱- کلیات

پخش قیر بر روی سطح آماده شده‌ی شنی، اساس تثبیت شده، آسفالتی و بتنی راه که بلافاصله روی آن سنگدانه‌های شکسته و تمیز و با دانه‌بندی معین پخش گردد، آسفالت سطحی یک لایه‌ای نامیده می‌شود و چنانچه در دو یا سه لایه

اجرا شود، آسفالت سطحی دولایه‌ای یا سه‌لایه‌ای است. به عبارت دیگر، آسفالت سطحی شامل پاشش یکنواخت قیر و سپس پخش یکنواخت مصالح سنگی دانه‌بندی‌شده بر روی سطح آماده شده‌ی راه است که در ادامه توسط غلتک‌های چرخ لاستیکی غلتک‌زنی می‌شود. از آسفالت سطحی جهت نگهداری پیشگیرانه و آب‌بندی محورهای با ترافیک کم تا متوسط و دارای حداکثر سرعت مجاز پایین استفاده می‌گردد. همچنین از این رویه می‌توان جهت بهبود خواص سطحی و عملکردی راه‌هایی که دچار خرابی سازه‌ای نیستند، استفاده نمود. ضخامت آسفالت سطحی یک‌لایه‌ای، همان‌گونه که در **شکل ۱۷-۱** نشان داده شده است، معادل میانگین کمترین بعد سنگدانه‌های^۱ مورد استفاده است. اندازه اسمی سنگدانه‌ها در هر لایه از آسفالت سطحی چندلایه‌ای، باید نصف اندازه اسمی سنگدانه‌های لایه قبلی باشد.



شکل ۱۷-۱ - موقعیت سنگدانه‌ها در بستر قیری راه، قبل و پس از غلتک‌زنی و عبور ترافیک

۱۷-۶-۲- مواد قیری

در آسفالت‌های سطحی می‌توان از قیرهای امولسیون یا قیرهای خالص نفتی در دو حالت، بدون افزودنی یا با افزودنی پلیمری، استفاده کرد. قیرهای مورد استفاده در ساخت و اجرای آسفالت سطحی عموماً از انواع مختلف قیرهای امولسیون آنیونی یا کاتیونی تندشکن هستند. اگر امولسیون مورد استفاده از نوع پلیمری باشد، بهتر است که حاوی ۳ درصد مقدار جامد پلیمر نسبت به وزن قیر موجود در امولسیون باشد. امولسیون‌های پلیمری معمولاً برای آسفالت سطحی در راه‌های با حجم ترافیک زیاد استفاده می‌شوند. این امولسیون‌ها منجر به افزایش خاصیت برجهندگی رویه حفاظتی شده و از کنده‌شدن سنگدانه‌ها تحت بارهای ترافیکی در شرایط بد آب و هوایی پیشگیری می‌کنند. همچنین در فرآیند تولید قیر امولسیون می‌توان از افزودنی‌های دیگری به منظور بهبود چسبندگی، افزایش اسیدیتته و غیره استفاده کرد. در صورت

¹ Average Least Dimension

استفاده از پلیمر یا افزودنی، هزینه‌ی آن به صورت جداگانه به پیمانکار پرداخت می‌گردد.

در موارد خاص، بسته به شرایط اجرایی و وضعیت سنگدانه‌ها در آسفالت سطحی می‌توان از امولسیون‌های کندشکن با ویژگی شناوری زیاد (HFMS-2) نیز استفاده کرد. معمولاً زمانی که دانه‌بندی مصالح سنگی از نوع دانه‌بندی باز بوده و حاوی مقدار قابل توجه ذرات ریزتر از الک شماره ۲۰۰ باشد، استفاده از این نوع امولسیون توصیه می‌شود.

قیرهای خالص می‌توانند به صورت اصلاح‌نشده یا اصلاح‌شده (با پلیمر، پودر لاستیک و یا افزودنی‌های شیمیایی دیگر) باشند. این قیرها باید تا دمایی گرم شوند که قابل پمپ شدن گردیده و برای پخش توسط ماشین‌آلات قیرپاش مناسب باشند. قیر مورد استفاده برای شرایط متفاوت جوی و ترافیکی و با توجه به نوع مصالح سنگی، بهتر است ویژگی‌های کلی زیر را داشته باشد:

الف) به اندازه کافی روان باشد تا پس از پخش بتواند پوششی یکنواخت و همگن در سطح راه ایجاد کند. به علاوه کندروانی آن به اندازه کافی باشد تا ضخامت این پوشش ثابت مانده و به تناسب شیب‌های عرضی و طولی مسیر در سطح راه جاری نشود.

ب) پس از پخش بتواند کندروانی کافی را برای اندود یکنواخت سنگدانه‌هایی که روی آن پخش می‌شوند، تأمین کند.

پ) در صورت استفاده از امولسیون‌ها، لازم است آب قیرها در فرصت مناسب تبخیر شود تا چسبندگی لازم بین سنگدانه‌ها و قیر پخش‌شده تأمین گردد.

ت) پس از تبخیر آب و تکمیل عملیات تراکم، سنگدانه‌ها را در بستر خود فرو نشاند و از حرکت و جابجایی آنها در اثر ترافیک جلوگیری کند.

ث) اگر به مقدار پیش‌بینی شده پخش شود، در برابر تغییرات دمای محیط و شرایط ترافیکی محور، قیرزده نشود و در سطح راه تغییرشکل به وجود نیاید.

انواع قیرهایی که عموماً در آسفالت‌های سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در **جدول ۸-۱۷** معرفی شده‌اند. این قیرها بر حسب اینکه اصلاح‌نشده یا اصلاح‌شده باشند، باید با مشخصات ارائه‌شده در این آئین‌نامه مطابقت داشته باشند. همچنین ویژگی‌های قیرهای امولسیون پلیمری باید با مشخصات **جدول ۹-۱۷** مطابقت داشته باشد. استفاده از قیرهای محلول در آسفالت سطحی در گذشته مرسوم و نتیجه‌بخش بوده است، اما با توجه به ملاحظات زیست محیطی، ایمنی و اقتصادی، استفاده از آنها مجاز نیست.

جدول ۸-۱۷- قیرهای مورد استفاده در آسفالت سطحی

قیرهای نیمه‌جامد نفتی (رده‌بندی درجه نفوذی یا عملکردی)	قیرهای امولسیون (امولسیون‌ها)
۸۵-۱۰۰ ، ۶۰-۷۰	RS-1, RS-2, RS-2h,
۱۲۰-۱۵۰ ، ۲۰۰-۳۰۰ ^(۱)	CRS-1, CRS-2, CRS-2h,

RS-1P, CRS-1P, CRS-2P, CMS-1, CMS-2, HFRS-2 HFRS-2h, HFMS-1, HFMS-2	PG 46-34 ^(۱) , PG 52-28, PG 58-28, PG 58-22, PG 64-22, PG 70-22
(۱) مصرف قیرهای با سفتی کم در مناطق با آب و هوای گرم باید با توجه به سابقه عملکرد آنها در شرایط جوی مشابه صورت گیرد.	

جدول ۱۷-۹- مشخصات قیرهای امولسیون پلیمری مورد استفاده در آسفالت سطحی

محدوده مشخصات				روش استاندارد		مشخصه / آزمایش
CRS-2P		CRS-1P, RS-1P				
حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	AASHTO	ASTM	
قیر امولسیون						
مثبت		-		T59	D7402	بار ذرات
۴۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۲۰	T59	D7496	کندروانی سیبولت فیورل در ۵۰ درجه سانتی‌گراد (ثانیه)
۰٫۱		۰٫۱		T59	D6933	آزمون الک، مقدار ذرات فرا اندازه ^(۱) (درصد)
۱٫۰		۱٫۰		T59	D6930	پایداری در انبارش، ۲۴ ساعت ^(۲) (درصد)
	۴۰		۴۰	T59	D6936	شکست شیمیایی (درصد)
	۶۵		۶۳	T59	D6997	مقدار باقیمانده از تقطیر در دمای پایین ^(۳) (درصد)
۲٫۰		۲٫۰		T59	D6997	مقدار مواد نفتی تقطیرشده (درصد)
قیر باقیمانده از تقطیر دمای پایین یا باقیمانده از تبخیر ^(۴)						
۱۷۵	۱۰۰	۱۵۰	۶۰	T49	D5	درجه نفوذ در ۲۵ درجه سانتی‌گراد (یک‌دهم میلیمتر)
	۴۰		۴۰	T51	D113	کشش‌پذیری در ۲۵ درجه سانتی‌گراد (سانتی‌متر)
	۵۰		۵۰	T301	D6084	بازگشت الاستیک در ۲۵ درجه سانتی‌گراد (درصد)
	۹۷٫۵		۹۷٫۵	T44	D2042	حلالیت در تری کلرواتیلن ^(۵) (درصد)
(۱) در تمام عملیات شستشو و مرطوب کردن الک‌ها به جای محلول اولئات سدیم ترجیحاً از آب مقطر استفاده شود. همچنین اگر در زمان اجرا بتوان قیر امولسیون را بدون اشکال مصرف کرد، می‌توان از انجام آزمایش الک صرف‌نظر کرد و الزام مربوط به آن را نادیده گرفت. (۲) پس از ۲۴ ساعت قرارگیری نمونه در حالت سکون، باید سطح آن همگن و یکنواخت باشد. (۳) دمای نهایی آزمایش تقطیر برای امولسیون‌های تولید شده با قیر پلیمری برابر ۲۰۵ درجه سانتی‌گراد و برای امولسیون‌های تولید شده با لاتکس پلیمری برابر ۱۷۷ درجه سانتی‌گراد اعمال شود و نمونه به مدت ۱۵ دقیقه در این دما نگهداشته شود. (۴) برای امولسیون CRS-2P لزوماً باقیمانده فرایند تبخیر مطابق استاندارد ASTM D7497 مورد آزمایش قرار گیرد. برای سایر امولسیون‌ها، آزمایش بر روی باقیمانده تقطیر در دمای پایین یا باقیمانده تبخیر به تشخیص مهندسین مشاور انجام شود. (۵) اگر مقدار حلالیت باقیمانده قیر امولسیون کمتر از ۹۷٫۵ درصد باشد، آنگاه باید قیر پایه مورد استفاده برای تولید امولسیون آزمایش شود و مقدار حلالیت آن بیش از ۹۹ درصد باشد.						

۱۷-۶-۳- سنگدانه‌ها

سنگدانه‌های مورد استفاده در آسفالت سطحی می‌تواند از سنگ کوهی و سنگ‌های رودخانه‌ای شکسته و یا سرباره

کوره‌های آهن‌گدازی تهیه شود. بطور کلی، ویژگی‌های دانه‌بندی، سختی، شکل دانه‌ها و فضای خالی در حالت غیرمتراکم برای سنگدانه‌های مورد استفاده در آسفالت سطحی حائز اهمیت هستند. این مصالح باید مقاوم، سخت و مکعبی بوده و فاقد دانه‌های سست، شکننده و کلوخه‌های خاکی باشد. چسبندگی مناسب بین سنگدانه‌ها و قیر آسفالت سطحی برای عملکرد رضایت‌بخش آن حیاتی است. از این رو، تمیز بودن مصالح سنگی بسیار تعیین‌کننده است. سنگدانه‌ها نباید آغشته به لای، رس و گرد سنگ باشند. مصالح سنگی کمی مرطوب چسبندگی بهتری با قیرهای امولسیون دارد. همچنین می‌توان در صورت تأیید دستگاه نظارت، مصالح سنگی را پیش از استفاده برای اجرای آسفالت سطحی با قیر آغشته نمود (به خصوص برای مسیرهای با ترافیک سنگین)، در این حالت هزینه‌ی جداگانه‌ای بابت قیر و آغشته نمودن پرداخت می‌شود.

۱۷-۶-۳-۱- خواص فیزیکی و مقاومتی

سنگدانه‌ها از نظر مقاومت سایشی و مکانیکی، دوام در برابر شرایط جوی، شکل دانه‌ها و نیز مقدار مواد مضر موجود در آنها باید دارای شرایط مندرج در **جدول ۱۷-۱۰** باشند.

جدول ۱۷-۱۰- مشخصات فیزیکی سنگدانه‌های آسفالت سطحی

مقدار مشخصات	روش استاندارد آزمایش		مشخصه / آزمایش ^(۱)
	ASTM	AASHTO	
۴۰	C 131	T 96	حداکثر افت وزنی در سایش لس‌آنجلس ^(۲) (درصد)
۱۲	C 88	T 104	حداکثر افت وزنی با سولفات سدیم (درصد)
۱۸	C 88	T 104	حداکثر افت وزنی با سولفات منیزیم (درصد)
۶۰	D 5821	---	حداقل شکستگی سنگدانه‌های درشت در دو جبهه (درصد)
۱۲	D4791	---	حداکثر سنگدانه‌های پهن و دراز با نسبت ۳ به ۱ (درصد)
۳	C 142	T 112	حداکثر کلوخه‌های رسی و سنگدانه‌های سست (درصد)
۱	C 123	T 113	حداکثر مقدار مواد سبک با وزن مخصوص کمتر از ۲ (درصد)
(۱) چنانچه از مصالح سرباره کوره آهن‌گدازی استفاده شود، وزن واحد حجم مصالح طبق روش استاندارد ASTM C29 یا AASHTO T19 باید حداقل ۱۱۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد. (۲) برای راه‌های با ترافیک سنگین توصیه می‌شود مصالح با افت وزنی کمتر از ۲۵ درصد در آزمایش سایش لس‌آنجلس استفاده شود.			

۱۷-۶-۳-۲- دانه‌بندی

دانه‌بندی سنگدانه‌های آسفالت سطحی یک یا چندلایه می‌تواند یکی از دو نوع دانه‌بندی زیر باشد:

الف) دانه‌بندی یک‌اندازه که اندازه بزرگترین سنگدانه آن بیشتر از دو برابر اندازه کوچکترین سنگدانه نباشد. نمونه‌هایی از این نوع دانه‌بندی در **جدول ۱۷-۱۱** ارائه شده است.

ب) دانه‌بندی باز که محدوده آن برای مصالح سنگی با حداکثر اندازه اسمی متفاوت در **جدول ۱۷-۱۲** نشان داده

شده است.

انتخاب دانه‌بندی یک‌اندازه یا باز به شرایط اجرایی پروژه و نوع مصالح سنگی تهیه‌شده بستگی دارد، ولی در صورت امکان بهتر است که از دانه‌بندی یک‌اندازه استفاده شود. استفاده از دانه‌بندی‌های باز که نسبت به مصالح سنگی با دانه‌بندی یک‌اندازه هزینه کمتری دارند، برای راه‌های با حجم ترافیک کم توصیه می‌شود.

چنانچه از دانه‌بندی‌های باز مندرج در **جدول ۱۷-۱۲** استفاده شود، ترتیب انتخاب نوع دانه‌بندی در هر یک از لایه‌های آسفالت سطحی یک یا دو یا سه‌لایه‌ای به شرح **جدول ۱۷-۱۳** است.

جدول ۱۷-۱۱- دانه‌بندی‌های یک‌اندازه مصالح سنگی آسفالت سطحی (چیپ‌سیل)

اندازه الک	درصد عبوری از الک		
	دانه‌بندی نوع یک	دانه‌بندی نوع دو	دانه‌بندی نوع سه
۱۹ میلی‌متر			۱۰۰
۱۲٫۵ میلی‌متر		۱۰۰	۹۵-۱۰۰
۹٫۵ میلی‌متر	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۰-۱۵
۶٫۴ میلی‌متر	۹۵-۱۰۰	۰-۳۵	۰-۱۰
۲٫۳۶ میلی‌متر (شماره ۸)	۰-۳	۰-۳	۰-۳
۰٫۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰)	۰-۱	۰-۱	۰-۱

جدول ۱۷-۱۲- دانه‌بندی‌های باز مصالح سنگی آسفالت سطحی (چیپ‌سیل)

حداکثر اندازه اسمی، میلی‌متر	۲۵	۱۹	۱۲٫۵	۹٫۵	۴٫۷۵
شماره دانه‌بندی	۱	۲	۳	۴	۵
اندازه الک	درصد عبوری از الک				
۳۷٫۵ میلی‌متر	۱۰۰				
۲۵ میلی‌متر	۹۰-۱۰۰	۱۰۰			
۱۹ میلی‌متر	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰		
۱۲٫۵ میلی‌متر	۰-۱۰	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	
۹٫۵ میلی‌متر	۰-۵	۰-۱۵	۴۰-۷۰	۸۵-۱۰۰	۱۰۰
۴٫۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)	-	۰-۵	۰-۱۵	۱۰-۳۰	۸۵-۱۰۰
۲٫۳۶ میلی‌متر (شماره ۸)	-	-	۰-۵	۰-۱۰	۱۰-۴۰
۱٫۱۸ میلی‌متر (شماره ۱۶)	-	-	-	-	۰-۱۰
۰٫۳ میلی‌متر (شماره ۵۰)	-	-	-	-	۰-۵

۱۷-۶-۳-۳- تمیزی

سنگدانه‌ها باید عاری از هرگونه آلودگی، پوشش خاکی و موادی باشند که مانع چسبیدن قیر به آنها می‌شوند و در صورت لزوم، قبل از مصرف شسته شوند یا با هوای فشرده تمیز گردند. گرد و خاک در مصالح سنگی سطح سنگدانه‌ها را پوشانده و مانع از چسبیدن آنها به ماده قیری می‌شود.

اگر مصالح سنگی حاوی مقدار زیاد فیلر یا گرد و خاک باشد و یا سنگدانه‌های تمیز بدون گرد و خاک در دسترس

نباشد، پیش از استفاده مصالح در آسفالت سطحی می‌توان به یکی از روش‌های زیر عمل کرد:

الف) مصالح سنگی باید بر روی یک سرند با اندازه مناسب شسته شود تا گرد و خاک سنگدانه‌ها جدا شود. یک نوار نقاله می‌تواند مصالح را در محلی مشخص دیو کند تا خشک شود.

ب) از امولسیون کندشکن با ویژگی شناوری به مقدار زیاد مانند HFMS-2 استفاده شود. این نوع قیر معمولاً با مصالحی استفاده می‌شود که مقدار عبوری آن از الک شماره ۲۰۰ بیشتر از ۵ درصد باشد. ماده مرطوب‌کننده مورد استفاده در این نوع قیرها می‌تواند گرد و خاک سطح سنگدانه‌ها را بردارد تا چسبندگی آنها به قیر افزایش یابد.

۱۷-۶-۳-۴- انتخاب نوع قیر

انتخاب قیر بر حسب شرایط آب و هوایی محل پروژه و ملاحظات اجرایی صورت می‌گیرد. برای یک منطقه مشخص، معمولاً هر چه سنگدانه‌های مورد استفاده درشت‌تر باشد، از قیرهای با کندروانی بیشتر استفاده می‌شود. نوع و رده‌بندی برخی از قیرهای مناسب برای استفاده به همراه مصالح با دانه‌بندی‌های باز برای هوای سرد و هوای گرم در جدول ۱۷-۱۴ به عنوان توصیه و نه الزام آورده شده است.

جدول ۱۷-۱۳- ترتیب انتخاب دانه‌بندی‌ها برای آسفالت سطحی یک تا سه لایه

تعداد لایه	ترتیب لایه‌ها	شماره دانه‌بندی باز (جدول ۱۷-۱۲)	اندازه اسمی سنگدانه‌ها (میلیمتر)
یک لایه‌ای	لایه اول	۱	۱۲.۵ - ۲۵
		۲	۹.۵ - ۱۹
		۳	۴.۷۵ - ۱۲.۵
		۴	۲.۳۶ - ۹.۵
		۵	۱.۱۸ - ۴.۷۵
دو لایه‌ای	لایه اول	۱	۱۲.۵ - ۲۵
	لایه دوم	۳	۴.۷۵ - ۱۲.۵
	لایه اول	۲	۹.۵ - ۱۹
	لایه دوم	۴	۲.۳۶ - ۹.۵
سه لایه‌ای	لایه اول	۱	۱۲.۵ - ۲۵
	لایه دوم	۳	۴.۷۵ - ۱۲.۵
	لایه سوم	۵	۱.۱۸ - ۴.۷۵
	لایه اول	۲	۹.۵ - ۱۹
	لایه دوم	۴	۲.۳۶ - ۹.۵
	لایه سوم	۵	۱.۱۸ - ۴.۷۵

جدول ۱۷-۱۴- قیرهای مناسب برای سنگدانه‌های با دانه‌بندی‌های باز

شماره دانه‌بندی باز (از جدول ۱۷-۱۲)	اندازه اسمی سنگدانه‌ها	مواد قیری مناسب برای شرایط دمایی زیر	
		هوای سرد	هوای گرم

(بیش از ۲۷ درجه سانتیگراد)		(۱۰ تا ۲۷ درجه سانتیگراد)		(میلیمتر)	
CRS-2	CRS-2h	CRS-1,2	CRS-2h	۱۲,۵ - ۲۵	۱
RS-2	RS-2h	RS-2	RS-2h		
۸۵-۱۰۰	۱۲۰-۱۵۰	۸۵-۱۰۰	۱۲۰-۱۵۰		
PG58-28	PG52-28	PG58-28	PG52-28		
PG58-22	PG64-22	PG58-22			
CRS-1,2	CRS-2h	CRS-1,2	CRS-2h	۹,۵ - ۱۹	۲
RS-2	RS-2h	RS-2	RS-2h		
۸۵-۱۰۰	۱۲۰-۱۵۰				
PG58-28	PG52-28				
PG58-22					
CRS-1,2	CRS-2h	CRS-1,2	CRS-2h	۴,۷۵ - ۱۲,۵	۳
RS-2	RS-2h	RS-2	RS-2h		
PG46-34	۲۰۰-۳۰۰				
CRS-1,2	CRS-2h	CRS-1	CRS-2	۲,۳۶ - ۹,۵	۴
RS-1,2	RS-2h	RS-1	RS-2		
CRS-1	CRS-2	CRS-1	CRS-2	۱,۱۸ - ۴,۷۵	۵
RS-1	RS-2	RS-1	RS-2		

۱۷-۶-۴- طراحی آسفالت سطحی

هدف از طراحی آسفالت سطحی، تعیین مقادیر دقیق قیر و سنگدانه‌ها برای اجرای کار است. این روش بر فرضیات زیر استوار است و برای انواع سنگدانه‌های با دانه‌بندی باز و یک‌اندازه صادق است:

(الف) مقدار فضای خالی سنگدانه‌ها که توسط ماشین پخش‌کننده مصالح روی قیر پخش می‌شود، قبل از غلتک‌زنی و با توجه به آرایش نامتعادل و ناپیوسته سنگدانه‌ها، تقریباً ۵۰ درصد از حجم کل آن است.

(ب) مقدار فضای خالی بعد از غلتک‌زنی و جابجا شدن سنگدانه‌ها، به ۳۰٪ کاهش می‌یابد.

(پ) پس از آن که آسفالت سطحی به مدت کافی تحت ترافیک قرار گرفت، سنگدانه‌ها بر روی مسطح‌ترین وجه خود قرار می‌گیرند. در این شرایط، مقدار فضای خالی سنگدانه‌ها به حدود ۲۰٪ می‌رسد و ضخامت نهایی لایه آسفالت سطحی تقریباً با کوچکترین بعد سنگدانه‌ها برابر می‌شود.

(ت) برای آنکه رویه آسفالت سطحی عملکرد مناسب داشته و بادوام باشد، ضروری است که ۶۰ تا ۸۰ درصد از فضای خالی باقیمانده (که ۲۰٪ فرض شده است) بسته به حجم ترافیک با قیر پر شود و فضای خالی نهایی آسفالت سطحی به شرح زیر گردد:

$$\text{برای ترافیک } ۱۰۰ \text{ تا } ۵۰۰ \text{ وسیله نقلیه در روز: } \text{٪}۴ = \text{٪}۲۰ - (\text{٪}۸۰ \times \text{٪}۲۰)$$

$$\begin{aligned} \text{برای ترافیک } 500 \text{ تا } 1000 \text{ وسیله نقلیه در روز: } & \quad 0.20 - (0.70 \times 0.20) = 0.06 \\ \text{برای ترافیک } 1000 \text{ تا } 2000 \text{ وسیله نقلیه در روز: } & \quad 0.20 - (0.65 \times 0.20) = 0.07 \\ \text{برای ترافیک } 2000 \text{ تا } 4000 \text{ وسیله نقلیه در روز: } & \quad 0.20 - (0.60 \times 0.20) = 0.08 \end{aligned}$$

۱۷-۶-۵- محاسبه مقادیر پخش قیر و مصالح

با فرضیات فوق، از روابطی که در ادامه آورده شده است برای محاسبه مقادیر پخش قیر و مصالح دانه‌ای استفاده می‌شود. به طور کلی، هر چه دانه‌بندی مصالح به حد پایین محدوده مشخصات دانه‌بندی‌های ارائه‌شده در این بخش نزدیک‌تر باشد (به عبارت دیگر، دانه‌بندی سنگدانه‌ها درشت‌تر باشد)، مقادیر قیر و سنگدانه‌ها افزایش می‌یابد و بالعکس.

۱۷-۶-۵-۱- مقدار سنگدانه‌ها

رابطه ۱۷-۱ برای تعیین مقدار سنگدانه مورد استفاده در واحد سطح برای هر یک از لایه‌های آسفالت سطحی یک‌لایه یا چندلایه به کار می‌رود.

$$C = (1 - 0.4V) H \times G \times E \quad \text{رابطه (۱۷-۱)}$$

که در آن:

C = وزن سنگدانه‌ها بر حسب کیلوگرم در مترمربع از سطح راه است که باید به عدد صحیح بزرگ‌تر گرد شود.

V = فضای خالی سنگدانه‌ها در شرایط غیرمتراکم بر حسب درصد است که از رابطه ۱۷-۲ محاسبه می‌شود.

$$V = 1 - \frac{W}{1000G} \quad \text{رابطه (۱۷-۲)}$$

که در آن:

W = وزن واحد حجم غیرمتراکم سنگدانه‌ها بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب است که به روش AASHTO T19 اندازه‌گیری می‌شود.

G = وزن مخصوص حقیقی سنگدانه‌ها است.

H = میانگین کمترین بعد سنگدانه‌ها بر حسب میلیمتر است که با استفاده از رابطه ۱۷-۳ محاسبه می‌شود.

$$H = \frac{M}{1.139285 + 0.011506 \times FI} \quad \text{رابطه (۱۷-۳)}$$

که در آن:

M = اندازه متوسط سنگدانه‌ها بر حسب میلیمتر که با استفاده از نمودار دانه‌بندی مصالح تعیین می‌شود. این پارامتر

برابر با اندازه سوراخ‌های الک فرضی است که نیمی از سنگدانه‌ها از آن عبور می‌کنند (مقدار عبوری مصالح از آن ۵۰ درصد است).

برای تعیین اندازه متوسط سنگدانه‌ها پس از آزمایش دانه‌بندی مصالح مورد استفاده، نمودار دانه‌بندی رسم شده و قطری از سنگدانه‌ها که ۵۰ درصد مصالح از آن کوچکتر هستند، با استفاده از این نمودار تعیین می‌گردد.

FI = ضریب تورق سنگدانه‌ها بر حسب درصد است که به روش استاندارد BS 812 تعیین می‌شود.
 E = ضریب هدر رفتن سنگدانه‌ها است که در بازه ۱/۰۱ تا ۱/۱۵ توسط مهندس طراح انتخاب می‌شود. هرچه مقدار هدررفت مصالح در حین اجرای آسفالت سطحی و پس از آن در اثر عبور ترافیک بیشتر باشد، ضریب مورد استفاده با در نظر گرفتن ۱ تا ۱۵ درصد هدررفت سنگدانه‌ها بیشتر خواهد بود.

۱۷-۶-۵-۲- مقدار قیر

مقدار قیر لازم برای آسفالت سطحی یک‌لایه‌ای، دولایه‌ای و یا بیشتر، از رابطه ۴-۱۷ به دست می‌آید:

$$B = \frac{0.4 \times HTV + S + A}{R}$$

رابطه (۴-۱۷)

که در آن:

B = مقدار قیر بر حسب لیتر در متر مربع (در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد) است که با توجه به دمای قیر در شرایط پخش بر روی بستر راه باید تصحیح شود.
 وزن مخصوص قیر مورد استفاده ابتدا در آزمایشگاه به روش ASTM D70 یا AASHTO T228 اندازه‌گیری شده و سپس ضریب اصلاح تعیین می‌گردد.

V = فضای خالی سنگدانه‌ها در شرایط غیرمتراکم بر حسب درصد است که با استفاده از رابطه ۲-۱۷ محاسبه می‌شود.

H = میانگین کمترین بعد سنگدانه‌ها بر حسب میلیمتر است که با استفاده از رابطه ۳-۱۷ محاسبه می‌شود.
 T = ضریب اصلاح ترافیک است که با توجه به حجم ترافیک روزانه و تعداد وسایل نقلیه در هر روز از جدول ۱۷-۱۵ انتخاب می‌گردد.

S = عامل متغیر اصلاح مقدار قیر با توجه به وضعیت سطحی موجود بر حسب لیتر در متر مربع است که بسته به وضعیت رویه موجود از جدول ۱۷-۱۶ تعیین می‌گردد.

A = مقدار اصلاح مربوط به جذب مواد قیری توسط سنگدانه‌ها است که برای مصالح با تخلخل جزئی و معمول برابر صفر منظور می‌شود. در صورتی که استفاده از سنگدانه‌های با تخلخل زیاد و دارای منافذ و حفرات سطحی اجتناب‌ناپذیر باشد، می‌توان از قیر اضافی در محدوده ۰/۱۵ - ۰/۱ لیتر در متر مربع استفاده کرد و در موارد بحرانی نیز باید مقدار دقیق جذب قیر توسط سنگدانه‌ها در آزمایشگاه تعیین شود. تجربه نشان داده است که مقدار اصلاح (A) برابر با ۰/۱ لیتر در متر مربع برای سنگدانه‌های با جذب آب در حدود ۲٪ مناسب است.

R = مقدار قیر باقیمانده از تبخیر آب در قیرهای امولسیون است که در آزمایشگاه تعیین می‌شود. برای قیرهای خالص با رده‌بندی‌های مختلف، مقدار این ضریب برابر ۱ منظور می‌گردد.

در صورتی که قیرهای امولسیون مورد استفاده قرار گیرد و دسترسی به نتایج حاصل از آزمایش‌های آزمایشگاهی مقدور نباشد، از داده‌های جدول ۱۷-۱۷ می‌توان به عنوان راهنمای انتخاب مقدار R استفاده کرد.

جدول ۱۷-۱۵- ضریب اصلاح ترافیک برای محاسبه مقدار قیر

ضریب ترافیک T	ترافیک روزانه (تعداد وسیله نقلیه در روز)
۰٫۸۵	کمتر از ۱۰۰
۰٫۷۵	۱۰۰-۵۰۰
۰٫۷۰	۵۰۰-۱۰۰۰
۰٫۶۵	۱۰۰۰-۲۰۰۰
۰٫۶۰	بیش از ۲۰۰۰

جدول ۱۷-۱۶- مقدار اصلاح قیر برای وضعیت سطح موجود

مقدار اصلاح برای وضعیت سطحی، S	وضعیت سطحی روسازی موجود
-۰٫۲۷ تا -۰٫۰۴	تیره رنگ، قیرزده
صفر	بدون تخلخل و هموار
+۰٫۱۴	تا حدودی متخلخل و اکسید شده
+۰٫۲۷	تا حدودی شن‌زده، متخلخل و اکسید شده
+۰٫۴۰	به شدت شن‌زده، متخلخل و اکسید شده

جدول ۱۷-۱۷- درصد قیر باقیمانده برای قیرهای امولسیون

ضریب R ^(۱)	نوع قیر
۰٫۵۵	RS-1
۰٫۶۴	RS-2
۰٫۵۵	MS-1
۰٫۵۵	HFMS-1
۰٫۶۰	CRS-1
۰٫۶۵	CRS-2
(۱) برای قیرهای خالص با رده‌بندی‌های مختلف برابر ۱ منظور گردد.	

حجم قیر محاسبه شده به شرح فوق، مربوط به دمای ۱۵ درجه سانتیگراد است که با استفاده از راهنمای استاندارد ASTM D1250 و ضرایب تبدیل حجمی مواد قیری که در جداول استاندارد ASTM D4311 ارائه شده است، به حجم قیر در شرایط دمایی زمان اجرا تبدیل می‌شود. روابط مربوط به تبدیل حجمی مواد قیری از دماهای مختلف به دمای ۱۵ درجه سانتیگراد، برگرفته از استاندارد ASTM D4311 نیز می‌تواند به شرح زیر برای محاسبه ضرایب تبدیل حجم مورد استفاده قرار گیرد.

$$A = 1.0094684142 - 6.33413410744 \times 10^{-4} \times T + 1.45710416212 \times 10^{-7} \times T^2$$

رابطه (۱۷-۵)

که در آن:

A = ضریب تبدیل حجمی برای مواد قیری با وزن مخصوص ۰/۹۶۶ یا بزرگتر در ۱۵ درجه سانتیگراد، و
T = دمای ماده قیری بر حسب درجه سانتیگراد است.

$$B = 1.0108020095 - 7.2343515319 \times 10^{-4} \times T + 2.1996598346 \times 10^{-7} \times T^2 \quad \text{رابطه (۶-۱۷)}$$

که در آن:

B = ضریب تبدیل حجمی برای مواد قیری با وزن مخصوص ۰/۸۵۰ تا ۰/۹۶۵ در ۱۵ درجه سانتیگراد، و
T = دمای ماده قیری بر حسب درجه سانتیگراد است

قابل ذکر است که روابط فوق و ضرایب مندرج در استاندارد ASTM D4311 برای قیرهای خالص کاربرد دارند. برای قیرهای امولسیون باید از ضرایب اصلاح حجم مربوط به تغییرات دمای قیر امولسیون استفاده شود. این ضرایب در جدول ۱۷-۱۸ ارائه شده است. ضرایب جدول ۱۷-۱۸ برای تبدیل حجم قیرهای امولسیون از دماهای مختلف به حجم آنها در دمای استاندارد ۱۵ درجه سانتیگراد کاربرد دارند. برای سایر دماها نیز می‌توان از روش درونیابی برای تعیین مقدار ضریب استفاده کرد.

جدول ۱۷-۱۸ - ضرایب اصلاح حجم قیرهای امولسیون از دماهای مختلف به دمای ۱۵ درجه سانتیگراد

دما (درجه سانتیگراد)	ضریب	دما (درجه سانتیگراد)	ضریب
۱۰	۱,۰۰۲۵۰	۵۵	۰,۹۸۲۲۵
۱۵	۱,۰۰۰۰۰	۶۰	۰,۹۸۰۰۰
۲۰	۰,۹۹۸۰۰	۶۵	۰,۹۷۷۷۵
۲۵	۰,۹۹۵۷۵	۷۰	۰,۹۷۵۵۰
۳۰	۰,۹۹۳۵۰	۷۵	۰,۹۷۳۲۵
۳۵	۰,۹۹۱۲۵	۸۰	۰,۹۷۱۰۰
۴۰	۰,۹۸۹۰۰	۸۵	۰,۹۶۸۷۵
۴۵	۰,۹۸۶۷۵	۹۰	۰,۹۶۶۵۰
۵۰	۰,۹۸۴۵۰		

۱۷-۶-۵-۳ - اصلاح مقادیر طرح

در استفاده از روابط مربوط به محاسبه میزان پخش سنگدانه‌ها و قیر، بهتر است موارد زیر رعایت شود:

الف) در مورد آسفالت سطحی یک‌لایه‌ای از روابط ۱۷-۱ تا ۱۷-۴ برای محاسبه مقادیر سنگدانه‌ها و قیر در متر مربع استفاده شود.

ب) فرض بر این است که آسفالت سطحی دو یا سه‌لایه‌ای از دو یا سه لایه آسفالت سطحی تک‌لایه‌ای تشکیل می‌شود. لذا برای محاسبه مقادیر سنگدانه و قیر برای هر یک از لایه‌ها، با توجه به کیفیت سنگدانه‌ها و مواد قیری مورد استفاده هر لایه که در آزمایشگاه ارزیابی و تعیین خواهد شد، از روابط ۱۷-۱ تا ۱۷-۴ استفاده شود.

پ) ضریب هدر رفتن سنگدانه‌ها (E) برای لایه‌های دوم یا سوم آسفالت سطحی، برابر یک منظور شود.

ت) برای اجرای لایه دوم آسفالت سطحی، هیچ ضریب اصلاحی برای قیر از نظر بافت سطحی لایه اول بکار گرفته نمی‌شود و مقدار S برابر صفر منظور می‌گردد. زیرا فرض بر این است که در محاسبات مربوط به تعیین مقدار قیر لایه قبلی، کلیه عوامل برای تعیین و محاسبه مقدار بهینه قیر و پخش آن در سطح راه در محدوده رواداری‌های اجرایی منظور شده است.

ث) مقدار قیر مورد استفاده در لایه‌های اول و دوم آسفالت سطحی دولایه یا در لایه‌های اول، دوم و سوم آسفالت سطحی سه‌لایه باید به شرح زیر اصلاح شود:

۱- چنانچه زمان اجرای آسفالت سطحی از ماه‌های اردیبهشت و خرداد شروع شده و تا ماه‌های گرم تابستان ادامه یابد، مقدار قیر محاسبه‌شده برای هر لایه به شرح زیر محاسبه می‌شود:

آسفالت سطحی دو لایه‌ای: ۶۰٪ از مجموع قیر محاسبه‌شده در لایه اول و ۴۰٪ در لایه دوم منظور گردد.

آسفالت سطحی سه‌لایه‌ای: ۴۰٪ از مجموع قیر محاسبه‌شده در لایه اول، ۴۰٪ در لایه دوم و ۲۰٪ در لایه سوم منظور گردد.

۲- چنانچه اجرای آسفالت سطحی در ماه شهریور آغاز شود، قیر محاسبه‌شده برای هر لایه به شرح زیر محاسبه می‌شود:

آسفالت سطحی دو لایه‌ای: ۴۰٪ از مجموع قیر محاسبه‌شده در لایه اول و ۶۰٪ در لایه دوم منظور گردد.

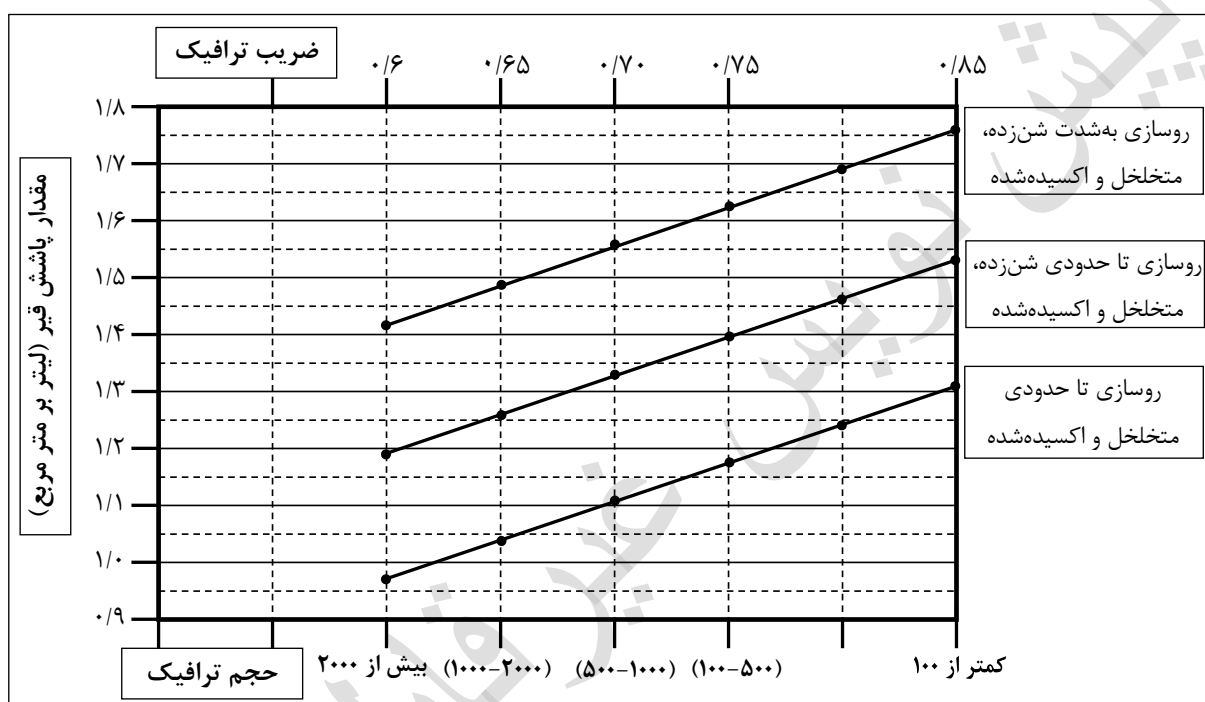
آسفالت سطحی سه‌لایه‌ای: ۳۰٪ از مجموع قیر محاسبه‌شده در لایه اول، ۴۰٪ در لایه دوم و ۳۰٪ در لایه سوم منظور گردد.

ج) توصیه می‌شود که پس از محاسبه دقیق مقدار سنگدانه‌ها، مقدار به دست آمده به عدد صحیح بزرگتر گرد شود. پس از تعیین مقدار پخش سنگدانه‌ها می‌توان آن را آزمایش کرد. به این منظور، مقدار تعیین‌شده در داخل یک جعبه چوبی به مساحت یک متر مربع ریخته می‌شود. این مقدار باید در یک لایه به ضخامت معادل یک سنگدانه پخش شود. مقدار محاسباتی سنگدانه‌ها با هدف در نظر گرفتن اثر ترافیک یا وضعیت سطحی موجود، آنگونه که برای مقدار قیر ضروری است، در محل اجرا نیاز به اصلاح ندارد.

چ) مقدار قیر محاسبه‌شده با استفاده از رابطه ۱۷-۴ برای مسیر چرخ‌های وسایل نقلیه و نواحی تحت ترافیک در معابر و راه‌ها است. این مقدار قیر می‌تواند امکان قرارگیری سنگدانه‌ها بر روی مسطح‌ترین وجه آنها فراهم سازد. اما توصیه می‌شود که مقدار قیر برای نواحی دور از ترافیک نیز محاسبه شود و میانگین این دو مقدار قیر محاسباتی به عنوان نقطه شروع برای اجرای میدانی مورد استفاده قرار گیرد. به منظور محاسبه مقدار پاشش قیر برای نواحی دور از ترافیک با استفاده از رابطه ۱۷-۴، اندازه متوسط سنگدانه‌ها (M) به جای میانگین کمترین بعد سنگدانه‌ها (H) استفاده شود.

ح) تجربه نشان داده است مقدار سنگدانه‌ها که با استفاده از روابط این بخش تعیین می‌شود، همواره برای اجرای

میدانی در محل پروژه مناسب است. اما از آنجا که برای محاسبه مقدار پاشش قیر، فرض‌هایی در ارتباط با بافت سطحی و تخلخل روسازی موجود صورت می‌گیرد، همواره نیاز است که مقدار قیر تعدیل شود. لذا یک نمودار تعدیل قیر که مقدار پاشش قیر در حالت‌های مختلف حجم ترافیک و وضعیت سطحی موجود را نشان دهد، مشابه آنچه که در شکل ۱۷-۲ ترسیم شده است، ابزاری کاربردی برای استفاده در زمان اجرا است. دستگاه نظارت می‌تواند این نمودار را در زمان اجرای آسفالت سطحی بکار گیرد.



شکل ۱۷-۲- نمونه‌ای از نمودار تعدیل مقدار قیر برای زمان اجرای آسفالت سطحی

۱۷-۶-۵-۴- نمونه محاسبات

به منظور آشنایی با نحوه محاسبه مقادیر قیر و سنگدانه‌ها، مثال زیر برای آسفالت سطحی یک‌لایه‌ای ارائه شده است: برای اجرای آسفالت سطحی یک‌لایه، سنگدانه‌های شکسته منطبق با دانه‌بندی شماره ۲ از جدول ۱۷-۱۲ با قیر CRS-1 انتخاب شده است. بستری که آسفالت سطحی بر روی آن اجرا می‌شود، لایه اساس شکسته است. بر اساس داده‌های طرح، مقادیر سنگدانه‌ها و قیر برای هر متر مربع از سطح راه به شرح زیر محاسبه می‌شود:

الف) با انجام آزمایش دانه‌بندی سنگدانه‌ها و ترسیم نمودار مربوطه، قطر دانه‌هایی که مقدار ۵۰ درصد رد شده از الک را بر روی منحنی دانه‌بندی نشان می‌دهد، برابر ۱۰ میلیمتر است. مقدار ضریب تورق مصالح به روش آزمایش استاندارد BS-812 برابر ۲۰ درصد محاسبه گردیده است. میانگین کمترین بعد سنگدانه‌ها با استفاده از رابطه ۱۷-۳ برابر ۷/۳ میلیمتر تعیین می‌شود.

$$H = \frac{10}{1.139285 + 0.011506 \times 20} = 7.3$$

ب) وزن واحد حجم غیرمتراکم مصالح (W) با انجام آزمایش در آزمایشگاه به روش AASHTO T19 برابر با ۱۵۰۸/۳ کیلوگرم بر مترمکعب و وزن مخصوص حقیقی مصالح با انجام آزمایش به روش AASHTO T85 برابر با ۲/۶۰۰ اندازه‌گیری شد. لذا فضای خالی سنگدانه‌ها (V) برابر است با:

$$V = 1 - \frac{1508.3}{1000 \times 2.600} = 0.42$$

پ) ضریب هدر رفتن سنگدانه‌ها (E) با توجه به تجربه طراح برابر با ۱/۰۴ انتخاب گردید.

ت) تعداد ترافیک روزانه طرح معادل ۸۰۰ وسیله نقلیه است که ضریب T با توجه به جدول ۱۷-۱۵ برابر ۰/۷ خواهد بود.

ث) از آنجا که آسفالت سطحی بر روی لایه اساس شکسته اجرا می‌شود، لذا ضریب بافت سطحی راه (S) از جدول ۱۷-۱۶ معادل صفر است.

ج) ضریب R با توجه به استفاده از قیر امولسیون CRS-1 از جدول ۱۷-۱۷ برابر ۰/۶ انتخاب شد که در صورت لزوم در آزمایشگاه با انجام آزمایش تقطیر تعیین می‌شود.

چ) سنگدانه‌های مورد استفاده در آسفالت سطحی جذب قیر بیش از معمول ندارد، لذا ضریب A مربوط به جذب قیر برابر صفر است.

مقدار سنگدانه‌ها

$$C = (1 - 0.4V) H \times G \times E$$

$$C = (1 - 0.4 \times 0.42) 7.3 \times 2.600 \times 1.04 = 16.4 \text{ Kg/m}^2$$

مقدار قیر

برای دمای ۱۵ درجه سانتیگراد به شرح زیر محاسبه می‌شود.

$$B = \frac{0.4 \times 7.3 \times 0.7 \times 0.42 + 0 + 0}{0.6} = 1.4308 \text{ Lit/m}^2$$

قیر امولسیون CRS-1 در دمای محیط حدود ۳۰ درجه سانتیگراد بر روی سطح راه پخش می‌شود و حجم قیر باقیمانده آن در این دما بیش‌تر از مقدار محاسبه‌شده برای دمای ۱۵ درجه سانتیگراد خواهد بود.

ضریب تبدیل حجم قیر امولسیون از دمای ۳۰ به دمای ۱۵ درجه سانتیگراد، در جدول ۱۷-۱۸ برابر با ۰/۹۹۳۵۰

ارائه شده است. لذا حجم قیر امولسیون در دمای پخش طبق رابطه زیر برابر با $1/440$ لیتر بر متر مربع محاسبه می‌شود. از آنجا که ضریب فوق مربوط به تبدیل حجم از دمای 30 به دمای 15 درجه است، بنابراین برای تبدیل حجم قیر امولسیون از دمای 15 به دمای 30 درجه سانتیگراد، مقدار محاسباتی بر ضریب تبدیل حجمی تقسیم می‌شود.

$$B = 1.4308 / 0.99350 = 1.440 \text{ Lit/m}^2$$

۱۷-۶-۶- تجهیزات و ماشین‌آلات

همه تجهیزات، ابزار و ماشین‌آلات مورد استفاده در اجرای آسفالت سطحی که در ادامه به آنها پرداخته می‌شوند، باید در شرایط کاری مطلوب باشند.

۱۷-۶-۶-۱- قیرپاش

بطور کلی، قیرپاش باید خودران و از نوع فشاری باشد و توان پاشش یکنواخت مواد قیری به مقادیر بسیار کم در حد 0.2 لیتر بر متر مربع تا مقادیر زیاد در حد $5/0$ لیتر بر متر مربع را در عرض متغیر داشته باشد. قیرپاش باید به یک موتور برای پمپ و چرخش کامل قیر در نازل‌ها که به صورت عرضی و عمودی قابل تنظیم هستند، مجهز باشد. زاویه و ارتفاع نازل باید طوری تنظیم شود که بطور کامل پوشش دوطرفه 1 را در یک مرتبه عبور فراهم کند. قیرپاش باید مجهز به ابزار کنترل کامپیوتری برای قیرپاشی، سرعت‌سنج، فشارسنج، ابزار دقیق حجم‌سنجی، مخزن کالبره‌شده و یک دماسنج برای اندازه‌گیری دمای قیر درون مخزن باشد.

قیرپاش مورد استفاده در اجرای آسفالت سطحی باید مشخصات زیر را داشته باشد:

- دستگاه قیرپاش باید روی چرخ‌های لاستیکی به عرض و وزن خاصی نصب شود، به گونه‌ای که فشار وارده از چرخ‌ها به سطح راه بیش از 6 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع نباشد. این فشار را می‌توان در محل اندازه‌گیری کرد و در صورت لزوم با تقلیل یا افزایش فشار باد لاستیک چرخ‌ها، فشار وارده را تنظیم گردد.

- مخزن قیرپاش باید به گرم‌کن مجهز باشد و بتواند مواد قیری را تا دمای مناسب برای پخش گرم کند. قیر هنگام حرارت دادن باید در گردش باشد و یا هم زده شود. برای قیرپاش‌های مخصوص امولسیون، سیستم گردش قیر باید آن را درون لوله پاشش و شیرهای آن نیز به گردش درآورد، در غیر این صورت احتمال شکستن امولسیون و انسداد لوله‌ها وجود دارد.

- به منظور کنترل دائمی دمای قیر، دماسنجی روی مخزن نصب می‌شود. دماسنج باید به نحوی قرار گیرد که حداکثر دمای قیر را نشان دهد.

- مخزن قیر باید از طریق لوله مخصوصی که در آن تعبیه می‌شود، بارگیری گردد و این لوله باید به یک صافی مجهز باشد. تعویض صافی باید به سهولت قابل انجام باشد.

- دستگاه قیرپاش باید از نوع فشاری بوده و به یک پمپ مجهز باشد. مقدار قیری که بر حسب لیتر در دقیقه پخش

¹ double coverage

می‌شود، با سرعت قیرپاش هماهنگ و کنترل می‌گردد.

- ماشین قیرپاش باید به یک سرعت‌سنج برای تعیین سرعت حرکت بر حسب متر در دقیقه مجهز باشد. سرعت‌سنج در محلی نصب می‌شود که همواره در معرض دید راننده باشد.

- طول لوله قیرپاش عموماً ۴ متر است، ولی باید برای قیرپاشی در عرض‌های کمتر یا بیشتر قابل تنظیم باشد.

- ارتفاع لوله پخش قیر از زمین و نیز زاویه نازل‌ها نسبت به محور لوله قیرپاش باید به گونه‌ای تنظیم شود که پاشش یکنواخت قیر در سطح راه تأمین شود. بهترین شرایط برای زاویه نازل‌ها، در محدوده ۱۵ تا ۳۰ درجه و مناسب‌ترین فاصله بین نازل‌ها بر روی لوله پخش، در حدود ۱۰ سانتیمتر است.

- قیرپاش باید دارای لوله یا شلنگ پاشش دستی نیز باشد، تا بتوان قیرپاشی را در سطوح کوچک و نقاط دور از دسترس قیرپاش نیز انجام داد.

- ماشین مخصوص پاشش امولسیون‌ها نیاز به محافظت و نگهداری و توجه خاص به مواردی همچون گرم کردن قیر، کارایی پمپ، نحوه تخلیه، بارگیری و تمیز کردن مخزن و شناسایی انواع قیرهایی دارد که ممکن است مورد استفاده قرار گیرند.

- ماشین مخصوص پاشش امولسیون‌ها هر روز پس از اتمام کار باید با نفت سفید یا حلال مشابه شسته شود. اگر مخزن قیرپاش حاوی امولسیون باشد، باید در مقابل سرما محافظت شود تا امولسیون یخ نزده و نشکند.

- پاشش قیر توسط قیرپاش باید به اندازه‌ای دقیق باشد که انحراف آن از مقدار طرح در هر متر مربع از سطح راه بیشتر از ۱۰ درصد (یا ۰/۰۹ لیتر در مترمربع) نباشد. به این منظور باید سرعت حرکت ماشین و مقدار قیری که از نازل‌ها تخلیه می‌شود، یکنواخت و همگن باشد. سرعت قیرپاش که همواره پیش از شروع قیرپاشی تعیین می‌گردد، با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$V = \frac{MQ}{WA} \quad \text{رابطه (۱۷-۷)}$$

که در آن:

V = سرعت ماشین بر حسب متر در دقیقه

M = مقدار قیر قابل تخلیه از لوله قیرپاش بر حسب لیتر در دقیقه

Q = ضریب اصلاح حجم قیر نسبت به دمای پخش

W = طول لوله قیرپاش در عرض ماشین بر حسب متر

A = مقدار قیر طرح بر حسب لیتر در متر مربع

۱۷-۶-۶-۲- ماشین پخش سنگدانه‌ها

ماشین پخش سنگدانه‌ها باید به طور خاص برای پخش از انواع مختلف مصالح طراحی و ساخته شده باشد. این

ماشین باید خودران باشد و حداقل چهار چرخ لاستیکی در دو محور داشته باشد و بتواند سنگدانه‌ها را در بازه ۲/۷ تا ۲۷ کیلوگرم بر متر مربع در عرض متغیر بطور یکنواخت پخش کند. این ماشین باید بتواند کامیون را که در حالت دنده خلاص به آن متصل شده است، همراه خود بکشد. ماشین پخش باید به گونه‌ای طراحی شده باشد که مصالح سنگی را از یک قیف در عقب دریافت کرده و به یک جعبه پخش در جلو منتقل کند. قیف پخش در جلوی ماشین می‌تواند با عرض ثابت یا عرض قابل تنظیم ساخته شده باشد. ماشین پخش باید بتواند فارغ از عرض پخش، سنگدانه‌ها را در کل عرض قیف بطور یکنواخت پخش کند. نرخ پخش سنگدانه‌ها باید بدون توجه به سرعت حرکت دستگاه یا تغییر عرض پخش ثابت بماند. این کار باید توسط ابزار کنترل کامپیوتری انجام شود. این ابزار سرعت حرکت دستگاه را پایش کرده و میزان عبوری از قیف پخش را با توجه به آن سرعت تنظیم می‌کند. پیش از شروع حرکت دستگاه، مقدار پخش بر حسب کیلوگرم بر متر مربع در ابزار کنترل تنظیم می‌شود.

۱۷-۶-۳- غلتک‌ها

حداقل دو دستگاه غلتک چرخ لاستیکی به وزن بیش از ۹ تن باید در یک پروژه استفاده شود. در صورت کم بودن میزان کار روزانه و تأیید دستگاه نظارت می‌توان از یک غلتک نیز استفاده کرد. غلتک چرخ لاستیکی باید وزن ناخالص قابل تنظیم برای اعمال نیروی ۳۶ تا ۶۴ کیلوگرم بر سانتیمتر در عرض غلتک داشته باشد. فشار لاستیک چرخ برای غلتک‌های چرخ لاستیکی باید مشخص شده باشد و نباید بیش از ۳۵ کیلوپاسکال تغییر کند. بسته به سرعت اجرای آسفالت سطحی و عرض اجرا ممکن است به غلتک‌های بیشتری نیاز باشد. توصیه می‌شود غلتک‌ها با سرعت بیش از ۱۵ کیلومتر در ساعت حرکت نکنند.

یک غلتک چرخ فولادی نیز برای اجرای آسفالت سطحی چندلایه‌ای نیاز است.

۱۷-۶-۴- جاروی مکانیکی

ماشین جاروی دورانی مکانیکی^۱ که چهار چرخه و خودران باشد و بتواند در هر دو سمت جلو و عقب کار کند، توصیه می‌شود. این ماشین باید مجهز به ابزار کنترل فشار عمودی جاروی دورانی باشد. جاروها باید بررسی شوند تا از وضعیت سالم برخوردار بوده و از مطابقت آنها با استانداردهای محیط زیستی اطمینان حاصل گردد. استفاده از جاروی دورانی برای تمیز کردن سطح موجود راه پیش از اجرای آسفالت سطحی نیاز است. معمولاً یک لایه گرد و خاک در نزدیکی لبه‌های راه جمع می‌شود که می‌تواند مانع چسبندگی مناسب بین آسفالت سطحی و سطح موجود راه باشد. به همین دلیل گرد و خاک باید با دقت توسط جاروی مکانیکی پر قدرت برداشته شود. جاروی مکانیکی برای برداشتن سنگدانه‌های مازاد از روی آسفالت سطحی با فشار و توان کم نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

¹ Rotary Mechanical Broom

۱۷-۶-۵- کامیون حمل مصالح

برای کاهش تأخیرهای عملیات اجرای آسفالت سطحی به دلیل اتمام مصالح سنگی باید کامیون‌های کمپرسی به تعداد کافی فراهم شود. کامیون‌های کمپرسی حمل مصالح سنگی باید یک قلاب مناسب برای اتصال به ماشین پخش سنگدانه جهت حرکت با آن داشته باشند تا در هنگام تخلیه مصالح به ماشین پخش، سنگدانه‌ها بر روی سطح راه نریزند. همچنین کامیون‌ها نباید به هیچ وجه با ماشین پخش سنگدانه تماس حاصل نمایند.

۱۷-۶-۷- روش‌های اجرایی

۱۷-۶-۷-۱- کالیبراسیون

ماشین قیرپاش و ماشین پخش سنگدانه باید کالیبره شوند تا اطمینان حاصل شود که مقدار مناسب ماده قیری و سنگدانه پخش می‌شود. کالیبراسیون باید اطمینان دهد که اجزای مکانیکی و الکترونیکی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات بطور صحیح تنظیم شده و به درستی عمل می‌کنند. قیرپاش‌ها باید بررسی شوند تا اندازه نازل‌های آنها مناسب باشد. سازندگان تجهیزات و ماشین‌آلات باید دستورالعمل کاملی از مراحل کالیبره آنها ارائه دهند. ارتفاع نازل‌ها باید کالیبره شده و زاویه آنها بررسی شود و سپس مقدار پاشش قیر در هر دو امتداد عرضی و طولی به روش استاندارد ASTM D2995 (INSO 12652) صحت‌سنجی شود. مقدار پخش سنگدانه نیز باید در دو امتداد عرضی و طولی صحت‌سنجی شود. برای کالیبره‌ی پخش مصالح سنگی می‌توان از برش‌های ژئوتکستایل به ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر استفاده کرد.

۱۷-۶-۷-۲- شرایط آب و هوایی

هنگامی که روسازی موجود مرطوب بوده، و یا شرایط آب و هوایی نامناسب باشد، آسفالت سطحی نباید اجرا شود. شرایط نامناسب آب و هوایی شامل مواردی چون بارش باران، هوای سرد، روسازی مرطوب، احتمال بارش باران یا سایر عوامل محیطی است که می‌توانند بر کیفیت اجرای آسفالت سطحی اثرگذار باشند. اگر دمای روسازی یا دمای هوا کمتر از ۱۵ درجه سانتیگراد باشد، آسفالت سطحی نباید اجرا شود. اما اگر دمای روسازی و دمای هوا بیش از ۱۰ درجه سانتیگراد و در حال افزایش باشند، آسفالت سطحی را می‌توان اجرا کرد. همچنین برای آسفالت سطحی با قیر امولسیون، اگر احتمال بارش تا ۲۴ ساعت پس از آن اجرا وجود داشته باشد، عملیات اجرا شروع نمی‌شود. در مناطق سردسیر طبق نظر مهندس پروژه و با استفاده از برخی روش‌های اجرایی می‌توان محدودیت دمایی را تعدیل کرد.

۱۷-۶-۷-۳- ایمنی و کنترل ترافیک

به مالکان ساختمان‌های مسکونی و تجاری و مشاغل واقع در نزدیکی محل اجرا باید حداقل یک روز پیش از اجرای آسفالت سطحی اطلاع‌رسانی شود. اگر اجرای آسفالت سطحی در روز مشخص شده انجام نشود، اطلاع‌رسانی مجدد باید صورت گیرد. در صورت لزوم، تابلوهای هشدار فاصله تا محل اجرای آسفالت سطحی باید نصب شوند.

پیش از شروع اجرای پروژه باید یک طرح یا برنامه کنترل ترافیک توسط پیمانکار ارائه شده و مورد تأیید قرار گیرد. در صورت نیاز باید در فواصل حداقل ۱۲ متری، علائم برآمده موقتی در سطح روسازی نصب شوند. هزینه علائم، تابلوها و ابزار کنترل ترافیک که برای اجرای پروژه ضروری هستند، در قیمت واحد آسفالت سطحی لحاظ می‌شود. پس از اجرای هر یک از لایه‌های آسفالت سطحی تا عمل آمدن و سفت شدن کامل مواد قیری، باید از عبور وسایل نقلیه ممانعت شود.

در صورتی که عبور وسایل نقلیه بلافاصله پس از اتمام غلتک‌زنی و پیش از سفت شدن قیر اضطراری باشد سرعت ترافیک باید به ۱۰ تا ۳۰ کیلومتر در ساعت محدود شود. عملیات اجرای آسفالت سطحی در یک پروژه در هر روز باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی و زمان‌بندی شود که در پایان روز همه خطوط عبوری راه برای تردد وسایل نقلیه قابل بهره‌برداری باشند. چنانچه آسفالت سطحی در راهی که تحت ترافیک قرار دارد، انجام شود، باید از راه انحرافی استفاده شود و یا عملیات اجرا در نصف عرض روسازی راه انجام گیرد.

۱۷-۶-۷-۴- آماده‌سازی سطح موجود

سطح راه‌های شنی، آسفالتی و یا بتنی باید قبل از شروع عملیات اجرای آسفالت سطحی آماده‌سازی شود تا از هر حیث با مشخصات و نقشه‌های اجرایی منطبق باشد. بلافاصله پیش از اجرای آسفالت سطحی، سطح موجود باید به منظور از بین بردن مواد زائد، گیاهان و گرد و غبار توسط جاروی مکانیکی و هوای فشرده تمیز گردد. به این منظور هر روش پاک‌سازی استاندارد قابل قبول است. در صورت لزوم، رویه‌های آسفالتی موجود را می‌توان با شستشو تمیز کرد. در این صورت، ترک‌ها باید پیش از اجرای آسفالت سطحی کاملاً خشک شوند. هزینه‌های انجام عملیات پاک‌سازی به صورت جداگانه به پیمانکار پرداخت می‌گردد.

همه دریچه‌های آدم‌رو، قاب‌های شیر فلکه، ورودی‌های آب‌های سطحی و سایر ورودی‌های تسهیلات و تأسیسات شهری باید به روش مناسب از آسفالت سطحی محافظت شوند. پیش از اجرای آسفالت سطحی، دستگاه نظارت باید وضعیت سطح موجود را تأیید کند.

توصیه می‌شود پیش از اجرای آسفالت سطحی، ترک‌های با عرض بیش از ۶ میلیمتر در سطح روسازی موجود با یک ماده درزگیری مناسب ترمیم شوند. همچنین همه نقاط مضمحل روسازی موجود باید برداشته شده و لکه‌گیری شوند. محیط نواحی مضمحل روسازی باید تراش داده شود تا دیواره قائم ایجاد شود. نواحی ضعیف از خاک بستر یا لایه اساس باید با مصالح مناسب جایگزین شده و متراکم شوند. سپس مخلوط آسفالتی باید درون محل لکه‌گیری ریخته شده و متراکم شود تا سطحی صاف و بدون برآمدگی ایجاد شود.

برای اجرای آسفالت سطحی یک یا چندلایه‌ای بر روی راه‌های شنی، معمولاً آماده‌سازی به شرح زیر انجام می‌شود:

الف) کلیه نقاط ضعیف سطح راه‌های شنی باید پیش از اجرا ترمیم شود.

ب) عملیات اجرا باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که بلافاصله پس از آماده‌شدن سطح راه و پیش از عبور ترافیک از روی آن، آسفالت سطحی اجرا شود.

پ) در صورت عبور ترافیک از روی سطح آماده‌شده راه، لازم است این سطح مجدداً شخم زده شده و پروفیله گردد و سپس تا حد مشخصات متراکم شود.

ت) پیش از اجرای آسفالت سطحی بر روی سطح آماده‌شده راه‌های شنی باید مطابق دستورالعمل‌های این آئین‌نامه، اندود نفوذی اجرا شود. مدت زمان بین اجرای اندود نفوذی و اجرای آسفالت سطحی باید به اندازه‌ای باشد که گیرش و عمل‌آمدن ماده قیری اندود نفوذی کامل گردد. بسته به شرایط محلی و فصلی، این مدت برای قیرهای امولسیون ممکن است از یک روز تا دو هفته به طول انجامد. در برخی منابع پخش میزان اندک از مصالح سنگی (بدون قیرپاشی) بر روی لایه‌ی شنی و غلتک‌زنی آن پیش از اجرای عملیات چپ‌سیل توصیه شده است. این روش باید با تأیید دستگاه نظارت و پس از اجرای قطعه‌ی آزمایشی اجرا گردد.

ث) بلافاصله پیش از اجرای آسفالت سطحی باید سطح قیرپاشی‌شده توسط جاروی مکانیکی پاکسازی شود و لکه‌های گل و لای نیز برداشته شوند.

برای اجرای آسفالت سطحی یک یا چندلایه‌ای بر روی روسازی آسفالتی موجود، معمولاً آماده‌سازی به شرح زیر انجام می‌شود:

الف) قبل از اجرای آسفالت سطحی، سطح روسازی باید تا حد ممکن یکنواخت و هموار گردد. در نتیجه، تمام وصله‌های پر قیر باید برداشته یا اصلاح شوند و همه چاله‌ها، فرورفتگی‌ها و نقاط مضمحل یا دارای خرابی باید ترمیم شوند.

ب) وصله‌هایی که به تازگی روی سطح روسازی اجرا شده‌اند، اغلب متخلخل بوده و مقداری از قیر آسفالت سطحی را جذب می‌کنند. در فاصله دو هفته پیش از اجرای آسفالت سطحی می‌توان بر روی این وصله‌ها به مقدار حداکثر ۰/۴۵ لیتر در متر مربع قیر امولسیون SS-1h یا CSS-1h که به نسبت یک به یک با آب رقیق شده است، قیرپاشی کرد و ماسه شسته درشت به مقدار ۳/۲ تا ۵/۴ کیلوگرم در متر مربع بر روی آن پخش نمود تا تحت ترافیک قرار گیرد.

پ) اگر روسازی موجود بسیار متخلخل باشد، بخشی از قیر امولسیون مورد استفاده برای اجرای آسفالت سطحی را جذب می‌کند. در این صورت مقدار حدود ۰/۴۵ لیتر در متر مربع امولسیون SS-1h یا CSS-1h که به نسبت یک به یک با آب رقیق شده است، بر روی سطح پاشیده شده و ماسه شسته درشت به مقدار ۳/۲ تا ۵/۴ کیلوگرم در متر مربع بر روی آن پخش می‌شود. همچنین به جای قیرپاشی و پخش ماسه می‌توان از مخلوط دوغاب آب‌بندی قیری (اسلاری‌سیل) با دانه‌بندی ریز استفاده کرد.

ت) اگر روسازی قدیمی به شدت شن‌زده بوده و حفرات سطحی زیادی در آن دیده شود، پیش از اجرای آسفالت سطحی می‌توان سطح موجود را مطابق بند قبل آماده‌سازی کرد. هدف از این اقدامات، دستیابی به سطح یکنواخت و

هموار برای اجرای آسفالتی سطحی است.

ث) بلافاصله پیش از اجرای آسفالت سطحی یا هر یک از اقدامات توصیه شده در بندهای فوق، سطح موجود باید توسط جاروی مکانیکی دورانی کاملاً پاکسازی شود و لکه های گل و لای نیز برداشته شوند. انجام عملیات آسفالت سطحی بر روی روسازی دارای خرابی و ترک خوردگی زیاد، باعث نفوذ ماده ی قیری به داخل ترک ها گردیده و مانع چسبندگی مصالح به سطح روسازی و کاهش ایمنی می گردد. لذا اجرای آسفالت سطحی بر روی این روسازی ها مجاز نیست. در صورت انجام، تمامی هزینه های انجام عملیات آماده سازی، پاک سازی، هواگیری، ترمیم و قیرپاشی پیش از اجرا به صورت جداگانه به پیمانکار پرداخت می گردد.

۱۷-۶-۷-۵- اجرای آسفالت سطحی

قیرپاشی

ماده قیری باید توسط قیرپاش تحت فشار پاشیده شود. قیرپاشی باید به صورت یکنواخت و پیوسته انجام شود و مقدار فشار باید به اندازه ای باشد که کل سطح روسازی را به مقدار مشخص شده بپوشاند. تا زمانی که ماشین پخش سنگدانه و کامیون های حمل مصالح در یک خط قرار نگرفته و برای پخش سنگدانه ها آماده نشده باشند و غلتک ها هم برای انجام عملیات مربوطه آماده نباشند، عملیات قیرپاشی نباید شروع گردد.

سرعت حرکت ماشین قیرپاش باید با سرعت ماشین پخش سنگدانه هماهنگ باشد. پیش از اینکه مخزن ماشین قیرپاش بطور کامل از قیر خالی شود، عملیات قیرپاشی باید متوقف شود. نازل ها باید همواره تمیز باشند و اگر یکی از نازل ها مسدود شود، عملیات قیرپاشی باید بلافاصله متوقف گردد و پیش از ادامه قیرپاشی بطور کامل تمیز شود. عوامل و تنظیمات زیر به راحتی قابل کنترل هستند و به قیرپاشی مناسب کمک می کنند:

- جهت و آرایش نازل ها بر روی لوله پخش قیر
- یکسان بودن میزان پاشش و اندازه نازل ها و سالم بودن آنها (بدون تورفتگی یا شکستگی)
- تمیز بودن و عدم انسداد نازل ها
- ارتفاع لوله پخش از سطح روسازی
- دمای پاشش قیرهای مورد استفاده

بطور کلی، توصیه می شود قیر امولسیون مورد استفاده، قبل از پخش مقداری گرم شود.

به دلیل نشت مواد قیری، تخلیه قیر از ماشین حمل به قیرپاش باید خارج از محدوده ی مسیر حرکت انجام شود. پیمانکار باید برای قیرپاشی از محدوده اطراف نواحی اجرای آسفالت سطحی محافظت کند تا قیرآلود نشوند. همچنین ماشین های قیرپاش نباید هرگز در مسیر حرکت وسایل نقلیه و روی سطح روسازی پارک شوند.

ماده قیری نباید بر روی یک سطح مرطوب و یا زمانی پاشیده شود که وضعیت آب و هوایی نامناسب باشد. این

شرایط مانع اجرای آسفالت سطحی با عملکرد مناسب می‌شود.

در زمان شروع هر مرحله قیرپاشی و در محل درزهای اجرایی آسفالت سطحی، برای جلوگیری از باقی ماندن سطوح بدون قیر و یا نواحی دو بار قیرپاشی شده در اثر شروع و توقف‌های عملیات اجرا توصیه می‌شود که سطح قیرپاشی شده (قبل از محل درز اجرایی) با ورق مناسبی پوشانده شود تا از پاشش قیر به مقدار تعیین‌شده بر روی سطح قیرپاشی نشده (پس از محل درز) اطمینان حاصل گردد.

برای اجرای آسفالت سطحی دولایه‌ای یا سه‌لایه‌ای، زمانی می‌توان اقدام به پخش قیر برای لایه دوم یا سوم کرد که ماده قیری لایه قبل کاملاً عمل آمده باشد. همچنین قیرپاشی لایه‌های دوم و سوم در خلاف جهت قیرپاشی لایه قبلی انجام می‌شود.

قیرپاشی در کل عرض لایه آسفالت سطحی باید ترجیحاً در یک بار عبور انجام شود تا نیاز به اجرای درز اجرایی طولی در خط وسط راه نباشد. اما اگر برای قیرپاشی در کل عرض راه به چندین مرتبه عبور قیرپاش نیاز باشد، می‌توان نوار کناری به عرض ۱۰-۷/۵ سانتیمتر و مجاور عبور دوم را با نصف مقدار طرح مشخص‌شده قیرپاشی کرد تا در عبور بعدی، مقدار قیر طرح تکمیل شود. برای آسفالت سطحی دو یا سه‌لایه‌ای، درز اجرایی طولی لایه‌های دوم و سوم باید حداقل ۱۵ سانتیمتر از درز اجرایی طولی لایه پایین‌تر فاصله داشته باشد.

در صورتی که عملیات قیرپاشی، مشابه عملیات اسکراب‌سیل (اندود آب‌بندی جاروب‌کشی شده) انجام شده و سپس بر روی آن مصالح سنگی پخش شود، باید مشخصات ذکر شده در **بند ۱۷-۴** نیز رعایت گردد که به آن اسکراب‌سیل سنگدانه‌ای اطلاق می‌شود.

پخش سنگدانه

پخش مصالح سنگی باید ظرف مدت کمتر از یک دقیقه پس از قیرپاشی انجام شود. پس از شروع قیرپاشی، ماشین پخش سنگدانه باید در یک فاصله مناسب (حداکثر ۵۰ متر) به دنبال قیرپاش حرکت کند. این فاصله باید به اندازه‌ای باشد که فرصت کافی برای پخش قیر به ضخامت یکنواخت تحت وزن آن وجود داشته باشد. مقدار سنگدانه‌ها در متر مربع باید در طرح آسفالت سطحی مشخص شده و یا با دستگاه نظارت توافق شود. پیمانکار باید ماشین پخش سنگدانه را پیش از شروع اجرا کالیبره کند تا به مقدار سنگدانه‌ها در طرح آسفالت سطحی دست یابد. بازشدگی در پیچه خروج سنگدانه‌ها و سرعت حرکت ماشین باید تنظیم شوند. پخش سنگدانه و حرکت ماشین پخش باید به گونه‌ای انجام شود که لاستیک چرخ کامیون‌ها و ماشین پخش سنگدانه با ماده قیری در تماس قرار نگیرد. عرض جعبه پخش سنگدانه باید برابر با عرض قیرپاشی باشد، مگر در مواردی که عملیات پخش سنگدانه در چند عبور انجام شود. در آن نواحی که مقدار سنگدانه کم باشد، بلافاصله باید سنگدانه اضافی پخش شود. همچنین هر زمانی در حین اجرا که سنگدانه اضافی در آسفالت سطحی دیده شود، باید مقدار پخش سنگدانه اندازه‌گیری شده و در صورت نیاز اصلاح لازم صورت گیرد. هدف از این کار، به حداقل رساندن مقدار سنگدانه مازاد و هدررفت سنگدانه‌ها و کاهش هزینه‌های اجرایی است.

سنگدانه‌ها باید در یک مرحله عبور ماشین پخش به نحوی پخش شوند که یک نوار قیری به عرض حدود ۱۵ سانتیمتر در امتداد درز اجرایی طولی باقی بماند تا برای قیرپاشی در خط مجاور، یک لبه قیری ایجاد شود. در صورت استفاده از قیر امولسیون برای اجرای آسفالت سطحی می‌توان پیش از پخش، سنگدانه‌ها را با آب مرطوب کرد تا گرد و غبار روی آنها کاهش یابد. همانطور که اشاره شد، سنگدانه‌ها نباید رطوبت آزاد داشته باشند. اگر سنگدانه‌ها رطوبت آزاد داشته باشند، چکه‌های آب در کفی کامیون حمل مصالح دیده خواهد شد. چنانچه در نقاطی قیرزدگی بروز یافته و ظاهر شود، باید سنگدانه روی آن پخش شود و مجدداً متراکم گردد، به طوری که سطح نهایی کاملاً یکنواخت و هموار شود. اگر سرعت حرکت ماشین پخش زیاد باشد، دقیقاً در جلوی محل ریزش سنگدانه‌ها یک موج درون قیر ایجاد می‌شود که با کاهش سرعت حرکت می‌توان از وقوع آن پیشگیری کرد.

غلتک‌زنی

غلتک‌زنی اولیه باید بلافاصله پس از پخش سنگدانه‌ها شروع شود. غلتک‌ها باید در کنار هم حرکت کنند و با همپوشانی کافی، حداقل سه عبور انجام دهند. اولین عبور غلتک‌ها باید ظرف مدت کمتر از ۲ دقیقه و آخرین عبور غلتک‌ها باید ظرف مدت ۳۰ دقیقه پس از پخش سنگدانه‌ها انجام شود.

نقش اصلی عملیات غلتک‌زنی، نشان دادن سنگدانه‌ها درون قیر بر روی وجه مسطح و پهن آنها است. تعداد غلتک‌ها برای اجرای سریع عملیات غلتک‌زنی تعیین‌کننده است. نشان دادن سنگدانه‌ها درون قیر باید پیش از عمل‌آمدن یا سفت‌شدن ماده قیری صورت گیرد. اگر برای عملیات غلتک‌زنی از سه غلتک چرخ لاستیکی استفاده شود، دو دستگاه باید در کنار هم و نزدیک به ماشین پخش سنگدانه حرکت کنند و پیش از گیرش یا سفت‌شدن ماده قیری، غلتک‌زنی را در لبه‌های لایه پخش‌شده با یک یا دو بار عبور انجام دهند. غلتک سوم نیز در نزدیکی آنها، غلتک‌زنی کل لایه آسفالت سطحی را ادامه می‌دهد. غلتک‌زنی از لبه بیرونی خط وسط راه شروع می‌شود و به گونه‌ای ادامه می‌یابد که هر عبور غلتک به اندازه نصف عرض آن با عبور قبلی همپوشانی داشته باشد.

غلتک‌زنی نباید پس از عمل‌آمدن یا گیرش ماده قیری ادامه یابد، زیرا سنگدانه‌ها در جای خود لق شده و از سطح راه کنده می‌شود. در صورتی که عملیات غلتک‌زنی به تأخیر افتاد، تا زمانی که ترتیب عملیات اجرایی و زمان‌بندی مناسب برای اجرای آسفالت سطحی حاصل نشود، قیرپاشی و پخش سنگدانه باید متوقف شود. حداکثر سرعت غلتک‌زنی باید ۱۵ کیلومتر در ساعت باشد. تا زمان پایان عملیات غلتک‌زنی و تا زمانی که گیرش مواد قیری انجام نشده است، نباید اجازه عبور ترافیک از آسفالت سطحی داده شود.

برای اجرای آسفالت سطحی دولایه یا سه‌لایه، بلافاصله پس از قیرپاشی لایه دوم یا سوم باید سنگدانه‌ها پخش شود و عملیات غلتک‌زنی شروع گردد. عملیات غلتک‌زنی با غلتک‌های چرخ لاستیکی باید آن قدر ادامه یابد تا سنگدانه‌های لایه دوم یا سوم کاملاً در قیر و فضای خالی بین سنگدانه‌های لایه قبل فرو نشیند.

برای اجرای آسفالت سطحی یک‌لایه فقط از غلتک‌های چرخ لاستیکی استفاده می‌شود. اما برای اجرای آسفالت

سطحی چندلایه، با وجود اینکه بیشتر عملیات با غلتک‌های چرخ لاستیکی انجام می‌شود، ترجیحاً یک عبور غلتک چرخ فولادی بر روی آخرین لایه و همچنین بلافاصله پیش از اجرای لایه‌های دوم و سوم انجام می‌شود. عبور این غلتک باعث می‌شود که سنگدانه‌ها در یک سطح قرار گیرند که برای اجرای آسفالت سطحی چندلایه مطلوب است.

جاروکشی

ظرف مدت ۲۴ ساعت پس از گیرش مواد قیری، سنگدانه‌های اضافی باید از سطح راه و نواحی مجاور آن برداشته شود. عملیات جاروکشی نباید باعث جابجا شدن سنگدانه‌ها گردد. این کار بهتر است در ساعات اولیه صبح انجام شود که قیر سفت بوده و سنگدانه‌ها از آن جدا نشود. پس از اینکه عملیات غلتک‌زنی تکمیل شده و مواد قیری به مدت حداقل یک ساعت یا بیشتر (طبق نظر دستگاه نظارت) عمل‌آوری گردید، پیمانکار می‌تواند یک عملیات جاروکشی اولیه و سبک را به گونه‌ای انجام دهد که سنگدانه‌های اضافی را از سطح رویه اجرا شده بردارد. پس از پایان عملیات جاروکشی اولیه می‌توان اجازه تردد به وسایل نقلیه داد. بلافاصله در صبح روز پس از اجرا باید عملیات جاروکشی نهایی انجام شود تا سنگدانه‌های اضافی باقیمانده بر روی آسفالت سطحی برداشته شود.

برای اجرای آسفالت سطحی دولایه یا سه‌لایه، قبل از پخش ماده قیری لایه دوم یا سوم، باید سنگدانه‌های اضافی توسط جاروی مکانیکی از سطح لایه قبل برداشته شود. این کار نیز بهتر است در ساعات اولیه صبح انجام شود که قیر لایه قبل سفت باشد و سنگدانه‌ها از آن جدا نشود.

اجرای فاگ‌سیل

پس از جاروکشی می‌توان بر روی آسفالت سطحی اجرا شده یک لایه اندود آب‌بندی (فاگ‌سیل) اجرا کرد. هدف از اجرای آن نیز آب‌بندی سطحی رویه حفاظتی و پیشگیری از کنده شدن سنگدانه‌ها است. اندود آب‌بندی با امولسیون را می‌توان به نسبت ۳ واحد امولسیون و ۲ واحد آب رقیق کرد. اگر اجرای اندود آب‌بندی امولسیونی توسط مهندس پروژه و دستگاه نظارت ضروری تشخیص داده شود، مقدار پخش قیر امولسیون رقیق شده باید در محدوده مقادیر مشخص شده در این فصل برای آن باشد.

فاگ‌سیل نباید در دماهای پایین‌تر از ۱۵ درجه سانتیگراد اجرا شود. همچنین توصیه می‌گردد برای حصول نتیجه‌ی مطلوب در دمای بالای ۲۳ درجه‌ی سانتیگراد اجرا شود. اگر پیش از شکست قیر امولسیون، بارندگی شروع شود، باعث شسته شدن قیر امولسیون می‌شود. در نتیجه، قیر امولسیون از داخل حفرات سطحی حرکت کرده و روی سطح آسفالت حفاظتی جمع می‌شود که باعث لغزندگی روسازی می‌شود.

استفاده از ماشین‌های ترکیبی^۱

پیمانکار می‌تواند از ماشین‌های ترکیبی استفاده کند که قابلیت اجرای قیرپاشی و پخش مصالح سنگی را به صورت

^۱ Combined chip sealer

همزمان دارند. در این حالت تمامی مشخصات ذکر شده برای قیرپاشی و پخش سنگدانه باید رعایت گردد.

۱۷-۶-۸- روش‌های کنترل کیفیت

۱۷-۶-۸-۱- کنترل مواد و مصالح

نمونه‌های مصالح سنگی و مواد قیری باید در ابتدای پروژه مورد آزمایش قرار گیرند و مطابق مشخصات فنی ذکر شده در بندهای ۱۷-۷-۲ و ۱۷-۷-۳ باشند. لازم است در صورت تغییر منبع تأمین ماده‌ی قیری یا مصالح سنگی، آزمایش‌های مذکور مجدداً انجام شده و پس از تأیید نتایج، مجوز شروع به کار صادر گردد.

۱۷-۶-۸-۲- کنترل آسفالت سطحی

در حین اجرای عملیات باید به ازای هر ۶۰۰۰ مترمربع اجرا و حداقل یک بار در هر روز، برگه آزمایشگاهی تهیه گردد. برگه آزمایشگاهی باید شامل دانه‌بندی مصالح سنگی و میزان پاشش ماده‌ی قیری باشد. میزان پاشش ماده‌ی قیری با انجام آزمایش سینی به روش استاندارد ASTM D2995 (INSO 12652) اندازه‌گیری می‌شود.

برای انجام دانه‌بندی مصالح سنگی، باید نمونه‌برداری از دیوی مصالح سنگی پس از هم زدن و زیر و رو کردن توسط لودر صورت پذیرد. نمونه‌برداری از پنج نقطه‌ی متفاوت از دیو انجام شده و پس از مخلوط کردن با یکدیگر، آزمایش دانه‌بندی انجام می‌پذیرد. دانه‌بندی مصالح سنگی باید مطابق جداول ۱۷-۱۱ و ۱۷-۱۲ به علاوه‌ی رواداری $\pm 3\%$ درصد برای هر الک باشد، به این ترتیب که برای تعیین محدوده مجاز دانه‌بندی، مقدار ۳ درصد به حد بالای دانه‌بندی‌های جدول ۱۷-۱۱ و ۱۷-۱۲ اضافه شده و مقدار ۳ درصد از حد پایین دانه‌بندی‌ها کم می‌گردد. محدوده رواداری‌های مربوط به مقدار پاشش مواد قیری در جدول ۱۷-۱۹ ارائه شده است که به میزان تعیین‌شده در طراحی اعمال می‌گردد.

جدول ۱۷-۱۹- حدود رواداری مقدار پاشش مواد قیری

مشخصه	رواداری
مقدار پاشش قیر امولسیون (لیتر بر مترمربع)	± 0.4
مقدار پاشش قیر خالص (لیتر بر مترمربع)	± 0.24

۱۷-۶-۹- اندازه‌گیری و پرداخت

اندازه‌گیری باید شامل تعیین مقدار کل قیر پاشیده شده و مصالح پخش‌شده بر حسب تن باشد. میزان قیر و مصالح سنگی مصرف شده در عملیات آسفالت سطحی که به تأیید مهندس مشاور یا دستگاه نظارت رسیده باشد ملاک پرداخت به پیمانکار خواهد بود.

۱۷-۷- آسفالت حفاظتی ترکیبی (کیپ‌سیل)

آسفالت حفاظتی ترکیبی (کیپ‌سیل) شامل اجرای یک لایه آسفالت سطحی است که بر روی آن نیز یک لایه دوغاب آب‌بندی قیری (اسلاری‌سیل) و یا آسفالت نازک امولسیون (میکروسرفیسینگ) اجرا می‌شود. در واقع، کیپ‌سیل یک رویه حفاظتی ترکیبی است که شامل یک لایه آسفالت سطحی امولسیونی و یک لایه اسلاری‌سیل یا میکروسرفیسینگ است. برای دستیابی به یک پروژه کیپ‌سیل موفق، رعایت مشخصات استاندارد و روش‌های اجرایی استاندارد آسفالت سطحی و اسلاری‌سیل یا میکروسرفیسینگ اهمیت دارد. توصیه می‌شود حداقل سه روز به عنوان زمان گیرش مابین اجرای آسفالت سطحی و اسلاری‌سیل یا میکروسرفیسینگ فاصله باشد. همچنین به منظور ایجاد بافت سطحی مطلوب در آسفالت حفاظتی ترکیبی، مقدار پخش دوغاب آب‌بندی قیری (اسلاری‌سیل) نباید بیش از حد لازم باشد.

آسفالت حفاظتی ترکیبی (کیپ‌سیل) با هدف برآورده ساختن موارد زیر طراحی شده است:

۱) در مواردی که ساخت مرحله‌ای روسازی راه طرح‌ریزی شده باشد، می‌تواند یک رویه آسفالتی مقرون به صرفه بر روی لایه اساس دانه‌ای باشد.

۲) می‌تواند یک لایه سطحی مقرون به صرفه بر روی لایه اساس امولسیونی یا لایه‌های بازیافت سرد باشد.

۳) می‌تواند برای آب‌بندی روسازی‌های موجود به منظور ممانعت از ورود هوا و رطوبت و ممانعت از شن‌زدگی بکار رود.

۴) در صورت استفاده از سنگدانه‌های مناسب، می‌تواند سطحی مقاوم در برابر لغزندگی فراهم کند.

۵) یک روش ترمیم سطحی بادوام برای روسازی‌های موجود است. اسلاری‌سیل و میکروسرفیسینگ باعث چسبیدن سنگدانه‌های آسفالت سطحی (چیپ‌سیل) و مانع کنده‌شدن آنها می‌شود و سنگدانه‌های آسفالت سطحی نیز از سایش و کنده‌شدن دوغاب آب‌بندی (اسلاری‌سیل یا میکروسرفیسینگ) تحت بار ترافیک جلوگیری می‌کنند.

مشخصات مواد و مصالح مصرفی برای اجرای آسفالت سطحی امولسیونی و دوغاب آب‌بندی قیری یا آسفالت نازک امولسیونی مطابق موارد مندرج در این فصل برای رویه‌های حفاظتی مذکور است. همچنین مشخصات استاندارد، روش طراحی، شرایط آب و هوایی، کنترل کیفیت، روش پرداخت و روش‌های اجرایی رویه‌های مذکور طبق مطالب مندرج در این فصل برای آن رویه‌ها است.

در مواردی که آسفالت حفاظتی ترکیبی بر روی لایه اساس تثبیت‌نشده اجرا می‌شود، یک لایه اندود نفوذی با قیر امولسیون باید بر روی لایه اساس موجود اجرا شود.

پیش از اجرای اسلاری‌سیل یا میکروسرفیسینگ در آسفالت حفاظتی ترکیبی، اندود سطحی (تک‌کت) با قیر امولسیون نیز می‌تواند بر روی لایه چیپ‌سیل امولسیونی اجرا شود. در این صورت می‌توان قیر امولسیون را به نسبت برابر با آب رقیق کرده و به مقدار ۰/۵ تا ۰/۹ لیتر بر متر مربع بر روی چیپ‌سیل امولسیونی پخش کرد. اگر قیر امولسیون رقیق نشود، مقدار پخش را باید تعدیل کرد. اندود سطحی را می‌توان طبق دستورالعمل‌های این آئین‌نامه با استفاده از

قیر امولسیون اجرا کرد. اگر سنگدانه‌های آسفالت سطحی (چیپ‌سیل) تمیز باشند، می‌توان اندود سطحی را حذف کرد.

۱۷-۸- آسفالت داغ لایه نازک (TLA)

۱۷-۸-۱- تعریف و تشریح

آسفالت داغ لایه نازک (Thin Layer Asphalt) با علامت اختصاری TLA به منظور استفاده در لایه سطحی روسازی به ضخامت ۲۰ تا ۳۰ میلیمتر طراحی و تولید می‌شود و در راه‌ها، فرودگاه‌ها و سایر نواحی با تردد وسایل نقلیه قابل استفاده است. مشخصات و ویژگی‌های این رویه آسفالتی با علامت اختصاری BBTM در استاندارد EN13108-2 معرفی شده است. در این نوع آسفالت، مخلوط مصالح سنگی با دانه‌بندی میان‌تهی و رده‌بندی‌های اندازه‌ای مختلف به منظور شکل‌گیری تماس سنگدانه‌ای و همچنین فراهم شدن بافت سطحی متخلخل مصرف می‌شود.

۱۷-۸-۲- مواد و مصالح

مشخصات استاندارد مواد و مصالح تشکیل‌دهنده آسفالت داغ لایه نازک (TLA) در این بخش از آئین‌نامه ارائه شده است. همه مصالح تشکیل‌دهنده آسفالت باید بتوانند مشخصات استاندارد را برآورده سازند.

۱۷-۸-۲-۱- قیر و مواد قیری

مواد قیری مورد استفاده در تهیه آسفالت داغ لایه نازک (TLA) می‌تواند از نوع قیرهای خالص یا اصلاح‌شده پلیمری باشد. نوع قیر مناسب پروژه را می‌توان بر اساس راهنمای **جدول ۱۷-۲۰** انتخاب کرد. همچنین می‌توان از افزودنی‌های پلیمری که به صورت خشک به مخلوط آسفالتی (در فرآیند تولید آسفالت داغ) اضافه می‌شوند، به شرط برآورده کردن خصوصیات مورد نیاز عملکردی استفاده نمود.

جدول ۱۷-۲۰- راهنمای انتخاب قیر برای آسفالت داغ لایه نازک

ترافیک طرح	نوع قیر	رده‌بندی قیر
$ESAL < 10 \times 10^6$	قیر خالص	PG 58-22 PG 64-16 PG 64-22 PG 70-16 PG 76-10
$ESAL > 10 \times 10^6$	قیر اصلاح‌شده پلیمری	PG 70-22 PG 70-28 PG 76-16 PG 76-22 PMB 25/55 PMB 45/80

قیرهای خالص با رده‌بندی‌های عملکردی معرفی‌شده **جدول ۱۷-۲۰** برای استفاده در آسفالت داغ لایه نازک با توجه

به میزان ترافیک مناسب هستند و رده‌بندی موردنظر با توجه به شرایط آب و هوایی محل پروژه انتخاب می‌شود، اما عموماً به منظور تأمین ویژگی‌های مطلوب از قیرهای اصلاح‌شده پلیمری و یا پلیمرهای قابل اضافه کردن به مخلوط آسفالتی استفاده می‌شود.

با توجه به عملکرد مورد انتظار از آسفالت داغ لایه نازک، قیرهای اصلاح‌شده پلیمری می‌توانند حدود مشخصات را به خوبی برآورده ساخته و دوام آسفالت را در برابر ترک‌خوردگی و تغییر شکل‌های بیش از اندازه افزایش دهند.

در صورتی‌که از قیرهای اصلاح‌شده پلیمری با رده‌بندی عملکردی (PG)، در آسفالت داغ لایه نازک TLA استفاده شود، این قیرها باید علاوه بر مشخصات استاندارد مربوط به رده‌بندی عملکردی طبق فصل چهاردهم این نشریه، معیارهای تکمیلی مندرج در جدول ۱۷-۲۱ را نیز برآورده سازند.

در جدول ۱۷-۲۲ نیز یک نوع رده‌بندی متفاوت برای قیرهای اصلاح‌شده پلیمری بر اساس درجه نفوذ و نقطه نرمی و مشخصات استاندارد مربوط به این نوع رده‌بندی ارائه شده است که می‌تواند برای انتخاب و تعیین ویژگی‌های قیر پلیمری در آسفالت داغ لایه نازک مورد استفاده قرار گیرد. در انتخاب قیر پلیمری مناسب از میان دو رده معرفی‌شده در این جدول می‌توان از نتایج آزمایش‌های عملکردی آسفالت داغ لایه نازک استفاده کرد.

برای قیرهای پلیمری مورد استفاده در آسفالت داغ لایه نازک، محدوده دمای اختلاط و بهترین دمای تراکم آسفالت که منجر به عملکرد مناسب و دوام طولانی‌مدت روسازی آسفالتی شود، باید توسط تولیدکننده قیر پلیمری یا تأمین‌کننده‌ی افزودنی اعلام شود و یا نظر به نتایج آزمایش‌های قیر پلیمری، توسط مهندسين مشاور و دستگاه نظارت مشخص گردد. تولیدکننده قیر پلیمری باید دمای مناسب ذخیره‌سازی و پمپ کردن قیر پلیمری را نیز اعلام نماید. نوع و مشخصات مواد پلیمری مورد استفاده در تولید قیر پلیمری نیز باید توسط تولیدکننده آن تشریح شده و در شرایط قرارداد درج گردد. با توجه به ویژگی‌های مورد انتظار و مشخصات استاندارد مربوط به قیرهای پلیمری در این نوع آسفالت داغ، پلیمرهای استایرن بوتادین استایرن (SBS)، استایرن بوتادین رابر (SBR) و یا مواد اختصاصی و تجاری تولیدشده با این پلیمرها به خوبی می‌توانند این ویژگی‌ها و مشخصات را برآورده سازند.

جدول ۱۷-۲۱- معیارهای تکمیلی قیرهای پلیمری با رده‌بندی عملکردی

مشخصه / آزمایش		روش استاندارد		حدود مشخصه	
		AASHTO	ASTM	حداقل	حداکثر
بازگشت الاستیک در ۲۵ درجه سانتیگراد (درصد)		T301	D6084	۶۰	
پایداری جداشدگی، اختلاف نقطه نرمی (درجه سانتیگراد)			D7173		۵

جدول ۱۷-۲۲- مشخصات قیرهای پلیمری رده‌بندی شده بر اساس درجه نفوذ و نقطه نرمی

روش استاندارد آزمایش				حدود مشخصه		مشخصه / آزمایش
				PMB 25/55-70	PMB 45/80-60	
AASHTO	ASTM	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	قیر اولیه

۸۰	۴۵	۵۵	۲۵	T49	D5	درجه نفوذ در ۲۵ درجه سانتیگراد (یک دهم میلیمتر)
	۶۰		۷۰	T53	D36	نقطه نرمی (درجه سانتیگراد)
	۵۰		۷۰	T301	D6084	بازگشت الاستیک در ۲۵ درجه سانتیگراد (درصد)
	۵۰		۵۰	T301	D6084	بازگشت الاستیک در ۱۰ درجه سانتیگراد (درصد)
۵		۵			D7173	پایداری جداسدگی، اختلاف نقطه نرمی (درجه سانتیگراد)
	۲۳۵		۲۳۵	T48	D92	نقطه اشتعال (درجه سانتیگراد)
قیمر باقیمانده فرآیند پیرشدگی لایه نازک متحرک RTFO						
۰/۸		۰/۵		T240	D2872	تغییر جرم (درصد)
	۵۰		۵۵	T49	D5	نسبت درجه نفوذ به درجه نفوذ قیر اولیه (درصد)
۱۲		۱۰		T53	D36	افزایش نقطه نرمی نسبت به قیر اولیه (درجه سانتیگراد)
	۵۰		۶۰	T301	D6084	بازگشت الاستیک در ۲۵ درجه سانتیگراد (درصد)

۱۷-۸-۲-۲- مصالح سنگی

مصالح سنگی درشت‌دانه و ریزدانه در آسفالت داغ لایه نازک باید معیارهای مندرج در **جدول ۱۷-۲۳ الی ۱۷-۲۵** را برآورده سازند. از آنجا که ویژگی‌های مصالح سنگی نقش مهمی در مقاومت در برابر تغییرشکل‌های دائمی آسفالت ایفا می‌کنند، دو گروه از ویژگی‌های مصالح سنگی شامل ویژگی‌های کلی و ویژگی‌های مربوط به منشاء سنگدانه‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. ترک‌های خستگی و حرارتی دمای پایین کمتر تحت تأثیر ویژگی‌های سنگدانه‌ها هستند و بسیار مهم است که اثر دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی بر این خرابی‌ها به‌طور کامل بررسی شود.

جدول ۱۷-۲۳- مشخصات مصالح سنگی درشت‌دانه آسفالت داغ لایه نازک

مشخصه / آزمایش		روش استاندارد آزمایش		حدود مشخصه	
		ASTM	AASHTO	حداقل	حداکثر
افت وزنی در مقابل سایش به روش لس‌آنجلس ^(۱) (درصد)		C131	T96		۲۵
افت وزنی در مقابل سولفات سدیم (درصد)		C88	T104		۱۰
سنگدانه‌های پهن و دراز ^(۲) (درصد)		D4791			۲۰

(۱) آزمایش سایش لس‌آنجلس را می‌توان بر روی مصالح مادر (سنگ معدن) انجام داد.

(۲) سنگدانه‌های پهن و دراز دارای نسبت بزرگترین بعد به کوچکترین بعد بیشتر از ۳ هستند.

جدول ۱۷-۲۴- حداقل شکستگی مصالح سنگی درشت‌دانه آسفالت داغ لایه نازک

ترافیک طرح روسازی بر حسب $ESAL \times 10^6$		حداقل شکستگی (درصد)	
		یک جبهه و بیشتر	دو جبهه و بیشتر
< ۳		۷۵	-
< ۱۰		۸۵	۸۰
< ۳۰		۹۵	۹۰
> ۳۰		۱۰۰	۱۰۰

شکستگی مصالح درشت‌دانه با انجام آزمایش طبق استاندارد ASTM D5821 یا AASHTO T335 اندازه‌گیری می‌شود.

جدول ۱۷-۲۵- مشخصات مصالح سنگی ریزدانه آسفالت داغ لایه نازک

ویژگی / مشخصه	روش استاندارد آزمایش		حدود مشخصه	
	AASHTO	ASTM	حداقل	حداکثر
ارزش ماسه‌ای مصالح ریزدانه سیلوی سرد (درصد)	T176	D2419	۵۰	
افت وزنی در مقابل سولفات سدیم (درصد)	T104	C88		۱۲
گوشه‌داری، فضای خالی نامتراکم، روش A (درصد)	T304	C1252	۴۰	
دامنه خمیری (درصد)	T90	D4319		۴

۱۷-۸-۲-۳- فیلر اضافی

فیلر اضافی را می‌توان از موادی مانند سیمان، آهک هیدراته و پودر سنگ آهک یا سایر سنگ‌های معدنی مناسب تهیه کرد. بر اساس تجربیات موفق گذشته و با توجه به شرایط ترافیکی و آب و هوایی می‌توان نوع و مقدار فیلر اضافی را در مستندات پروژه و شرایط خصوصی قرارداد تعریف کرد. فیلر اضافی در آسفالت داغ لایه نازک باید ویژگی‌های زیر را داشته باشد:

الف) دانه‌بندی فیلر اضافی بر اساس استانداردهای ASTM C136/AASHTO T27 با **جدول ۱۷-۲۶** انطباق داشته باشد.

ب) دامنه خمیری آن که طبق استانداردهای ASTM D4318/AASHTO T90 تعیین می‌شود، کمتر از ۴ درصد باشد (در صورت استفاده از سیمان یا آهک هیدراته به عنوان فیلر، این معیار نادیده گرفته شود).
در صورت استفاده از آهک هیدراته به عنوان فیلر اضافی، ویژگی‌های آن باید با مشخصات استاندارد AASHTO M303 مطابقت داشته باشد.

جدول ۱۷-۲۶- دانه‌بندی فیلر اضافی مورد استفاده در آسفالت داغ لایه نازک

اندازه الک (میلیمتر)	درصد وزنی رد شده از الک
۱٫۱۸ (شماره ۱۶)	۱۰۰
۰٫۶ (شماره ۳۰)	۹۷-۱۰۰
۰٫۳ (شماره ۵۰)	۹۵-۱۰۰
۰٫۰۷۵ (شماره ۲۰۰)	۷۰-۱۰۰

۱۷-۸-۲-۴- مواد افزودنی

نوع و ویژگی‌های همه مواد افزودنی مورد استفاده در آسفالت داغ لایه نازک باید مشخص شود و برای این مواد، ویژگی‌های عملکردی آسفالت باید مورد آزمایش و ارزیابی قرار گیرد. برای کاربردهای خاص و بر اساس تجربیات موفق گذشته، مقدار افزودنی باید در مستندات پروژه تعریف شود. افزودنی‌های شیمیایی و آلی را می‌توان به منظور کاهش دماهای تولید آسفالت از طریق کاهش ویسکوزیته قیر به کار برد که ممکن است بر سایر ویژگی‌های آسفالت نیز اثرگذار باشند.

۱۷-۸-۳- طرح اختلاط و ویژگی‌های آسفالت لایه نازک

طرح اختلاط آسفالت داغ لایه نازک (TLA) با توجه به الزامات و توصیه‌های این بخش با انجام آزمایش‌های مخلوط آسفالتی ساخته شده در آزمایشگاه با استفاده از مصالح سنگی و قیر و مواد افزودنی منتخب برای استفاده در پروژه تعیین می‌شود. پیش از تهیه طرح اختلاط آزمایشگاهی و تعیین فرمول کارگاهی باید مصالح سنگی ریزدانه، مصالح سنگی درشت‌دانه و قیر مورد آزمایش قرار گیرند و انطباق ویژگی‌های آنها با مشخصات استاندارد تأیید گردد. همچنین بکارگیری رضایت‌بخش انواع مواد افزودنی و فیلرهای اضافی باید پیش از تهیه طرح اختلاط آسفالت، بر اساس تجربیات موفق گذشته به تأیید برسد.

طرح اختلاط آزمایشگاهی باید توسط پیمانکار پروژه تهیه شده و حداقل یک هفته پیش از شروع پروژه به مهندس ناظر تحویل گردد. گزارش طرح اختلاط آزمایشگاهی آسفالت داغ نازک باید موارد زیر را در بر داشته باشد:

- حداکثر اندازه اسمی مخلوط مصالح سنگی
 - نسبت اختلاط و دانه‌بندی هر یک از مصالح سنگی مورد استفاده
 - دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی حاصل از اختلاط مصالح با اندازه‌های مختلف
 - وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی ریزدانه و درشت‌دانه
 - حداکثر وزن مخصوص تئوری آسفالت
 - درصد قیر بهینه طرح
 - ریزش (جاری‌شوندگی) مواد قیری
 - نسبت مقاومت کششی غیر مستقیم، TSR
 - دماهای اختلاط و تراکم
 - نوع و مقدار افزودنی‌های مورد استفاده
- یک گزارش نتایج آزمایش ویژگی‌های آسفالت و طرح اختلاط آسفالت داغ لایه نازک تا زمانی اعتبار دارد که مواد و مصالح تشکیل‌دهنده آسفالت و یا ویژگی‌های آنها که بر عملکرد آسفالت اثرگذار هستند، تغییر نکنند. در غیر این صورت باید گزارش نتایج و طرح آسفالت بازنگری شده و یا گزارش جدید تهیه گردد.
- در شرایط زیر نیاز است که آزمایش‌ها تکرار شوند و یا طرح اختلاط جدید تهیه شود:
- تغییر در مصالح سنگی درشت‌دانه و یا مخلوط مصالح سنگی آسفالت شامل:
- الف- تغییر ویژگی‌های ظاهری مصالح درشت‌دانه شامل درصد شکستگی یا سنگدانه‌های پهن و دراز
 - ب- تغییر نوع و منشأ مصالح سنگی و تأثیر آن بر مقاومت در برابر سایش
 - ج- تغییر وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی به مقدار بیش از ۰/۰۲
 - د- تغییر نوع و منشأ مصالح سنگی ریزدانه و گوشه‌داری مصالح ریزدانه
 - ه- تغییر منشأ فیلر اضافی

و- تغییر نوع یا رده‌بندی قیر مورد استفاده

ز- تغییر نوع و یا ویژگی‌های افزودنی مورد استفاده به حدی که باعث تغییر ویژگی‌ها و عملکرد آسفالت شود. فرمول کارگاهی آسفالت داغ با اعمال رواداری‌های مجاز به مقادیر مربوط به دانه‌بندی و درصد قیر تعیین می‌شود. حدود بالا و پایین فرمول کارگاهی با اضافه کردن مقادیر رواداری به مقادیر هدف و کم کردن مقادیر رواداری تعیین می‌شوند.

۱۷-۸-۳-۱- دانه‌بندی و درصد قیر

دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی برای آسفالت داغ لایه نازک (TLA) باید با یکی از محدوده‌های مشخص شده در **جدول ۱۷-۲۷** انطباق داشته باشد.

جدول ۱۷-۲۷- دانه‌بندی‌های آسفالت داغ لایه نازک

درصد وزنی رد شده از هر الک برای دانه‌بندی‌های زیر						اندازه الک، میلی‌متر
TLA 4.75	TLA 6.3A	TLA 6.3B	TLA 9.5A	TLA 9.5B	TLA 9.5C	
-	-	-	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۲.۵
-	۱۰۰	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۹.۵
۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	*	*	*	۶.۳
۹۰-۱۰۰	*	*	*	*	*	۴.۷۵ (شماره ۴)
۲۵-۳۵	۲۵-۳۵	۱۵-۲۵	۲۵-۳۵	۱۵-۲۵	۲۵-۳۵	۲.۳۶ (شماره ۸)
*	*	*	*	*	*	۰.۶ (شماره ۳۰)
*	*	*	*	*	*	۰.۳ (شماره ۵۰)
۷۰-۱۰۰	۶۶-۱۰۰	۴۰-۶۵	۶۶-۹۵	۴۰-۶۵	۹۰-۱۱۰	۰.۷۵ (شماره ۲۰)
* درصد رد شده برای یک الک کوچکتر از الک شماره ۸ و حداکثر دو الک بزرگتر از آن باید در فرمول کارگاهی و الزامات پروژه مشخص شود.						

حداقل مقدار قیر طرح آسفالت داغ لایه نازک برای مصالح سنگی با وزن مخصوص ظاهری معادل ۲.۶۵۰ باید مطابق **جدول ۱۷-۲۸** باشد. برای مصالح سنگی مختلف که وزن مخصوص ظاهری آنها متفاوت از ۲.۶۵۰ باشد، حداقل مجاز درصد قیر باید با ضرب کردن در ضریب زیر اصلاح گردد.

$$\alpha = \frac{2.650}{G_{sa}}$$

رابطه (۱۷-۸)

در رابطه فوق، G_{sa} ، وزن مخصوص ظاهری مخلوط مصالح سنگی مورد استفاده در آسفالت داغ لایه نازک است.

جدول ۱۷-۲۸- حداقل درصد قیر آسفالت داغ لایه نازک برای مصالح با وزن مخصوص ظاهری ۲٫۶۵۰

نوع دانه بندی	حداکثر اندازه اسمی (میلیمتر)	حداقل درصد قیر طرح
TLA 9.5	۹٫۵	۵٫۰
TLA 6.3	۶٫۳	۵٫۱
TLA 4.75	۴٫۷۵	۵٫۲

۱۷-۸-۳-۲- ضخامت لایه

ضخامت طرح آسفالت داغ لایه نازک (TLA) باید در محدوده مابین مقادیر حداقل و حداکثر مندرج در **جدول ۱۷-۲۹** باشد.

جدول ۱۷-۲۹- ضخامت طرح آسفالت داغ لایه نازک

نوع دانه بندی	حداکثر اندازه اسمی (میلیمتر)	ضخامت طرح (میلیمتر)	
		حداقل	حداکثر
TLA 9.5	۹٫۵	۲۵	۳۰
TLA 6.3	۶٫۳	۲۰	۳۰
TLA 4.75	۴٫۷۵	۲۰	۲۵

۱۷-۸-۳-۳- ریزش مواد قیری

ریزش مواد قیری آسفالت داغ لایه نازک باید با انجام آزمایش طبق استاندارد ASTM D6390 یا AASHTO T305 تعیین شده و مقدار آن کمتر از ۰٫۱ درصد باشد. آزمایش ریزش باید با درصد قیر به مقدار ۰٫۵ درصد بیشتر از قیر طرح و در دمای حدود ۱۰ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای اختلاط مشخص شده انجام پذیرد.

۱۷-۸-۳-۴- ساخت و تراکم نمونه های آسفالتی

نمونه های متراکم آزمایشگاهی برای انجام آزمایش های آسفالت داغ لایه نازک بر اساس یکی از روش های استاندارد معرفی شده در **جدول ۱۷-۳۰** ساخته و متراکم می شوند. روش های تراکم معرفی شده در این جدول زمانی باید استفاده شوند که نوع دستگاه تراکم و انرژی تراکمی آن (شامل تعداد ضربه چکش، تعداد چرخش و تعداد عبور غلتک) مشخص باشد. انتخاب روش تراکم باید بر اساس توصیه های صورت گرفته برای هر یک از ویژگی های مورد آزمایش و با توجه به روش های استاندارد آزمایش ها صورت گیرد. در هر روش تراکم، نمونه های آسفالتی باید در دمای تراکم مشخص شده بر اساس نوع و رده بندی قیر، طبق روش استاندارد مربوطه متراکم شوند.

جدول ۱۷-۳۰- روش های تراکم آزمایشگاهی آسفالت داغ لایه نازک

روش تراکم	روش استاندارد	شرح آزمایش
تراکم ضربه ای مارشال	ASTM D6926 AASHTO T245	آماده سازی و ساخت نمونه های آسفالتی توسط دستگاه تراکم مارشال
تراکم چرخشی	ASTM D6925	آماده سازی و ساخت نمونه های آسفالتی

توسط دستگاه تراکم چرخشی	AASHTO T312	سوپرپیو
آماده‌سازی و ساخت نمونه‌های دال آسفالتی توسط دستگاه تراکم غلتکی	ASTM D8079	تراکم غلتکی

۱۷-۸-۳-۵- وزن مخصوص و درصد فضای خالی

وزن مخصوص حقیقی نمونه‌های متراکم آسفالت داغ لایه نازک باید به یکی از روش‌های مندرج در **جدول ۱۷-۳۱** تعیین گردد. حداکثر وزن مخصوص تئوری آسفالت نیز باید طبق استانداردهای ASTM D2041 یا AASHTO T209 اندازه‌گیری شود. درصد فضای خالی آسفالت متراکم با استفاده از روابط و توصیه‌های مندرج در استاندارد ASTM D3203 محاسبه می‌گردد.

جدول ۱۷-۳۱- روش‌های تعیین وزن مخصوص حقیقی نمونه‌های متراکم آسفالت داغ لایه نازک

شرح آزمایش	روش استاندارد	شرط آزمایش
تعیین وزن مخصوص حقیقی آسفالت متراکم با استفاده از نمونه‌های با پوشش پارافین	ASTM D1188 AASHTO T275	$10\% < \text{فضای خالی}$
تعیین وزن مخصوص حقیقی آسفالت متراکم با اندازه‌گیری ابعاد نمونه	ASTM D3549 EN 12697-6/D	$10\% < \text{فضای خالی}$
آماده‌سازی نمونه و تعیین وزن مخصوص آسفالت متراکم توسط دستگاه تراکم چرخشی	ASTM D6925 AASHTO T312	نمونه‌های متراکم شده به روش تراکم چرخشی ^(۱)
(۱) وزن مخصوص نمونه‌های دستگاه تراکم چرخشی را می‌توان پس از بیرون آوردن از قالب با انجام آزمایش نیز اندازه‌گیری نمود.		

فضای خالی آسفالت داغ لایه نازک (TLA) برای نمونه‌های ساخته شده بر اساس یکی از روش‌های تراکم زیر تعیین می‌شود:

- روش تراکم چرخشی سوپرپیو با تعداد ۲۵ چرخش

- روش تراکم مارشال با تعداد ۵۰ ضربه به هر طرف نمونه

فضای خالی آسفالت داغ لایه نازک در یکی از محدوده‌های مندرج در **جدول ۱۷-۳۲** توصیه می‌شود. انتخاب رده مناسب فضای خالی با توجه به کاربرد و محل اجرای این نوع آسفالت و شرایط محیطی و ترافیک راه صورت می‌گیرد.

جدول ۱۷-۳۲- رده‌های مختلف فضای خالی آسفالت داغ لایه نازک

روش تراکم آزمایشگاهی	محدوده فضای خالی (درصد)	رده‌بندی فضای خالی
تراکم مارشال	۷ - ۳	$V_m 3-7$
	۱۱ - ۷	$V_m 7-11$
	۱۵ - ۱۱	$V_m 11-15$
تراکم چرخشی	۱۸ - ۱۰	$V_g 10-18$

۱۷-۸-۳-۶- حساسیت رطوبتی

حساسیت رطوبتی نمونه‌های آسفالت داغ لایه نازک بر اساس روش استاندارد AASHTO T283 با اندازه‌گیری مقاومت کششی نمونه‌های اشباع عمل‌آوری‌شده و نمونه‌های بدون عمل‌آوری در دمای آزمایش ۲۵ درجه سانتیگراد تعیین می‌شود. برای آزمایش باید نمونه‌های استوانه‌ای آسفالت داغ لایه نازک با مقدار قیر بهینه در شرایط مشابه نمونه‌های مربوط به طرح اختلاط ساخته و متراکم شده و سپس به دو گروه با وزن مخصوص حقیقی یا ارتفاع برابر تقسیم شوند. فضای خالی نمونه‌های متراکم ساخته شده برای این آزمایش نباید کمتر از ۶ درصد باشد. نسبت مقاومت کششی غیرمستقیم نمونه‌های گروه اشباع به گروه خشک (TSR) برای آسفالت داغ لایه نازک باید بیشتر از ۰/۸۰ باشد.

۱۷-۸-۳-۷- استحکام مکانیکی (شیارافتادگی)

استحکام مکانیکی آسفالت داغ لایه نازک باید با انجام آزمایش شیارافتادگی چرخ بارگذاری به روش استاندارد EN 12697-22 در یکی از شرایط مندرج در **جدول ۱۷-۳۳** تعیین شود و مقدار عمق شیار حاصل از آزمایش نباید کمتر از معیارهای ارائه شده در **جدول ۱۷-۳۴** باشد. ساخت و تراکم نمونه‌های آزمایش شیارافتادگی نیز باید به روش تراکم غلتکی طبق استاندارد ASTM D8079 انجام پذیرد. مقدار انرژی تراکمی نمونه‌های دال آسفالتی آزمایش شیارافتادگی باید به اندازه‌ای باشد که فضای خالی نمونه آزمایش در محدوده رده‌بندی فضای خالی مشخص شده برای پروژه، با رواداری $\pm 1/5$ درصد نسبت به فضای خالی هدف، قرار گیرد. ضخامت نمونه آزمایش شیارافتادگی با توجه به اندازه دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی باید ۳ یا ۵ سانتی‌متر انتخاب شود.

جدول ۱۷-۳۳- شرایط آزمایش شیارافتادگی چرخ بارگذاری آسفالت داغ لایه نازک

نوع دستگاه	محیط نمونه	دمای آزمایش (درجه سانتیگراد)	مدت آزمایش (سیکل)
چرخ بزرگ (لاستیک بادی، روش فرانسوی)	هوا (شرایط خشک)	۶۰	۳۰۰۰
چرخ کوچک (لاستیک سخت، روش هامبورگ)	هوا (شرایط خشک)	۶۰	۱۰۰۰
چرخ کوچک (لاستیک سخت، روش هامبورگ)	هوا (شرایط خشک)	۵۰	۱۰۰۰۰

جدول ۱۷-۳۴- معیارهای عمق شیارافتادگی آسفالت داغ لایه نازک

شرایط ترافیکی بهره‌برداری روسازی	حداکثر نسبت عمق شیار به ضخامت نمونه (درصد)
راه‌ها و محل‌های با ترافیک سبک، نواحی با تنش‌های کم	۲۰
راه‌ها و محل‌های با ترافیک متوسط تا سنگین	۱۵

نواحی با تنش‌های متوسط تا بزرگ	
راه‌ها و محل‌های با ترافیک سنگین و سرعت کم، نواحی با تنش‌های بسیار بزرگ	۱۰

۱۷-۸-۳-۸- مقاومت در برابر ریزش سوخت (فقط برای کاربرد فرودگاهی)

مقاومت آسفالت داغ لایه نازک (TLA) در برابر ریزش سوخت برای کاربرد در فرودگاه‌ها باید بر اساس روش استاندارد EN 12697-43 تعیین شود. در این آزمایش، نمونه متراکم آسفالتی به مدت ۲۴ ساعت تا نیمی از ارتفاع آن درون سوخت مرجع قرار گرفته و سپس، مقدار افت وزنی آن در اثر حلالیت درون ماده سوختی تعیین می‌شود. نمونه‌های این آزمایش باید با یکی از روش‌های تراکم معرفی‌شده در بند ۱۷-۹-۳-۴ که برای مشخص کردن درصد فضای خالی آسفالت متراکم در ترکیب بهینه استفاده شده است، ساخته و متراکم شوند. مقدار انرژی تراکمی نمونه‌های آزمایش باید به اندازه‌ای باشد که فضای خالی نمونه‌ها در محدوده رده‌بندی فضای خالی مشخص‌شده برای پروژه، با رواداری $\pm 1/5$ درصد نسبت به فضای خالی هدف، قرار گیرد. افت وزنی آسفالت داغ لایه نازک در آزمایش مقاومت در برابر ریزش سوخت باید کمتر از ۶ درصد باشد.

۱۷-۸-۳-۹- مقاومت در برابر مایعات ضدیخ (فقط برای کاربرد فرودگاهی)

مقاومت آسفالت داغ لایه نازک (TLA) در برابر مایعات ضدیخ برای کاربرد در فرودگاه‌ها باید بر اساس روش استاندارد EN 12697-41 تعیین شود. در این آزمایش، نمونه‌های آسفالتی استوانه‌ای توسط اره برقی برش داده شده و از ارتفاع به دو نیم‌دیسک تقسیم می‌شوند. نمونه‌های مذکور به دو گروه، نمونه‌های عمل‌آوری‌شده درون مایع ضدیخ و نمونه‌های عمل‌آوری‌نشده تقسیم می‌شوند. یک صفحه فولادی به قطر ۵۰ میلیمتر به سطح برش‌خورده همه نمونه‌ها چسبانده می‌شود. نمونه‌های گروه اول در داخل مایع ضدیخ اشباع گردیده و سپس به مدت ۷۰ روز درون مایع غرقاب می‌شوند. پس از گذشت دوره عمل‌آوری، آزمایش کشش صفحه با نرخ بارگذاری ۲۰۰ نیوتن بر ثانیه بر روی هر دو گروه از نمونه‌ها در دمای ۲۳ درجه سانتیگراد انجام شده و با اندازه‌گیری نیروی گسیختگی، مقدار تنش گسیختگی محاسبه می‌شود. نتیجه این آزمایش، نسبت تنش گسیختگی نمونه‌های عمل‌آوری‌شده به نمونه‌های عمل‌آوری‌نشده است. مقاومت باقیمانده پس از عمل‌آوری نمونه‌ها درون مایع ضدیخ (نسبت تنش گسیختگی) برای آسفالت داغ لایه نازک باید بیشتر از ۸۵ درصد مقدار آن برای نمونه‌های عمل‌آوری‌نشده باشد.

نمونه‌های مورد استفاده در این آزمایش باید با یکی از روش‌های تراکم معرفی‌شده در بند ۱۷-۹-۳-۴ که برای مشخص کردن درصد فضای خالی آسفالت متراکم در ترکیب بهینه استفاده شده است، ساخته و متراکم شوند. مقدار انرژی تراکمی نمونه‌های آزمایش باید به اندازه‌ای باشد که فضای خالی نمونه‌ها در محدوده رده‌بندی فضای خالی مشخص‌شده برای پروژه، با رواداری $\pm 1/5$ درصد نسبت به فضای خالی هدف، قرار گیرد.

۱۷-۸-۳-۱۰- نام‌گذاری آسفالت داغ لایه نازک

نام‌گذاری و تعیین علامت اختصاری آسفالت داغ لایه نازک بر اساس نوع دانه‌بندی منتخب از **جدول ۱۷-۲۷** و رده‌بندی و نوع قیر مورد استفاده صورت می‌گیرد. به این ترتیب که در ابتدا علامت مربوط به نوع دانه‌بندی و به دنبال آن، علامت مشخصه قیر مصرفی آورده می‌شود.

به عنوان مثال، علامت اختصاری TLA 9.5A/PG70-22 مربوط به آسفالت داغ لایه نازک تولیدشده با مصالح سنگی با حداکثر اندازه اسمی ۹/۵ میلیمتر و دانه‌بندی نوع A و با قیر پلیمری با رده‌بندی عملکردی PG 70-22 است.

۱۷-۸-۳-۱۱- ویژگی‌ها و فرمول‌های پیشنهادی برای آسفالت داغ لایه نازک

ویژگی‌های پیشنهادی در شرایط معمول ترافیکی و آب و هوایی کشور برای آسفالت داغ لایه نازک با توجه به نوع دانه‌بندی مصالح سنگی و عملکرد مورد انتظار از آنها در **جدول ۱۷-۳۵** ارائه شده است. در این جدول، انتخاب رده‌بندی یا محدوده فضای خالی آسفالت متراکم با توجه به نوع دانه‌بندی و وضعیت روسازی موجود یا لایه زیرین آسفالت داغ لایه نازک صورت می‌گیرد. به‌طور کلی، انتخاب دانه‌بندی‌های با حداکثر اندازه بزرگتر، امکان اجرای لایه آسفالتی در ضخامت‌های بیشتر تا ۳۰ میلیمتر را فراهم می‌سازد و استحکام مکانیکی آسفالت داغ لایه نازک را افزایش خواهد داد. به‌علاوه، انتخاب فضای خالی بیشتر منجر به ارتقای عملکرد آسفالت داغ لایه نازک در برابر ترک‌خوردگی و مقاومت بیشتر آن در برابر بروز ترک‌های انعکاسی خواهد شد. از این رو، با انتخاب رده‌بندی متفاوت فضای خالی در شرایط ویژه نسبت به رده‌های پیشنهادی در **جدول ۱۷-۳۵** می‌توان به عملکرد مورد انتظار از رویه آسفالتی دست یافت.

جدول ۱۷-۳۵- ویژگی‌ها و فرمول‌های پیشنهادی برای آسفالت داغ لایه نازک

TLA 9.5B	TLA 9.5A	TLA 6.3B	TLA 6.3A	نوع دانه‌بندی	
۱۰۰	۱۰۰	-	-	۱۲/۵ میلی‌متر	درصد عبوری از الک‌های روبرو
۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹/۵ میلی‌متر	
-	-	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۶/۳ میلی‌متر	
۱۵-۲۵	۲۵-۳۵	۱۵-۲۵	۲۵-۳۵	۲/۳۶ میلی‌متر	
۴۰-۶۵	۶۶-۹۵	۴۰-۶۵	۶۶-۱۰۰	۰/۷۵ میلی‌متر	
۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	حداقل درصد قیر	
V_i 7-11 یا V_g 10-18	V_i 3-7	V_m 7-11 یا V_g 10-18	V_m 3-7 یا V_m 7-11	درصد فضای خالی	
۸۰ درصد	۸۰ درصد	۸۰ درصد	۸۰ درصد	حساسیت رطوبتی، حداقل نسبت مقاومت کششی (TSR)	
۱۵ درصد	۱۰ درصد	۲۰ درصد	۱۵ درصد	استحکام مکانیکی، حداکثر نسبت عمق شیار به ضخامت نمونه	
۲۵	۳۰	۲۰	۲۵	ضخامت لایه، میلی‌متر	

۱۷-۸-۴- تجهیزات و ماشین‌آلات

پیمانکار باید همه ماشین‌آلات و تجهیزات مورد نیاز برای عملیات تولید، حمل و پخش را به منظور تولید آسفالت داغ لایه نازک تهیه و آماده کند. یک کارخانه آسفالت داغ دارای گواهی تأییدیه فنی که بتواند عملیات تولید را به صورت یکنواخت انجام دهد، باید برای تولید این آسفالت مورد استفاده قرار گیرد.

آسفالت داغ لایه نازک باید توسط ماشین‌های حمل با اتاق بار تمیز، آب‌بند و هموار به محل پخش حمل شود. اتاق بار ماشین‌های حمل باید مجهز به چادر باشد تا افت دمایی آسفالت در حین حمل کاهش یافته و از شرایط آب و هوایی نامساعد محافظت شود.

غلتک تراکم نیز باید از نوع فولادی جفت با وزن حداقل ۹ تن باشد. این غلتک باید خودرو بوده و چرخ‌های آن مجهز به لیسه برای پاک‌کردن چرخ باشند و بر روی چرخ‌های آن، نازل‌های آب‌پاش نصب شده باشد تا در حین عملیات تراکم، بطور مرتب با آب صابونی شسته شده و از چسبیدن آسفالت به چرخ غلتک ممانعت گردد.

فینیشر مناسب برای آسفالت داغ لایه نازک باید برای اجرای این نوع رویه آسفالتی لایه نازک با ضخامت کمتر از ۳۰ میلیمتر مناسب باشد. این نوع فینیشر باید یک قیف برای تخلیه آسفالت، سیستم تغذیه و جعبه پخش با اتوی ارتعاشی داشته باشد. این فینیشر باید بتواند پخش آسفالت داغ و تسطیح سطح لایه پخش‌شده را در یک مرحله انجام دهد. به علاوه باید بتواند تاج خط مرکزی روسازی را ایجاد کند.

۱۷-۸-۵- ساخت و اجرا

۱۷-۸-۵-۱- محدودیت‌های آب و هوایی

آسفالت داغ لایه نازک باید زمانی اجرا شود که دمای سطح راه کمتر از ۱۳ درجه سانتیگراد نبوده و هوا نیز مه‌آلود یا بارانی نباشد. اگر سطح روسازی موجود مرطوب بوده ولی اشباع از آب نباشد و همچنین پیش‌بینی هوای مناسب شده باشد، مهندس ناظر می‌تواند اجازه اجرای آسفالت داغ لایه نازک را بدهد.

۱۷-۸-۵-۲- آماده‌سازی سطح موجود

پوشش گیاهی، مصالح سنگدانه‌ای شل و خاک سطح روسازی موجود باید پاک‌سازی شود. پیمانکار پروژه مسئول همه اقداماتی است که برای افزایش دوام و عمر و ضمانت آسفالت داغ لایه نازک نیاز است.

همه قاب‌ها و دریچه آدم‌روها و آب‌روها باید قبل از اجرای این نوع رویه آسفالتی با ورق پلاستیکی یا عایق ساختمانی پوشیده شوند، به استثنای علائم برجسته روسازی که باید برداشته شده و پس از اجرای آسفالت، مجدداً در محل قبلی نصب شوند. محل دریچه‌ها و قاب‌ها باید قبل از اجرا مشخص شود تا پس از آن، قابل ردیابی باشند و اصلاح لازم انجام شود. علائم ترافیکی پلاستیکی و سایر علائم برجسته با ضخامت بیش از ۶ میلیمتر نیز باید قبل از اجرا برداشته شوند.

قبل از اجرای آسفالت داغ لایه نازک، همه ترک‌های غیرفعال با عرض بیش از ۶ میلیمتر و همه ترک‌ها و درزهای فعال باید با مواد قیری مناسب پر شده و آب‌بندی شوند. مواد آب‌بندی در محل ترک‌ها و درزها نباید نسبت به سطح روسازی موجود برآمدگی داشته باشند و بر روی سطح موجود جاری شوند. همچنین همه ناهمواری‌های با عمق بیش از ۲۰ میلیمتر باید با مصالح مورد تأیید دستگاه نظارت پر شده و روسازی موجود هموار گردد.

قبل از پخش آسفالت داغ لایه نازک باید یک اندود سطحی با قیر امولسیون معمولی یا پلیمری روی سطح روسازی موجود پخش شود. میزان پخش اندود سطحی باید مطابق مقادیر مشخص شده در این آئین‌نامه برای اجرای مخلوط‌های آسفالتی گرم باشد.

ناهمواری بیش از اندازه در سطح روسازی موجود قبل از اجرای آسفالت داغ لایه نازک باید با اجرای یک لایه آسفالت رگلاژی کاهش یابد تا به کمتر از ۱۳ میلیمتر در امتداد یک شمشه ۳ متری برسد. زمانی می‌توان آسفالت داغ لایه نازک را اجرا کرد که مقدار فرورفتگی و نشست سطح موجود در زیر یک شمشه ۳ متری، حداکثر ۱۳ میلیمتر باشد.

۱۷-۸-۵-۳- حمل آسفالت

حمل آسفالت داغ باید به نحوی صورت گیرد که جداسازی فیزیکی و دمایی آسفالت کاهش یابد که از طریق بازررسی چشمی قابل تشخیص است. اتاق بار کامیون‌ها باید به مواد ضد چسبندگی آغشته شود. همچنین پیش از بارگیری کامیون باید اتاق آن بالا برده شود تا مقدار اضافی مواد ضدچسبندگی به بیرون از آن چکه کند. برای محافظت از آسفالت و جلوگیری از افت شدید دمای آن، ماشین حمل باید به چادر مجهز باشد. حمل آسفالت به محل پروژه باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که از ایجاد وقفه در فرآیند پخش جلوگیری شود و یا زمان انتظار ماشین‌های حمل برای تخلیه به فینیشر کاهش یابد.

۱۷-۸-۵-۴- پخش آسفالت

آسفالت داغ لایه نازک باید با توجه به نوع قیر در دمای مناسب در محدوده ۱۴۰ تا ۱۶۵ درجه سانتیگراد پخش شود و دمای آسفالت در جلوی اتوی فینیشر کنترل شود. این آسفالت باید توسط اتوی ارتعاشی گرم‌شده پخش گردد و در صورت شکستن سنگدانه‌ها، لرزش اتو باید خاموش شود. برای کاهش نواقص و خطوط سطحی راه باید عملیات پخش در هر شیفت کاری به صورت ممتد و با کمترین دفعات توقف انجام پذیرد.

برای جلوگیری از شکستن یا خردشدن سنگدانه‌های درشت، آسفالت داغ لایه نازک باید به مقدار توصیه‌شده در این آئین‌نامه یا تعیین‌شده توسط دستگاه نظارت، پخش و اجرا شود.

۱۷-۸-۵-۵- تراکم آسفالت

بلافاصله پس از پخش آسفالت داغ لایه نازک، عملیات غلتک‌زنی باید با دو تا سه بار عبور غلتک فولادی جفت به وزن حداقل ۹ تن با اعمال حداقل نیروی تراکمی ۲۵ کیلوگرم بر سانتیمتر در حالت استاتیکی انجام پذیرد. پیش از اینکه

دمای لایه پخش‌شده به کمتر از ۹۰ درجه سانتیگراد برسد، عملیات غلتک‌زنی باید تکمیل گردد. همچنین غلتک‌ها نباید بر روی لایه آسفالتی پخش‌شده متوقف شوند.

آب‌پاشی بر روی چرخ غلتک‌ها باید بطور مرتب انجام شود تا از چسبیدن آسفالت به آنها ممانعت شود. اگر سیستم آب‌پاش کارساز نباشد، یک مایع مناسب ضدچسبندگی (نظیر مایعات صابونی) باید به سیستم آب‌پاشی چرخ‌ها اضافه شود تا مانع چسبیدن آسفالت به چرخ‌های فولادی گردد.

برای جلوگیری از شکستن و خردشدن سنگدانه‌ها باید از غلتک‌زنی زیاد لایه آسفالت داغ لایه نازک خودداری شود. مهندس ناظر پروژه باید حداکثر مقدار مجاز خردشدن سنگدانه‌ها در لبه لایه پخش‌شده را مشخص نماید. پس از اتمام عملیات غلتک‌زنی، تا پیش از کاهش دمای لایه آسفالتی به پایین‌تر از ۷۰ درجه سانتیگراد، نباید اجازه عبور ترافیک داده شود. باید اطمینان حاصل شود که ضخامت لایه آسفالت داغ لایه نازک متراکم‌شده، مقدار حداقل مجاز مشخص‌شده در این آئین‌نامه برای دانه‌بندی‌های مختلف را برآورده سازد.

۱۷-۸-۵-۶- دمای آسفالت

الزامات مربوط به حداکثر دمای آسفالت به‌منظور حفظ یکپارچگی و جلوگیری از ریزش مخلوط قیر و ریزدانه آن ارائه می‌شود. این الزامات باید در همه مراحل تولید آسفالت در کارخانه رعایت شوند. در صورت استفاده از قیرهای خالص راهسازی، بیشترین دمای آسفالت نباید از مقادیر مندرج در **جدول ۱۷-۳۶** تجاوز نماید. در صورت استفاده از قیرهای اصلاح‌شده و یا افزودنی‌های آسفالت، نیاز به تغییر معیارهای حداکثر دمای آسفالت خواهد بود که در این‌صورت، معیارهای پیشنهادی باید در شرایط قرارداد تصریح شود. حداقل دمای آسفالت داغ لایه نازک برای قیرهای خالص هیچگاه نباید از ۱۱۵ درجه سانتیگراد کمتر شود که به رده‌بندی قیر و نوع دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی و افزودنی‌های مورد استفاده بستگی دارد. حداقل دمای آسفالت در زمان تخلیه از ماشین حمل به فینیشر باید در شرایط خصوصی پروژه یا توسط دستگاه نظارت مشخص شود.

جدول ۱۷-۳۶- حداکثر دمای آسفالت داغ لایه نازک با قیر خالص

رده‌بندی قیر	حداکثر دمای آسفالت (درجه سانتیگراد)
PG76-10	۱۸۰
PG70-16	۱۷۰
PG64-22	۱۶۵

۱۷-۸-۶- کنترل کیفیت

پیمانکار باید مخلوط آسفالت داغ لایه نازک را مطابق با فرمول کارگاهی تأیید شده توسط مهندس مشاور یا دستگاه نظارت پروژه در محدوده رواداری‌های مندرج در این بند تولید کند.

- آسفالت داغ لایه نازک باید به ازای هر ۳۵۰ تن یک بار و حداقل یک بار در هر روز نمونه‌برداری و آزمایش شود. این نمونه باید قبل از شروع عملیات تولید روز بعد، برای تعیین درصد قیر و دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی مورد آزمایش قرار گیرد. با پیشرفت پروژه، دستگاه نظارت باید به شرح زیر عمل کند:
- در آغاز پروژه و پس از شروع عملیات تولید کارخانه، اولین نمونه‌برداری آسفالت را از پشت ماشین سوم تا پنجم انجام دهد. سایر نمونه‌برداری‌ها باید از پشت اتوی فینیش انجام پذیرد.
 - آزمایش‌های تعیین درصد قیر و دانه‌بندی مصالح سنگی را بر روی آسفالت نمونه‌برداری شده در هر روز یا هر ۳۵۰ تن انجام دهد. در صورت وجود افزودنی در مخلوط آسفالت داغ لایه نازک، نحوه‌ی انجام آزمایش اکسترکشن و انتخاب حلال باید به پیشنهاد تولیدکننده افزودنی یا قیر پلیمری و با تأیید دستگاه نظارت باشد.
- رواداری‌های درصد عبوری از الک‌های مختلف در دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی آسفالت داغ لایه نازک و درصد قیر نسبت به فرمول کارگاهی باید مطابق **جدول ۱۷-۳۷** باشد.

جدول ۱۷-۳۷- حدود رواداری دانه‌بندی و درصد قیر آسفالت داغ لایه نازک

مشخصه	رواداری (درصد)
درصد عبوری از الک ۹/۵ میلیمتر	± 6
درصد عبوری از الک ۶/۳	± 6
درصد عبوری از الک ۴/۷۵ (شماره ۴)	± 6
درصد عبوری از الک ۲/۳۶ (شماره ۸)	± 5
درصد عبوری از الک ۰/۶ (شماره ۳۰)	± 4
درصد عبوری از الک ۰/۳ (شماره ۵۰)	± 4
درصد عبوری از الک ۰/۰۷۵ (شماره ۲۰۰)	± 2
درصد قیر	± 0.4

با توجه به محدوده ضخامت آسفالت داغ لایه نازک (۲۰ تا ۳۰ میلی‌متر)، کنترل تراکم در محل برای این نوع آسفالت از طریق مغزه‌گیری، تعیین وزن مخصوص و محاسبه درصد فضای خالی مغزه‌ها امکان‌پذیر نیست. لذا مشخصه تراکم در محل برای این نوع رویه آسفالتی تعیین نشده و در پذیرش عملیات آسفالتی نیز استفاده نمی‌شود. الگوی غلتک‌زنی نیز باید با اجرای نوار آزمایشی و بررسی کیفی لایه اجرا شده، توسط پیمانکار پیشنهاد شده و به تأیید دستگاه نظارت برسد.

۱۷-۸-۷- اندازه‌گیری و پرداخت

رویه حفاظتی آسفالت داغ لایه نازک با مشخصات مندرج در این فصل، شامل تهیه و پخش و تراکم آسفالت داغ با دانه‌بندی‌های مختلف با قیرهای خالص یا پلیمری در واحد متر مربع از سطح روسازی‌شده اندازه‌گیری می‌شود و ضخامت آن توسط مغزه‌گیری تعیین می‌گردد و به ازای هر مترمربع سانتی‌متر اجرای لایه، پرداخت به مبلغ قیمت واحد قرارداد انجام می‌شود. در صورت استفاده از افزودنی‌ها یا قیر پلیمری، اضافه‌بهای مربوطه نیز پرداخت می‌گردد.

۱۷-۹- آسفالت داغ فوق نازک (UTBWC)

۱۷-۹-۱- تعریف و تشریح

رویه حفاظتی آسفالت داغ فوق نازک^۱ با علامت اختصاری UTBWC یا BBUM یا AUTL به منظور استفاده در لایه سطحی روسازی با ویژگی‌های مناسب برای موارد کاربرد آن طراحی و تولید می‌شود که با ضخامت ۱۲٫۵ تا ۲۵ میلیمتر بر روی یک اندود قیر امولسیون پلیمری چسباننده قرار می‌گیرد و در راه‌ها، فرودگاه‌ها و سایر نواحی با تردد وسایل نقلیه قابل استفاده است. روش چسباندن و اتصال آسفالت فوق نازک به سطح زیرین آن یک مرحله از فرآیند اجرا است و رویه نهایی UTBWC، ترکیبی از دو جزء اندود قیری چسباننده و آسفالت داغ فوق نازک است. در این نوع آسفالت، مخلوط مصالح سنگی با دانه‌بندی میان‌تهی و رده‌بندی‌های اندازه‌ای مختلف به منظور شکل‌گیری تماس سنگدانه‌ای و همچنین فراهم شدن بافت سطحی متخلخل استفاده می‌شود. جزء مهم آسفالت داغ فوق نازک، اندود قیری امولسیونی است که بلافاصله قبل از پخش آسفالت داغ توسط فینیشر مجهز به نازل‌های قیرپاش و یا ماشین‌های قیرپاش بر روی روسازی موجود پاشیده می‌شود. لایه قیر امولسیون پلیمری باعث آب‌بندی سطح روسازی موجود و چسبیدن لایه نازک آسفالتی به سطح موجود می‌شود. ضخامت زیاد اندود قیری این امکان را برای آن فراهم می‌سازد که پس از پخش آسفالت، به سمت بالا و به درون آن حرکت کرده و فضاهای خالی آسفالت را پر کند و یک میان‌لایه با چسبندگی و پیوستگی کافی ایجاد شود. آسفالت داغ فوق نازک را می‌توان به سرعت اجرا کرد و ظرف مدت ۱۵ دقیقه پس از اجرا و خنک شدن آسفالت به روی ترافیک باز کرد.

این نوع رویه آسفالتی در راه‌های با ترافیک سنگین اصولاً به عنوان لایه ترمیمی بر روی روسازی‌های بتنی و آسفالتی اجرا می‌شود. آسفالت داغ فوق نازک عموماً با ضخامت حدود ۱/۵ برابر حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی آن پخش و متراکم می‌شود، اما به‌منظور برطرف نمودن ناهمواری‌های جزئی می‌توان آن را در ضخامت‌های بیشتر تا ۲۵ میلیمتر نیز اجرا نمود. این رویه آسفالتی یک سطح بادوام و مقاوم در برابر لغزندگی تأمین می‌کند که به مدت چندین سال از روسازی موجود محافظت کرده و مانع بسیار مناسبی برای بروز ترک‌های انعکاسی است.

۱۷-۹-۲- مواد و مصالح

مشخصات استاندارد مواد و مصالح تشکیل‌دهنده آسفالت داغ فوق نازک (UTBWC) در این بخش از آئین‌نامه ارائه شده است. همه مواد و مصالح تشکیل‌دهنده آسفالت باید بتوانند مشخصات استاندارد را برآورده سازند.

۱۷-۹-۲-۱- قیر و مواد قیری

قیر امولسیون پلیمری

¹ Ultra-Thin Bonded Wearing Course

مواد قیری مورد استفاده در لایه اندود قیری چسباننده به عنوان لایه اتصال بین آسفالت داغ فوق نازک و سطح موجود باید از نوع قیرهای امولسیون کاتیونی یا آنیونی زودشکن پلیمری و با مشخصات مندرج در **جدول ۱۷-۳۸** باشد. مواد پلیمری بهتر است پیش از تولید امولسیون به قیر پایه اضافه شود، لیکن در صورت برآورده ساختن مشخصات استاندارد، افزودن آن در فرآیند تولید امولسیون نیز مجاز است. به عبارتی دیگر، بهتر است برای تولید امولسیون پلیمری از قیرهای اصلاح شده پلیمری استفاده شود، اما استفاده از لاتکس پلیمری و اضافه کردن آن در فرآیند تولید قیر امولسیون بلامانع است.

جدول ۱۷-۳۸- مشخصات قیرهای امولسیون پلیمری مورد استفاده در اجرای آسفالت داغ فوق نازک

حدود مشخصه				روش استاندارد آزمایش		ویژگی
CRS-2P		CRS-1P, RS-1P				
حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	AASHTO	ASTM	
قیر امولسیون						
مثبت		-		T59	D7402	بار ذرات
۴۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۲۰	T59	D7496	کندروانی سیبولت فیورل در ۵۰ درجه سانتیگراد (ثانیه)
۰٫۱		۰٫۱		T59	D6933	آزمون الک، مقدار ذرات فرا اندازه ^(۱) (درصد)
۱٫۰		۱٫۰		T59	D6930	پایداری در انبارش، ۲۴ ساعت ^(۲) (درصد)
	۴۰		۶۰	T59	D6936	شکست شیمیایی (درصد)
	۶۵		۶۳	T59	D6997	مقدار باقیمانده از تقطیر در دمای پایین ^(۳) (درصد)
۲٫۰		۲٫۰		T59	D6997	مقدار مواد نفتی تقطیر شده (درصد)
قیر باقیمانده از تقطیر دمای پایین یا باقیمانده از تبخیر ^(۴)						
۱۷۵	۱۰۰	۱۵۰	۶۰	T49	D5	درجه نفوذ در ۲۵ درجه سانتیگراد (یک دهم میلیمتر)
	۴۰		۴۰	T51	D113	کشش پذیری در ۲۵ درجه سانتیگراد (سانتی متر)
	۵۰		۵۰	T301	D6084	بازگشت الاستیک در ۲۵ درجه سانتیگراد (درصد)
	۹۷٫۵		۹۷٫۵	T44	D2042	حلالیت در تری کلرواتیلن ^(۵) (درصد)
(۱) در تمام عملیات شستشو و مرطوب کردن الکها به جای محلول اولئات سدیم ترجیحاً از آب مقطر استفاده شود. همچنین اگر در زمان اجرا بتوان قیر امولسیون را بدون اشکال مصرف کرد، می توان از انجام آزمایش الک صرف نظر کرد و الزام مربوط به آن را نادیده گرفت. (۲) پس از ۲۴ ساعت قرارگیری نمونه در حالت سکون، باید سطح آن همگن و یکنواخت باشد. (۳) دمای نهایی آزمایش تقطیر برای امولسیون های تولید شده با قیر پلیمری برابر ۲۰۵ درجه سانتیگراد و برای امولسیون های تولید شده با لاتکس پلیمری برابر ۱۷۷ درجه سانتیگراد اعمال شود و نمونه به مدت ۱۵ دقیقه در این دما نگاه داشته شود. (۴) برای امولسیون CRS-2P لزوماً باقیمانده فرآیند تبخیر مطابق استاندارد ASTM D7497 مورد آزمایش قرار گیرد. برای سایر امولسیون ها، آزمایش بر روی باقیمانده تقطیر در دمای پایین یا باقیمانده تبخیر به تشخیص مهندسين مشاور انجام شود. (۵) اگر مقدار حلالیت باقیمانده قیر امولسیون کمتر از ۹۷٫۵ درصد باشد، آنگاه باید قیر پایه مورد استفاده برای تولید امولسیون آزمایش شود و مقدار حلالیت آن بیش از ۹۹ درصد باشد.						

قیر آسفالتی

مواد قیری مورد استفاده در تهیه آسفالت داغ فوق نازک (UTBWC) می تواند از نوع قیرهای خالص یا اصلاح شده

پلیمری باشد. نوع قیر مناسب پروژه را می‌توان بر اساس راهنمای **جدول ۱۷-۲۰** انتخاب کرد. همچنین می‌توان از افزودنی‌های پلیمری که به صورت خشک به مخلوط آسفالتی (در فرآیند تولید آسفالت داغ) اضافه می‌شوند، به شرط برآورده ساختن خصوصیات مورد نیاز عملکردی استفاده نمود.

قیرهای خالص با رده‌بندی‌های عملکردی معرفی شده در **جدول ۱۷-۲۰** برای تهیه آسفالت داغ فوق نازک در پروژه‌های دارای ترافیک کم مناسب هستند. رده‌بندی قیر با توجه به شرایط آب و هوایی محل پروژه انتخاب می‌شود، اما عموماً به منظور تأمین ویژگی‌های مطلوب از قیرهای اصلاح‌شده پلیمری استفاده می‌شود.

با توجه به عملکرد مورد انتظار از آسفالت داغ فوق نازک، قیرهای اصلاح‌شده پلیمری می‌توانند حدود مشخصات را به خوبی برآورده ساخته و دوام آسفالت را در برابر ترک‌خوردگی و تغییرشکل‌های بیش از اندازه افزایش دهند.

در صورتی که از قیرهای اصلاح‌شده پلیمری با رده‌بندی عملکردی (PG)، در آسفالت داغ فوق نازک UTBWC استفاده شود، این قیرها باید علاوه بر مشخصات استاندارد مربوط به رده‌بندی عملکردی طبق فصل چهاردهم این نشریه، معیارهای تکمیلی مندرج در **جدول ۱۷-۲۱** را نیز برآورده سازند.

از رده‌بندی ارائه‌شده در **جدول ۱۷-۲۲** برای قیرهای اصلاح‌شده پلیمری بر اساس درجه نفوذ و نقطه نرمی نیز می‌توان برای انتخاب و تعیین ویژگی‌های قیر پلیمری در آسفالت داغ فوق نازک استفاده کرد. در انتخاب قیر پلیمری مناسب از میان دو رده معرفی شده در **جدول ۱۷-۲۲** می‌توان از نتایج آزمایش‌های عملکردی آسفالت داغ فوق نازک استفاده کرد.

برای قیرهای پلیمری مورد استفاده در آسفالت داغ فوق نازک، محدوده دمای اختلاط و بهترین دمای تراکم آسفالت که منجر به عملکرد مناسب و دوام طولانی‌مدت روسازی آسفالتی شود، باید توسط تولیدکننده قیر پلیمری یا تأمین‌کننده‌ی افزودنی اعلام شود و یا نظر به نتایج آزمایش‌های قیر پلیمری، توسط مهندسین مشاور و دستگاه نظارت مشخص گردد. تولیدکننده قیر پلیمری باید دمای مناسب ذخیره‌سازی و پمپ کردن قیر پلیمری را نیز اعلام نماید. نوع و مشخصات مواد پلیمری مورد استفاده در تولید قیر پلیمری نیز باید توسط تولیدکننده آن تشریح شده و در شرایط قرارداد درج گردد. با توجه به ویژگی‌های مورد انتظار و مشخصات استاندارد مربوط به قیرهای پلیمری در این نوع آسفالت داغ، پلیمرهای استایرن بوتادین استایرن (SBS)، استایرن بوتادین رابر (SBR) و یا مواد اختصاصی و تجاری تولیدشده با این پلیمرها به خوبی می‌توانند این ویژگی‌ها و مشخصات را برآورده سازند.

۱۷-۹-۲-۲- مصالح سنگی

مصالح سنگی درشت‌دانه و ریزدانه در آسفالت داغ فوق نازک باید معیارهای مندرج در **جدول ۱۷-۳۹** و **۱۷-۴۰** را برآورده سازند. از آنجا که ویژگی‌های مصالح سنگی نقش مهمی در مقاومت در برابر تغییرشکل‌های دائمی آسفالت ایفا می‌کنند، دو گروه از ویژگی‌های مصالح سنگی شامل ویژگی‌های کلی و ویژگی‌های مربوط به منشاء سنگدانه‌ها مورد

ارزیابی قرار می‌گیرند. ترک‌های خستگی و حرارتی دمای پایین کمتر تحت تأثیر ویژگی‌های سنگدانه‌ها هستند و بسیار مهم است که اثر دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی بر این خرابی‌ها به‌طور کامل بررسی شود.

جدول ۱۷-۳۹- مشخصات مصالح سنگی درشت‌دانه آسفالت داغ فوق نازک

ویژگی / مشخصه		روش استاندارد آزمایش		حدود مشخصه	
		ASTM	AASHTO	حداقل	حداکثر
افت وزنی در مقابل سایش به روش لس‌آنجلس ^(۱) (درصد)		C131	T96		۲۵
افت وزنی در مقابل سولفات سدیم (درصد)		C88	T104		۱۰
سنگدانه‌های پهن و دراز ^(۲) (درصد)		D4791			۲۵
شکستگی، حداقل دو جبهه (درصد)		D5821	T335	۹۰	
مواد مضر (درصد)		C142	T112		۵/۰
جذب آب (درصد)		C127	T85		۳/۰

(۱) آزمایش سایش لس‌آنجلس را می‌توان بر روی مصالح مادر (سنگ معدن) انجام داد.

(۲) سنگدانه‌های پهن و دراز دارای نسبت بزرگترین بعد به کوچکترین بعد بیشتر از ۳ هستند.

جدول ۱۷-۴۰- مشخصات مصالح سنگی ریزدانه آسفالت داغ فوق نازک

ویژگی / مشخصه		روش استاندارد آزمایش		حدود مشخصه	
		ASTM	AASHTO	حداقل	حداکثر
ارزش ماسه‌ای (درصد)		D2419	T176	۵۰	
افت وزنی در مقابل سولفات سدیم (درصد)		C88	T104		۱۲
گوشه‌داری، فضای خالی نامتراکم (درصد)		C1252	T304	۴۰	
دامنه خمیری (درصد)		D4319	T90		۴
جذب آب (درصد)		C128	T84		۳/۰

۱۷-۹-۲-۳- فیلر اضافی

فیلر اضافی را می‌توان از موادی مانند سیمان، آهک هیدراته و پودر سنگ آهک یا سایر سنگ‌های معدنی مناسب تهیه کرد. بر اساس تجربیات موفق گذشته و با توجه به شرایط ترافیکی و آب و هوایی می‌توان نوع و مقدار فیلر اضافی را در مستندات پروژه و شرایط خصوصی قرارداد تعریف کرد. فیلر اضافی در آسفالت داغ فوق نازک باید ویژگی‌های زیر را داشته باشد:

الف) دانه‌بندی فیلر اضافی بر اساس استانداردهای ASTM C136/AASHTO T27 با **جدول ۱۷-۴۱** انطباق داشته باشد.

ب) دامنه خمیری آن که طبق استانداردهای ASTM D4318/AASHTO T90 تعیین می‌شود، کمتر از ۴ درصد باشد (در صورت استفاده از سیمان یا آهک هیدراته به عنوان فیلر، این معیار نادیده گرفته شود).

در صورت استفاده از آهک هیدراته به عنوان فیلر اضافی، ویژگی‌های آن باید با مشخصات استاندارد AASHTO M303 مطابقت داشته باشد.

جدول ۱۷-۴۱- دانه‌بندی فیلر اضافی مورد استفاده در آسفالت داغ فوق نازک

اندازه الک (میلیمتر)	درصد وزنی رد شده از الک
۱٫۱۸ (شماره ۱۶)	۱۰۰
۰٫۶ (شماره ۳۰)	۹۷-۱۰۰
۰٫۳ (شماره ۵۰)	۹۵-۱۰۰
۰٫۰۷۵ (شماره ۲۰۰)	۷۰-۱۰۰

۱۷-۹-۲-۴- مواد افزودنی

نوع و ویژگی‌های همه مواد افزودنی مورد استفاده در آسفالت داغ فوق نازک باید مشخص شود و برای این مواد، ویژگی‌های عملکردی آسفالت مورد آزمایش و ارزیابی قرار گیرد. برای کاربردهای خاص و بر اساس تجربیات موفق گذشته، مقدار افزودنی باید در مستندات پروژه تعریف شود. افزودنی‌های شیمیایی و آلی را می‌توان به منظور کاهش دماهای تولید آسفالت از طریق کاهش ویسکوزیته قیر به کار برد که ممکن است بر سایر ویژگی‌های آسفالت نیز اثرگذار باشند.

۱۷-۹-۳- طرح اختلاط و ویژگی‌های آسفالت

طرح اختلاط آسفالت داغ فوق نازک (UTBWC) با توجه به الزامات و توصیه‌های این بخش با انجام آزمایش‌های مخلوط آسفالتی ساخته‌شده در آزمایشگاه با استفاده از مصالح سنگی و قیر و مواد افزودنی منتخب برای استفاده در پروژه تعیین می‌شود. در مقدار درصد قیر بهینه، آسفالت داغ فوق نازک باید کلیه الزامات این بند از استاندارد را برآورده سازد. پیش از تهیه طرح اختلاط آزمایشگاهی و تعیین فرمول کارگاهی باید مصالح سنگی ریزدانه، مصالح سنگی درشت‌دانه و قیرهای پروژه مورد آزمایش قرار گیرند و انطباق ویژگی‌های آنها با مشخصات استاندارد تأیید گردد. همچنین بکارگیری انواع مواد افزودنی و فیلرهای اضافی باید پیش از تهیه طرح اختلاط آسفالت، به تأیید مهندسین مشاور برسد.

طرح اختلاط آزمایشگاهی باید توسط پیمانکار پروژه تهیه شده و حداقل یک هفته پیش از شروع پروژه به مهندس ناظر تحویل گردد. گزارش طرح اختلاط آزمایشگاهی آسفالت داغ فوق نازک باید موارد زیر را در بر داشته باشد:

- حداکثر اندازه اسمی مخلوط مصالح سنگی
- نسبت اختلاط و دانه‌بندی هر یک از مصالح سنگی مورد استفاده
- دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی حاصل از اختلاط مصالح با اندازه‌های مختلف
- وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی ریزدانه و درشت‌دانه
- حداکثر وزن مخصوص تئوری آسفالت
- درصد قیر بهینه طرح
- ضخامت قشر قیری

- ریزش (جاری شدن) مواد قیری
 - نسبت مقاومت کششی غیر مستقیم، TSR
 - دماهای اختلاط و تراکم
 - نوع و مقدار افزودنی‌های مورد استفاده
 - مقدار پخش قیر امولسیون پلیمری استاندارد
- گزارش نتایج آزمایش ویژگی‌های آسفالت و طرح اختلاط آسفالت داغ فوق نازک تا زمانی اعتبار دارد که مواد و مصالح تشکیل‌دهنده آسفالت و یا ویژگی‌های آنها که بر عملکرد آسفالت اثرگذار هستند، تغییر نکنند. در غیر این صورت باید گزارش نتایج و طرح آسفالت بازنگری شده و یا گزارش جدید تهیه گردد.
- در شرایط زیر نیاز است که آزمایش‌ها تکرار شوند و یا طرح اختلاط جدید تهیه شود:
- تغییر در مصالح سنگی درشت‌دانه و یا مخلوط مصالح سنگی آسفالت شامل:
 - الف- تغییر ویژگی‌های ظاهری مصالح درشت‌دانه شامل درصد شکستگی یا سنگدانه‌های پهن و دراز
 - ب- تغییر نوع و منشأ مصالح سنگی و تأثیر آن بر مقاومت در برابر سایش
 - ج- تغییر وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی به مقدار بیش از ۰/۰۲
 - تغییر نوع و منشأ مصالح سنگی ریزدانه و گوشه‌داری مصالح ریزدانه
 - تغییر منشأ فیلر اضافی
 - تغییر نوع یا رده‌بندی قیر مورد استفاده
 - تغییر نوع یا ویژگی‌های افزودنی مصرفی به حدی که باعث تغییر ویژگی‌ها و عملکرد آسفالت شود.
- فرمول کارگاهی آسفالت داغ با اعمال رواداری‌های مجاز به مقادیر مربوط به دانه‌بندی، درصد قیر و ضخامت قشر قیری تعیین می‌شود. حدود بالا و پایین فرمول کارگاهی با اضافه کردن مقادیر رواداری به مقادیر هدف و کم کردن مقادیر رواداری تعیین می‌شوند.

۱۷-۹-۳-۱- دانه‌بندی و درصد قیر

دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی برای آسفالت داغ فوق نازک (UTBWC) باید با یکی از محدوده‌های مشخص شده در **جدول ۱۷-۴۲** انطباق داشته باشد.

مقدار قیر طرح برای آسفالت داغ فوق نازک نیز در محدوده مقادیر مندرج در **جدول ۱۷-۴۳** پیشنهاد می‌شود. باید توجه داشت که با توجه به مقدار جذب قیر مصالح سنگی پروژه، مقدار قیر طرح برای مصالح سنگی با درصد جذب آب کم، نزدیک به مقادیر حداقل محدوده پیشنهادی در **جدول ۱۷-۴۳** و برای مصالح سنگی با درصد جذب آب زیاد تا ۳ درصد، نزدیک به مقادیر حداکثر پیشنهادی تعیین می‌گردد.

جدول ۱۷-۴۲- دانه‌بندی‌های آسفالت داغ فوق نازک

درصد وزنی رد شده از الک برای دانه‌بندی‌های زیر			اندازه الک، میلی‌متر
UTBWC 6.3	UTBWC 9.5	UTBWC 12.5	
		۱۰۰	۱۹
-	۱۰۰	۸۵-۱۰۰	۱۲٫۵
۱۰۰	۸۵-۱۰۰	۵۵-۸۰	۹٫۵
۸۵-۱۰۰	-	-	۶٫۳
۴۰-۵۵	۲۲-۳۸	۲۲-۳۸	۴٫۷۵ (شماره ۴)
۲۰-۳۲	۱۹-۳۲	۱۹-۳۲	۲٫۳۶ (شماره ۸)
۱۵-۲۴	۱۵-۲۴	۱۵-۲۴	۱٫۱۸ (شماره ۱۶)
۸-۱۴	۸-۱۴	۸-۱۴	۰٫۳ (شماره ۵۰)
۴٫۰ - ۵٫۵	۴٫۰ - ۵٫۵	۴٫۰ - ۵٫۵	۰٫۰۷۵ (شماره ۲۰۰)

جدول ۱۷-۴۳- محدوده درصد قیر آسفالت داغ فوق نازک برای دانه‌بندی‌های مختلف

نوع دانه‌بندی	درصد قیر طرح
UTBWC 12.5	۴٫۶-۶٫۱
UTBWC 9.5	۴٫۸-۶٫۱
UTBWC 6.3	۵٫۰-۶٫۳

۱۷-۹-۳-۲- ضخامت قشر قیری

ضخامت قشر قیری سنگدانه‌های مخلوط آسفالت داغ فوق نازک باید حداقل ۱۰/۲ میکرون باشد. حداقل درصد قیر طرح برای این نوع آسفالت با انجام محاسبات مربوط به ضخامت قشر قیری تعیین می‌شود.

ضخامت قشر قیری با استفاده از مقادیر درصد قیر مؤثر (P_{be}) و سطح ویژه مصالح سنگی با اندازه‌های مختلف قابل محاسبه است. مقدار حداقل درصد قیر طرح برای آسفالت داغ فوق نازک با در نظر گرفتن مقدار حداقل برای ضخامت قشر قیری (۱۰/۲ میکرون) و با توجه به درصد عبوری مصالح سنگی از الک‌های مختلف در دانه‌بندی کارگاهی و ضرایب مربوط به سطح ویژه سنگدانه‌ها (جدول ۱۷-۴۴)، با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$AFT = \frac{P_{be} \times 1000}{P_s \times SA \times G_b} \quad \text{رابطه (۱۷-۹)}$$

$$P_{be} = (P_s \times SA \times AFT \times G_b) / 1000 \quad \text{رابطه (۱۷-۱۰)}$$

$$P_b = P_{be} + (P_s \times P_{ba}) / 100 \quad \text{رابطه (۱۷-۱۱)}$$

$$P_{ba} = 100 \times G_b \times (G_{se} - G_{sb}) / (G_{se} \times G_{sb}) \quad \text{رابطه (۱۷-۱۲)}$$

$$G_{se} = \frac{100 - P_b}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}}$$

رابطه (۱۷-۱۳)

در این روابط:

AFT : ضخامت قشر قیری سنگدانه‌های آسفالت (میکرون)

SA : سطح ویژه مخلوط مصالح سنگی (مترمربع بر کیلوگرم)

 P_{be} : درصد قیر مؤثر آسفالت P_{ba} : درصد جذب قیر مخلوط مصالح سنگی آسفالت P_b : درصد قیر آسفالت P_s : درصد مصالح سنگی آسفالت که برابر است با $(100 - P_b)$ G_{sb} : وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی G_{se} : وزن مخصوص مؤثر مخلوط مصالح سنگی G_b : وزن مخصوص قیر G_{mm} : حداکثر وزن مخصوص تئوری آسفالت

حداکثر وزن مخصوص تئوری آسفالت با انجام آزمایش رایس طبق استانداردهای ASTM D2041 یا AASHTO T209 برای یک درصد قیر مشخص (P_b) اندازه‌گیری می‌شود.

برای محاسبه سطح ویژه مخلوط مصالح سنگی، درصد عبوری هر الک در ضریب سطح ویژه ضرب شده و مقادیر مربوط به الک‌های مختلف با هم جمع می‌شود. با استفاده از ضرایب **جدول ۱۷-۴۴**، سطح ویژه مخلوط مصالح سنگی آسفالت (در واحد مترمربع بر کیلوگرم) با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود. در این رابطه، a و b و c و d و e و f و g مقادیر درصد عبوری از الک‌های شماره ۴ و ۸ و ۱۶ و ۳۰ و ۵۰ و ۱۰۰ و ۲۰۰ هستند.

رابطه (۱۷-۱۴)

$$SA = (0.41 \times 100 + 0.41 \times a + 0.82 \times b + 1.64 \times c + 2.87 \times d + 6.14 \times e + 12.29 \times f + 32.77 \times g) / 100$$

ضرایب سطح ویژه برای مصالح سنگی با وزن مخصوص حقیقی برابر با ۲/۶۵۰ ارائه شده است. مصالح سنگی با وزن مخصوص حقیقی بزرگتر، مقدار سطح ویژه کمتری نسبت به مصالح با وزن مخصوص کوچکتر دارند. لذا مقدار سطح ویژه باید برای مصالح سنگی (بخش عبوری از الک شماره ۴) با وزن مخصوص حقیقی بزرگتر از ۲/۷۰۰ یا کوچکتر از ۲/۵۸۰ با استفاده از رابطه زیر اصلاح شود.

$$SA_{adj} = SA \times (2.650 / G_{sb})$$

رابطه (۱۷-۱۵)

در این رابطه:

SA_{adj} : سطح ویژه اصلاح‌شده (متر مربع بر کیلوگرم)

G_{sb} : وزن مخصوص حقیقی مصالح سنگی ردا شده از الک شماره ۴

جدول ۱۷-۴۴- ضرایب سطح ویژه مصالح سنگی با اندازه‌های مختلف

اندازه الک، میلیمتر	ضریب سطح ویژه (متر مربع بر کیلوگرم)
۱۹	۰/۴۱
۱۲/۵	
۹/۵	
۶/۳	
۴/۷۵ (شماره ۴)	۰/۴۱
۲/۳۶ (شماره ۸)	۰/۸۲
۱/۱۸ (شماره ۱۶)	۱/۶۴
۰/۶ (شماره ۳۰)	۲/۸۷
۰/۳ (شماره ۵۰)	۶/۱۴
۰/۱۵ (شماره ۱۰۰)	۱۲/۲۹
۰/۰۷۵ (شماره ۲۰۰)	۳۲/۷۷

۱۷-۹-۳-۳- مقدار پخش آسفالت و ضخامت لایه

مقدار مناسب پخش آسفالت داغ فوق نازک برای دانه‌بندی‌های مختلف در **جدول ۱۷-۴۵** توصیه شده است. مقادیر مذکور برای آسفالت داغ با حداکثر وزن مخصوص تئوری ۲/۵۰۰ ارائه شده است و برای آسفالت‌های با وزن مخصوص متفاوت، مقادیر پخش را می‌توان تعدیل کرد. همچنین حداقل ضخامت لایه متراکم آسفالت داغ فوق نازک برای دانه‌بندی‌های مختلف، در این جدول مشخص شده است. با توجه به اینکه امکان اندازه‌گیری دقیق ضخامت آسفالت فوق نازک در عمل وجود ندارد، این مقادیر تقریبی بوده و جنبه‌ی توصیه‌ای دارد.

جدول ۱۷-۴۵- مقدار پخش و حداقل ضخامت لایه آسفالت فوق نازک برای دانه‌بندی‌های مختلف

نوع دانه‌بندی	مقدار پخش (کیلوگرم بر متر مربع)	حداقل ضخامت لایه (میلیمتر)
UTBWC 12.5	۴۹	۱۹
UTBWC 9.5	۴۱	۱۶
UTBWC 6.3	۳۵	۱۳

۱۷-۹-۳-۴- ریزش مواد قیری

ریزش مواد قیری آسفالت داغ فوق نازک باید با انجام آزمایش طبق استاندارد ASTM D6390 یا AASHTO T305

تعیین شده و مقدار آن کمتر از ۰/۱ درصد باشد. آزمایش ریزش باید با درصد قیر به مقدار ۰/۵ درصد بیشتر از قیر طرح و در دمای حدود ۱۰ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای اختلاط مشخص شده انجام پذیرد.

۱۷-۹-۳-۵- وزن مخصوص و درصد فضای خالی

وزن مخصوص حقیقی نمونه‌های متراکم آسفالت داغ فوق نازک با یکی از روش‌های مندرج در **جدول ۱۷-۴۶** تعیین می‌شود. حداکثر وزن مخصوص تئوری آسفالت نیز باید طبق استانداردهای ASTM D2041 یا AASHTO T209 اندازه‌گیری شود. درصد فضای خالی آسفالت متراکم با استفاده از روابط و توصیه‌های مندرج در استاندارد ASTM D3203 محاسبه می‌گردد. باید توجه شود که معیار درصد فضای خالی برای این نوع آسفالت ارائه نشده است و انتخاب درصد قیر طرح بر اساس سایر الزامات ارائه شده در این بخش از آئین‌نامه است.

جدول ۱۷-۴۶- روش‌های تعیین وزن مخصوص حقیقی نمونه‌های متراکم آسفالت داغ فوق نازک

شرح آزمایش	روش استاندارد	شرط آزمایش
تعیین وزن مخصوص حقیقی آسفالت متراکم با استفاده از نمونه‌های با پوشش پارافین	ASTM D1188 AASHTO T275	۱۰٪ < فضای خالی
تعیین وزن مخصوص حقیقی آسفالت متراکم با اندازه‌گیری ابعاد نمونه	ASTM D3549 EN 12697-6/D	فضای خالی < ۱۰٪
آماده‌سازی نمونه و تعیین وزن مخصوص آسفالت متراکم توسط دستگاه تراکم چرخشی	ASTM D6925 AASHTO T312	نمونه‌های متراکم شده به روش تراکم چرخشی ^(۱)
(۱) وزن مخصوص نمونه‌های دستگاه تراکم چرخشی را می‌توان پس از بیرون آوردن از قالب با انجام آزمایش نیز اندازه‌گیری نمود.		

۱۷-۹-۳-۶- حساسیت رطوبتی

نسبت مقاومت کششی غیرمستقیم نمونه‌های گروه اشباع به گروه خشک (TSR) برای آسفالت داغ فوق نازک طبق روش آزمایش استاندارد AASHTO T283 باید بیشتر از ۰/۸۰ باشد. روش آزمایش حساسیت رطوبتی برای آسفالت داغ فوق نازک اصلاحاتی به شرح زیر نسبت به استاندارد AASHTO T283 دارد.

- نمونه‌های آزمایش حساسیت رطوبتی باید توسط دستگاه تراکم چرخشی به قطر ۱۵۰ میلیمتر و ارتفاع (۹۵/۲۵±۶/۳۵) میلیمتر و با تعداد ۱۰۰ چرخش متراکم شوند.
- دمای تراکم نمونه‌های آزمایش نیز باید در محدوده (۱۴۹±۵) درجه سانتیگراد باشد، مگر اینکه با توجه به نوع قیر، دمای تراکم متفاوتی توسط مشاور پروژه و یا تولیدکننده قیر توصیه شود.
- مخلوط آسفالتی قبل از تراکم باید طبق استاندارد AASHTO R30 به مدت ۲ ساعت درون گرم‌خانه در دمای تراکم عمل‌آوری شود.
- نمونه‌های متراکم باید تا حد ممکن هرچه زودتر بدون آسیب‌دیدن از قالب خارج شوند.

- درصد فضای خالی نمونه‌ها باید طبق مندرجات **بند ۱۷-۱۰-۳-۵** با توجه به توصیه‌های استانداردهای ASTM D3203 یا AASHTO T269 تعیین گردد و تنها با هدف اطلاع‌رسانی بیشتر گزارش شود.
- اگر مقدار اشباع‌شدگی نمونه‌های گروه عمل‌آوری شده کمتر از ۵۵ درصد باشد، نیاز به تکرار ساخت و اشباع کردن نمونه‌ها نیست، مگر اینکه اختلاف مقاومت کششی مابین نمونه‌های تکراری بیش از ۱۷۰ کیلوپاسکال باشد.

۱۷-۹-۳-۷- نام‌گذاری آسفالت داغ فوق نازک

نام‌گذاری و تعیین علامت اختصاری آسفالت داغ فوق نازک بر اساس نوع دانه‌بندی انتخاب‌شده از **جدول ۱۷-۴۲** و رده‌بندی و نوع قیر مورد استفاده صورت می‌گیرد. به این ترتیب که در ابتدا علامت مربوط به نوع دانه‌بندی و به دنبال آن، علامت مشخصه قیر آورده می‌شود.

به عنوان مثال، علامت اختصاری UTBWC 12.5/PG70-22 مربوط به آسفالت داغ فوق نازک تولید شده با مصالح سنگی با حداکثر اندازه اسمی ۱۲/۵ میلیمتر و با قیر پلیمری با رده‌بندی عملکردی PG 70-22 است.

۱۷-۹-۴- تجهیزات و ماشین‌آلات

پیمانکار باید همه ماشین‌آلات و تجهیزات مورد نیاز برای عملیات تولید، حمل و پخش را به منظور تولید آسفالت داغ فوق نازک تهیه و آماده کند. یک کارخانه آسفالت داغ دارای گواهی تأییدیه فنی که بتواند عملیات تولید را به صورت یکنواخت انجام دهد، باید برای تولید این آسفالت مورد استفاده قرار گیرد.

آسفالت داغ فوق نازک باید توسط ماشین‌های حمل با اتاق بار تمیز، آب‌بند و هموار به محل پخش حمل شود. اتاق بار ماشین‌های حمل باید مجهز به چادر باشد تا افت دمایی آسفالت در حین حمل کاهش یافته و از شرایط آب و هوایی نامساعد محافظت شود.

غلطک تراکم نیز باید از نوع فولادی جفت با وزن حداقل ۹ تن باشد. این غلطک باید خودرو بوده و چرخ‌های آن مجهز به لیسه برای پاک‌کردن چرخ باشند و بر روی چرخ‌های آن، نازل‌های آب‌پاش نصب شده باشد تا در حین عملیات تراکم بطور مرتب با آب صابونی شسته شده و از چسبیدن آسفالت به چرخ غلطک ممانعت گردد.

فینیشر مناسب برای آسفالت داغ فوق نازک باید قابلیت قیرپاشی داشته باشد و برای اجرای این نوع رویه محافظتی فوق نازک با ضخامت کمتر از ۲۵ میلیمتر مناسب باشد. این نوع فینیشر باید یک قیف برای تخلیه آسفالت، سیستم تغذیه، مخزن امولسیون، سیستم اندازه‌گیری و تنظیم مقدار حجمی پاشش امولسیون، لوله نازل‌های پاشش قیر و جعبه پخش با اتوی ارتعاشی داشته باشد. این فینیشر باید بتواند پاشش قیر امولسیون، پخش آسفالت داغ و تسطیح سطح لایه پخش‌شده را در یک مرحله انجام دهد.

به‌طور کلی فینیشر مناسب برای آسفالت داغ فوق نازک می‌تواند:

- پاشش قیر امولسیون اصلاح‌شده پلیمری را انجام دهد.

- روکش آسفالت داغ را پخش کند.
- تسطیح لایه پخش شده را در یک عبور انجام دهد.
- آسفالت داغ را در مدت کمتر از ۵ ثانیه پس از پاشش قیر امولسیون پلیمری بر روی سطح را پخش کند.
- رویه آسفالت داغ فوق نازک را با سرعت قابل کنترل در محدوده ۹ تا ۲۷ متر بر دقیقه اجرا کند.

۱۷-۹-۵- ساخت و اجرا

۱۷-۹-۵-۱- محدودیت‌های آب و هوایی

آسفالت داغ فوق نازک باید زمانی اجرا شود که دمای سطح راه کمتر از ۱۳ درجه سانتیگراد نبوده و هوا نیز مه‌آلود یا بارانی نباشد. اگر سطح روسازی موجود مرطوب بوده ولی اشباع از آب نباشد و همچنین پیش‌بینی هوای مناسب شده باشد، مهندس ناظر می‌تواند اجازه اجرای آسفالت داغ فوق نازک را بدهد.

۱۷-۹-۵-۲- آماده‌سازی سطح موجود

پوشش گیاهی، مصالح سنگدانه‌ای شل و خاک سطح روسازی موجود باید پاک‌سازی شود. همه قاب‌ها و دریچه آدم‌روها و آب‌روها باید قبل از اجرای این نوع رویه آسفالتی با ورق پلاستیکی یا عایق ساختمانی پوشانده شوند، به استثنای علائم برجسته روسازی که باید برداشته شده و پس از اجرای آسفالت فوق نازک، مجدداً در محل قبلی نصب شوند. محل دریچه‌ها و قاب‌ها باید قبل از اجرا مشخص شود تا پس از آن قابل ردیابی باشند و اصلاح لازم انجام شود. علائم ترافیکی پلاستیکی و سایر علائم برجسته با ضخامت بیش از ۶ میلیمتر نیز باید قبل از اجرا برداشته شوند.

قبل از اجرای آسفالت داغ فوق نازک، همه ترک‌های غیرفعال با عرض بیش از ۶ میلیمتر و همه ترک‌ها و درزهای فعال باید با مواد قیری مناسب پر شده و آب‌بندی شوند. مواد آب‌بندی در محل ترک‌ها و درزها نباید نسبت به سطح روسازی موجود برآمدگی داشته باشند و بر روی سطح موجود جاری شوند. همچنین همه ناهمواری‌های با عمق بیش از ۲۰ میلیمتر باید با مصالح مورد تأیید دستگاه نظارت پر شده و روسازی موجود هموار گردد.

ناهمواری بیش از اندازه در سطح روسازی موجود قبل از اجرای آسفالت داغ فوق نازک باید با اجرای یک لایه آسفالت رگلاژی کاهش یابد تا به کمتر از ۱۳ میلیمتر در امتداد یک شمشه ۳ متری برسد. زمانی می‌توان آسفالت داغ فوق نازک را اجرا کرد که مقدار فرورفتگی و نشست سطح موجود در زیر یک شمشه ۳ متری، حداکثر ۱۳ میلیمتر باشد.

۱۷-۹-۵-۳- حمل آسفالت

حمل آسفالت داغ باید به نحوی صورت گیرد که جداشدگی فیزیکی و دمایی آسفالت کاهش یابد که از طریق بازررسی چشمی قابل تشخیص است. اتاق بار کامیون‌ها باید به مواد ضد چسبندگی آغشته شود. همچنین پیش از

بارگیری کامیون باید اتاق آن بالا برده شود تا مقدار اضافی مواد ضدچسبندگی به بیرون از آن چکه کند. برای محافظت از آسفالت و جلوگیری از افت شدید دمای آن، ماشین حمل باید به چادر مجهز باشد. حمل آسفالت به محل پروژه باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که از ایجاد وقفه در فرآیند پخش جلوگیری شود و یا زمان انتظار ماشین‌های حمل برای تخلیه به فینیشر کاهش یابد.

۱۷-۹-۵-۴- اندود قیر امولسیون پلیمری

لایه چسباننده قیر امولسیون باید بر روی سطح روسازی تمیز و خشک و عاری از هرگونه آلودگی که مانع چسبندگی گردد، پاشیده شود. هدف از پاشش قیر امولسیون آن است که یک اندود امولسیونی یکنواخت و ضخیم که تمام سطح روسازی موجود را پوشش دهد، شکل گیرد. قیر امولسیون باید با توجه به شرایط آب و هوایی محل و زمان اجرای پروژه در دمای مناسب باشد و سپس بر روی سطح راه پاشیده شود. قیر امولسیون پلیمری مورد استفاده نباید با آب رقیق شود. میزان پخش قیر امولسیون بسته به وضعیت سطح روسازی موجود از نظر نوع روسازی آسفالتی یا بتنی، میزان نفوذپذیری و عمق درشت‌بافت سطحی و نیز میزان شندگی یا قیرزدگی آن متغیر است. میزان پخش قیر امولسیون استاندارد در محدوده ۰/۵۰ تا ۱/۰۰ لیتر بر متر مربع مناسب است. تعیین مقدار طرح پاشش قیر امولسیون با توجه به شرایط پروژه و وضعیت سطح موجود با استفاده از راهنمای **جدول ۱۷-۴۷** صورت می‌گیرد. دستگاه نظارت می‌تواند با توجه به وضعیت سطح روسازی موجود مقدار پاشش قیر را تعدیل نماید.

جدول ۱۷-۴۷- میزان پاشش قیر امولسیون پلیمری و مقادیر اصلاح برای شرایط متفاوت سطح موجود راه

نوع دانه‌بندی	UTBWC 6.3	UTBWC 9.5	UTBWC 12.5
میزان پاشش قیر امولسیون ^(۱) (لیتر بر متر مربع)	۰/۶۴	۰/۸۱	۰/۹۱
وضعیت رویه موجود	مقدار اصلاح برای میزان پاشش (لیتر بر مترمربع)		
رویه بتنی تازه و ماله‌کشی شده	۰	۰	۰
رویه بتنی صاف یا صیقلی	-۰/۱۴	-۰/۱۴	-۰/۱۴
رویه آسفالتی متراکم و پیرنشده	۰	۰	۰
رویه آسفالتی کاملاً قیرزده	-۰/۱۴	-۰/۱۴	-۰/۰۹
رویه آسفالتی نفوذپذیر، پیرشده یا شند زده	+۰/۰۵	+۰/۰۵	+۰/۰۹
رویه آسفالتی تراش خورده	+۰/۰۵	+۰/۰۵	+۰/۰۹
(۱) برای اهداف کنترل کیفیت، مقدار رواداری $\pm ۰/۰۹$ لیتر بر مترمربع باید به مقدار هدف اعمال شود.			

۱۷-۹-۵-۵- پخش آسفالت

پس از پاشش قیر امولسیون پلیمری، آسفالت داغ فوق نازک باید هر چه سریعتر و در دمای مناسب در محدوده ۱۴۰ تا ۱۶۵ درجه سانتیگراد (با توجه به نوع قیر) پخش شود و دمای آسفالت در جلوی اتوی فینیشر کنترل شود. این

آسفالت باید توسط اتوی ارتعاشی گرم شده پخش گردد و در صورت شکستن سنگدانه‌ها باید لرزش اتو خاموش شود. برای کاهش نواقص و خطوط سطحی راه باید عملیات پخش در هر شیفت کاری به صورت ممتد و با کمترین دفعات توقف انجام پذیرد. لایه اندود قیر امولسیون پلیمری بهتر است بلافاصله قبل از پخش آسفالت و به نحوی پاشیده شود که بر روی سطح راه جاری نشود. قبل از پخش آسفالت داغ باید از تماس چرخ‌ها و سایر اجزای فینیشر با اندود امولسیون پلیمری جلوگیری شود.

برای جلوگیری از شکستن یا خرد شدن سنگدانه‌های درشت، آسفالت داغ فوق نازک باید به مقدار توصیه شده در این آئین‌نامه یا تعیین شده توسط دستگاه نظارت، پخش و اجرا شود.

۱۷-۹-۵-۶- تراکم آسفالت

بلافاصله پس از پخش آسفالت داغ فوق نازک، عملیات غلتک‌زنی باید با دو تا سه بار عبور غلتک فولادی جفت به وزن حداقل ۹ تن با اعمال حداقل نیروی تراکمی ۲۵ کیلوگرم بر سانتیمتر در حالت استاتیکی انجام شود. پیش از اینکه دمای لایه پخش شده به کمتر از ۹۰ درجه سانتیگراد برسد، عملیات غلتک‌زنی باید تکمیل گردد. غلتک‌ها نباید بر روی لایه آسفالتی پخش شده متوقف شوند.

آب‌پاشی بر روی چرخ غلتک‌ها باید بطور مرتب انجام شود تا از چسبیدن آسفالت به آنها ممانعت شود. اگر سیستم آب‌پاش کارساز نباشد، یک مایع مناسب ضدچسبندگی (نظیر مایعات صابونی) باید به سیستم آب‌پاشی چرخ‌ها اضافه شود تا مانع چسبیدن آسفالت به چرخ‌های فولادی گردد.

برای جلوگیری از شکستن و خرد شدن سنگدانه‌ها باید از غلتک‌زنی زیاد آسفالت داغ فوق نازک خودداری شود. مهندس ناظر پروژه باید حداکثر مقدار مجاز خرد شدن سنگدانه‌ها در لایه پخش شده را مشخص نماید. پس از اتمام عملیات غلتک‌زنی، تا پیش از کاهش دمای لایه آسفالتی به پایین‌تر از ۷۰ درجه سانتیگراد، نباید اجازه عبور ترافیک داده شود. باید اطمینان حاصل شود که ضخامت لایه آسفالت داغ فوق نازک متراکم شده، مقدار حداقل مجاز مشخص شده در این آئین‌نامه برای دانه‌بندی‌های مختلف را برآورده سازد.

۱۷-۹-۶- کنترل کیفیت

۱۷-۹-۶-۱- آزمایش‌های آسفالت

پیمانکار باید مخلوط آسفالت داغ فوق نازک را مطابق با فرمول کارگاهی تعیین شده توسط مهندس مشاور یا دستگاه نظارت پروژه در محدوده رواداری‌های مندرج در این بند تولید کند. همچنین قیر امولسیون پلیمری باید بر اساس فرمول کارگاهی تعیین شده پاشیده شود و مقدار آن در محدوده $\pm 0.9\%$ لیتر بر مترمربع نسبت به مقدار طرح باشد. مقدار پاشش اندود امولسیون پلیمری باید با تقسیم کردن مقدار مصرف شده در هر روز به سطح روسازی شده در آن روز کنترل شود. آسفالت داغ فوق نازک باید به ازای هر ۳۵۰ تن یک بار و حداقل یک بار در هر روز، نمونه‌برداری و آزمایش شود. این

نمونه باید قبل از شروع عملیات تولید روز بعد، برای تعیین درصد قیر و دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی مورد آزمایش قرار گیرد. با پیشرفت پروژه، دستگاه نظارت باید به شرح زیر عمل کند:

- در آغاز پروژه و پس از شروع عملیات تولید کارخانه، اولین نمونه‌برداری آسفالت را از پشت ماشین سوم تا پنجم انجام دهد. سایر نمونه‌برداری‌ها باید از پشت اتوی فینیش انجام پذیرد.

- میزان پخش روزانه قیر امولسیون پلیمری را با تقسیم کردن حجم امولسیون مصرف شده در هر روز بر سطح روسازی شده محاسبه نماید.

- آزمایش‌های تعیین درصد قیر و دانه‌بندی مصالح سنگی را بر روی آسفالت نمونه‌برداری شده در هر روز یا هر ۳۵۰ تن انجام دهد. در صورت وجود افزودنی در مخلوط آسفالت داغ لایه نازک، نحوه‌ی انجام آزمایش اکسترکشن

و انتخاب حلال باید به پیشنهاد تولیدکننده افزودنی یا قیر پلیمری و با تأیید دستگاه نظارت باشد.

رواداری‌های درصد عبوری از الک‌های مختلف در دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی آسفالت داغ لایه نازک و درصد قیر نسبت به فرمول کارگاهی باید مطابق **جدول ۱۷-۴۸** باشد.

با توجه به محدوده ضخامت آسفالت داغ فوق نازک، کنترل تراکم در محل برای این نوع آسفالت از طریق مغزه‌گیری، تعیین وزن مخصوص و محاسبه درصد فضای خالی مغزه‌ها امکان‌پذیر نیست. لذا مشخصه تراکم در محل برای این نوع رویه آسفالتی تعیین نشده و در پذیرش عملیات آسفالتی نیز استفاده نمی‌شود. الگوی غلتک‌زنی نیز باید با اجرای نوار آزمایشی و بررسی کیفی لایه اجرا شده، توسط پیمانکار پیشنهاد شده و به تأیید دستگاه نظارت برسد.

جدول ۱۷-۴۸ - حدود رواداری دانه‌بندی و درصد قیر آسفالت داغ فوق نازک

مشخصه	رواداری (درصد)
درصد عبوری از الک ۱۲٫۵ میلیمتر	±۶
درصد عبوری از الک ۹٫۵ میلیمتر	±۶
درصد عبوری از الک ۶٫۳	±۶
درصد عبوری از الک ۴٫۷۵ (شماره ۴)	±۵
درصد عبوری از الک ۲٫۳۶ (شماره ۸)	±۴
درصد عبوری از الک ۱٫۱۸ (شماره ۱۶)	±۴
درصد عبوری از الک ۰٫۰۷۵ (شماره ۲۰۰)	±۲٫۰
درصد قیر	±۰٫۴

۱۷-۹-۷ - اندازه‌گیری و پرداخت

رویه‌ی حفاظتی آسفالت داغ فوق نازک بر اساس مقدار واقعی تناژ آسفالت مصرف شده که به تأیید مهندس مشاور یا دستگاه نظارت رسیده باشد، اندازه‌گیری و پرداخت می‌شود. در این روش اندازه‌گیری، مقدار آسفالت با تعیین وزن آسفالت کامیون‌ها بر روی باسکول تعیین می‌شود.

۱۷-۱۰- درزگیری روسازی‌ها

۱۷-۱۰-۱- کلیات

درزگیری ترک‌ها در روسازی آسفالتی یک روش نگهداری پیشگیرانه محسوب می‌شود. درزگیری به دو روش آب‌بندی ترک^۱ و پرکردن ترک^۲ انجام می‌شود. آب‌بندی و پرکردن ترک‌ها از عملیات ضروری و مهم تعمیر و نگهداری بوده و به منظور کاهش نفوذ آب و ذرات خارجی به درون جسم روسازی راه و کاهش نرخ خرابی آن مورد نیاز است. به منظور مؤثر بودن روش درزگیری، ترک‌ها باید انشعابات کمی داشته باشند. درزگیری ترک‌هایی که انشعابات زیادی دارند، عملکرد مطلوبی به همراه نخواهد داشت.

آب‌بندی ترک، عملیات پخش و قرار دادن مواد درزگیر درون ترک‌های فعال به منظور جلوگیری از نفوذ آب و ذرات خارجی سخت به درون ترک است که عموماً پس از برش دادن ترک انجام می‌شود. اجرای عملیات آب‌بندی ترک برای ترمیم ترک‌های عرضی که اکثراً ترک‌های فعال هستند، رایج است. این روش درزگیری برای آماده‌سازی و آب‌بندی ترک‌های خستگی نظیر ترک‌های پوست سوسماری، ترک‌های بلوکی با شدت زیاد، ترک‌خوردگی‌های لبه و ترک‌های لغزشی روسازی آسفالتی اجرا نمی‌شود.

پرکردن ترک‌های غیرفعال به منظور کاهش نفوذ آب به جسم روسازی با پخش مواد قیری یا تزریق مواد درزگیر و معمولاً بدون برش دادن ترک‌ها انجام می‌شود. عملیات پرکردن ترک‌های طولی که اکثراً غیرفعال هستند، به‌طور رایج انجام می‌شود.

اگر تغییر عرض ترک ناشی از تغییرات دما در طول سال بیشتر از ۳ میلیمتر باشد، ترک فعال و اگر میزان تغییر عرض ترک در طول سال کمتر از ۳ میلیمتر باشد، ترک غیرفعال دسته‌بندی می‌شود. ترک‌های فعال معمولاً از نوع ترک‌های عرضی هستند، اما برخی ترک‌های طولی و مورب نیز ممکن است جابجایی یا حرکت بیش از ۳ میلیمتر در طول سال داشته باشند. مواد درزگیری قرار گرفته درون ترک‌های فعال باید به دیوارهای ترک بچسبند و همراه با باز و بسته شدن ترک، انعطاف لازم را داشته باشند. ترک‌های غیرفعال نیز شامل ترک‌های مورب، بیشتر ترک‌های طولی، ترک‌های عرضی با فاصله کم از یکدیگر و برخی ترک‌های بلوکی می‌شوند. به دلیل فاصله نسبتاً کم بین ترک‌های غیر فعال، این ترک‌ها جابجایی کمی دارند. جابجایی کم در ترک‌های غیرفعال امکان استفاده از مواد درزگیر ارزان‌تر از نوع پرکننده را فراهم می‌سازد.

انتخاب روش درزگیری ترک‌ها در روسازی آسفالتی بر اساس عرض ترک و شدت خرابی لبه (یا دیواره) ترک، به شرح موارد زیر صورت می‌گیرد:

¹ Crack Sealing

² Crack Filling

- برای ترمیم ترک‌های مویی (با عرض کمتر از ۶ میلیمتر) در صورتی که تراکم آنها در یک محدوده زیاد باشد، استفاده از آسفالت‌های حفاظتی نظیر اسکراب‌سیل یا اسلاری‌سیل توصیه می‌شود.
 - درزگیری ترک‌های با عرض ۶ تا ۱۲ میلیمتر به روش آب‌بندی مناسب‌تر است.
 - درزگیری ترک‌های با عرض ۱۲ تا ۲۰ میلیمتر، در صورتی که خرابی دیواره ترک در حد کم باشد، به روش آب‌بندی مناسب است. در صورتی که خرابی دیواره ترک در حد متوسط تا زیاد باشد، به روش پر کردن مناسب است.
 - درزگیری ترک‌های با عرض ۲۰ تا ۲۵ میلیمتر، در صورتی که خرابی دیواره ترک در حد کم تا متوسط باشد، به روش پر کردن مناسب است. اگر خرابی دیواره ترک در حد زیاد باشد، استفاده از دوغاب آب‌بندی قیری (یا اسلاری‌سیل) و ماسه آسفالت مناسب است.
 - در صورتی که عرض ترک بیشتر از ۲۵ میلیمتر و خرابی دیواره ترک کم باشد، استفاده از دوغاب آب‌بندی قیری (یا اسلاری‌سیل) و مخلوط امولسیون با ماسه ریزدانه مناسب است. اگر خرابی دیواره ترک متوسط تا شدید باشد، خرابی موجود باید به روش لکه‌گیری با آسفالت ترمیم شود.
- عملیات درزگیری در روسازی‌های بتنی نیز شامل آب‌بندی یا پرکردن درزها و ترک‌ها است. عملیات آب‌بندی شامل شیارزنی و برش‌کاری، پاک‌سازی و تزریق یا نصب مواد و مصالح درزگیر درون ترک‌های فعال و درزهای عرضی و طولی روسازی‌های بتنی موجود و همچنین پاک‌سازی و تزریق یا نصب مواد و مصالح درزگیر درون درزهای انقباضی روسازی‌های بتنی تازه احداث شده است. عملیات پرکردن نیز شامل پاک‌سازی و تزریق مواد پرکننده درون ترک‌های روسازی‌های بتنی موجود و یا روسازی‌های بتنی در حال احداث (درزهای انبساط) است. آب‌بندی درز بتنی شامل نصب یک نوار نگهدارنده^۱ درون درز و آماده‌سازی کامل یک شیار^۲ است، درحالی‌که پر کردن درز اغلب پس از آماده‌سازی جزئی یک شیار برش‌خورده و با پر کردن مواد درزگیر درون آن انجام می‌شود.

۱۷-۱۰-۲- مواد درزگیر

به‌طور کلی، مواد درزگیر متشکل از مواد قیری سردریز و گرم‌ریز است. پس از ارزیابی روسازی و انتخاب روش درزگیری، بایستی با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه، شرایط آب و هوایی در زمان اجرا و ویژگی‌های ترک، نوع مناسب ماده درزگیر و شکل‌بندی قرار دادن آن در محل درز و ترک انتخاب شود.

۱۷-۱۰-۲-۱- مواد آب‌بندی گرم‌ریز

این نوع مواد درزگیر برای عملیات آب‌بندی درزها و ترک‌ها در روسازی‌های آسفالتی و بتنی استفاده می‌شوند و

^۱ Backer Rod

^۲ Reservoir

ویژگی‌های آنها باید با مشخصات استاندارد ASTM D6690 مطابقت داشته باشد. این مواد آب‌بندی باید ترکیبی از مواد مختلف باشند تا یک ترکیب چسبنده با خاصیت برجهندگی زیاد حاصل شود که بتوانند درزها و ترک‌های روسازی‌های بتنی و آسفالتی را در طول دوره‌های انقباض و انقباض دمایی در برابر نفوذ رطوبت و ذرات خارجی آب‌بندی کنند. همچنین در دماهای بهره‌برداری، ماده آب‌بند نباید در بالای درز و ترک روان و جاری شود یا به لاستیک چرخ خودروها چسبیده و از درون درز یا ترک خارج شود. انواع مختلف مواد آب‌بندی مشخص شده در استاندارد ASTM D6690 برای استفاده در شرایط آب و هوایی متفاوت به شرح زیر مناسب هستند:

- ماده نوع یک، برای آب‌بندی درزها و ترک‌های روسازی در آب و هوای معتدل مناسب است.
- مواد نوع دو و نوع سه، برای آب‌بندی درزها و ترک‌های روسازی در اکثر شرایط آب و هوایی مناسب هستند. تفاوت این دو ماده در آن است که دوام ماده آب‌بندی نوع سه در برابر اثرات مخرب رطوبت نیز ارزیابی و مشخص می‌شود.
- ماده نوع چهار، برای آب‌بندی درزها و ترک‌های روسازی در آب و هوای بسیار سرد مناسب است.

۱۷-۱۰-۲-۲- مواد پرکننده گرم‌ریز و سردریز

مواد قیری پرکننده گرم‌ریز و سردریز شامل قیرهای اصلاح‌شده پلیمری و قیرهای امولسیون هستند و برای پر کردن ترک‌ها در روسازی‌های آسفالتی و بتنی کاربرد دارند.

مواد قیری پرکننده سردریز باید از نوع قیرهای امولسیون باشند. استفاده از امولسیون‌های کاتیونی تندشکن با رده‌بندی CRS-2 یا CRS-2P و یا امولسیون‌های کاتیونی دیرشکن با رده‌بندی CSS-1 یا CSS-1h برای عملیات درزگیری توصیه می‌شود. ویژگی‌های این نوع قیرها باید با مشخصات مندرج در این نشریه یا استانداردهای ASTM D2397 و AASHTO M316 مطابقت داشته باشد. استفاده از قیرهای امولسیون معمولی بر اساس شرایط آب و هوایی منطقه و نوع روسازی، برای پر کردن ترک‌های با عرض کمتر از ۶ میلیمتر مناسب‌تر است. اما برای پر کردن ترک‌های عریض با عرض بیش از ۶ میلیمتر (تا ۲۵ میلیمتر) می‌توان دوغاب امولسیون یا امولسیون مخلوط با ماسه ریزدانه را برای پر کردن ترک‌ها مورد استفاده قرار داد. در این نوع کاربرد باید از قیر امولسیون دیرشکن استفاده شود.

ویژگی‌های قیرهای اصلاح‌شده پلیمری و حاوی مواد لاستیکی برای استفاده به عنوان مواد پرکننده گرم‌ریز باید با مشخصات استاندارد ASTM D5078 مطابقت داشته باشد. این مواد پرکننده برای پر کردن ترک‌های با عرض بیش از ۹/۵ میلیمتر مناسب هستند. برای پر کردن درزهای روسازی‌های بتنی استفاده از این نوع مواد پرکننده به قیرهای امولسیون ارجحیت دارد.

۱۷-۱۰-۲-۳- نوار نگهدارنده (باربر)

استفاده از نوار نگهدارنده پیش از تزریق مواد آب‌بندی، برای جلوگیری از هدر رفتن مواد درزگیر درون عمق ترک و

کنترل عمق مواد درزگیر، دستیابی به ضریب شکل مطلوب و حفظ مواد آب‌بندی در برابر تورفتگی و افتادگی توصیه می‌شود. نوار نگهدارنده یک جزء مهم برای آب‌بندی با مواد گرم‌ریز در روسازی‌های بتنی است. ویژگی‌های نوار نگهدارنده باید با مشخصات استاندارد ASTM D5249 مطابقت داشته باشد. جنس نوار نگهدارنده باید غیرجاذب، انعطاف‌پذیر و سازگار با ماده درزگیر مورد استفاده بوده و در دمای اجرای درزگیری ذوب نشود. با توجه دمای بالای تزریق مواد آب‌بندی گرم‌ریز باید در انتخاب نوار نگهدارنده مناسب دقت شود.

نوار نگهدارنده از نفوذ ماده درزگیر به درون ترک اصلی در هنگام تزریق و چسبیدن ماده درزگیری به کف شیار برش‌خورده و ایجاد چسبندگی سه‌جانبه جلوگیری می‌کند. چسبیدن ماده درزگیر به کف شیار باعث تضعیف عملکرد درزگیر می‌شود. شکل ماده درزگیر، به خصوص در داخل شیار برش‌خورده، بر عملکرد آن تأثیر می‌گذارد. شکل و ابعاد درزگیر در محل شیار برش‌خورده از پارامترهای اصلی طراحی و شکل‌بندی درزگیری است که با ضریب شکل نشان داده می‌شود. ضریب شکل، نسبت عرض به عمق ماده درزگیر در داخل درز یا ترک است.

در عملیات درزگیری بدون استفاده از نوار نگهدارنده، ضریب شکل با عملیات برش و شیارزنی کنترل می‌شود. اما در صورت استفاده از نوار نگهدارنده، ضریب شکل با عملیات برش و عمق قرارگیری نوار نگهدارنده کنترل می‌شود.

اگر عمق شیار درز یا ترک بیشتر از ۲۵ میلیمتر باشد، در صورت اقتصادی بودن توصیه می‌شود پیش از تزریق ماده آب‌بندی، تا عمق ۲۵ میلیمتر پایین‌تر از سطح روسازی با ماسه پر شود و یا نوار نگهدارنده در داخل درز یا ترک نصب گردد. قطر نوار نگهدارنده باید ۲۵ درصد بزرگتر از عرض ترک یا درز و تقریباً نصف عمق آن باشد. برای مثال، در ترکی به عرض ۱۲ میلیمتر و عمق ۳۵ میلیمتر، استفاده از نوار نگهدارنده به قطر ۱۵ میلیمتر توصیه می‌شود.

در اکثر عملیات درزگیری روسازی‌های آسفالتی، ماده درزگیری گرم‌ریز بطور مستقیم و بدون استفاده از نوار نگهدارنده به درون شیار ترک ریخته می‌شود و در موارد محدودی به نوار نگهدارنده نیاز می‌شود.

۱۷-۱۰-۳- تجهیزات و ماشین‌آلات

۱۷-۱۰-۳-۱- اره برقی یا شیارزن

یک دستگاه شیارزن یا اره برقی که بتواند ترک‌ها و درزها را به عمق قابل تنظیم و با عرض مشخص برش دهد، مورد نیاز است. اره برقی یا شیارزن مورد استفاده در روسازی بتنی باید بتواند ترک‌های موجود را بدون خرد کردن روسازی مجاور ترک برش دهد. اره برقی مورد استفاده در روسازی بتنی با تیغه الماسه باید مجهز به سیستم آب‌پاش شامل شیلنگ‌ها و مخزن آب باشد. اره برقی با توان حداقل ۲۶ کیلووات برای برش‌کاری بتن سخت‌شده توصیه می‌شود.

شیارزن نیز یک دستگاه مکانیکی و مجهز به تیغه‌های سیاره‌ای دوار است که برای برش دادن و عریض‌تر کردن ترک‌ها به منظور ایجاد شیار (کانال) مورد استفاده قرار می‌گیرد. عموماً از دستگاه اره برقی برای ترک‌های نسبتاً مستقیم و از شیارزن برای ترک‌های با پیچ و خم بیشتر استفاده می‌شود. توصیه آن است که اره برقی با تیغه الماسه به قطر

حداکثر ۲۰ سانتیمتر استفاده شود.

۱۷-۱۰-۳-۲- کمپرسور هوا

دستگاه کمپرسور هوا، مجهز به فیلترهای روغن و رطوبت، تأمین کننده فشار حداقل ۶۹۰ کیلوپاسکال، جریان حداقل ۴/۲ مترمکعب بر دقیقه و سرعت هوای خروجی حداقل ۱۰۰۰ متر بر ثانیه با یک نازل به قطر حداکثر ۱۹ میلیمتر برای اجرای عملیات درزگیری مناسب است. کمپرسور هوا باید بتواند هوای خشک بدون روغن را فراهم کند و فشار هوای آن به حدی باید باشد که بتواند ماسه ها و نخاله ها را از محل درز یا ترک خارج کرده و از سطح روسازی اطراف ترک دور کند.

۱۷-۱۰-۳-۳- لوله هوای داغ

خشک کردن ترک ها و درزهای روسازی ها از طریق وارد کردن هوای فشرده داغ با استفاده از لوله هوای داغ^۱ انجام می شود. لوله (لنس) هوای داغ همراه با یک کمپرسور هوا کار می کند و باید بتواند هوای فشرده تمیز، بدون روغن و داغ را فراهم کند. لوله هوای داغ با دمای ۱۳۷۵ درجه سانتیگراد و سرعت ۶۱۰ متر بر ثانیه برای استفاده در عملیات درزگیری مناسب است.

۱۷-۱۰-۳-۴- نازل آب پرفشار

برای خارج کردن ماده درزگیری موجود، نخاله و خاک از داخل درز یا ترک روسازی از یک دستگاه آب پرفشار که بتواند آب را با فشار حداقل ۱۴ مگاپاسکال از نازل خارج کند، استفاده می شود. تجهیزات آب شویی شامل مخزن آب قرار گرفته روی یک یدک متصل به ماشین یدک کش، پمپ، شلنگ فشار بالا، دسته مجهز به ابزار کنترلی قطع جریان آب و نازل هستند.

۱۷-۱۰-۳-۵- دستگاه سندبلاست

دستگاه سندبلاست برای خارج کردن ماده درزگیری موجود، نخاله و خاک از داخل درز یا ترک روسازی و پاک سازی دیواره های قائم درز یا ترک کاربرد دارد. تجهیزات سندبلاست شامل یک کمپرسور هوا، دستگاه سندبلاست، شلنگ ها و نازل از نوع ونتوری^۲ و تجهیزات ایمنی است. در دستگاه سندبلاست که به کمپرسور هوا با ظرفیت کافی مجهز باشد، توصیه می شود قطر نازل خروجی حداقل ۶ میلیمتر و قطر لوله ها و اتصالات حداقل ۲۵ میلیمتر باشد.

۱۷-۱۰-۳-۶- تجهیزات ریختن و تزریق ماده درزگیری

گرم کردن مواد درزگیر گرم ریز اصلاح شده پلیمری از نوع مواد آب بندی و پرکننده توسط ماشین مخصوص ذوب و

^۱ Hot Air Lance

^۲ Venturi Sandblasting nozzle

تزریق درزگیر انجام می‌شود. استفاده از سیستم گرمایش مستقیم برای گرم کردن مواد قیری اصلاح‌شده توصیه نمی‌شود، زیرا باعث گرم شدن ناهمگون و موضعی قیر می‌شود، به خصوص وقتی که ابزار هم‌زدن مواد درزگیر تعبیه نشده باشد. مواد درزگیر ممکن است در اثر گرم کردن تا دماهای بسیار بالا و گرم کردن مکرر یا طولانی‌مدت آسیب ببینند. دستگاهی که برای گرم کردن و تزریق مواد درزگیری تهیه می‌شود، باید برای این منظور مناسب بوده و توسط تولیدکننده ماده درزگیر تأیید شود. مواد درزگیر گرم‌ریز اصلاح‌شده پلیمری باید درون یک دیگ یا مخزن ذوب با سیستم گرمایش غیرمستقیم گرم شوند. این مخزن به شکل دیگ بخار دوجداره ساخته شده و فضای بین جداره‌های داخلی و خارجی آن با روغن یا یک سیال انتقال حرارت پر می‌شود. مخزن ذوب باید مجهز به ابزار کنترل دمای سیال انتقال حرارت بوده و برای حفظ دمای مواد درزگیری در محدوده مشخص‌شده برای تزریق، دقت کافی داشته باشد. این مخزن باید به سیستم هم‌زن و اختلاط دائم مواد درزگیر هم مجهز باشد تا در زمان تزریق، کندروانی و دمای یکنواخت مواد فراهم گردد. در دستگاه تزریق تحت فشار که مخزن ذوب به نازل تزریق مواد مجهز است، باید یک پمپ گردش مجدد یا ابزاری برای حفظ دمای مواد درون نازل تزریق فراهم شده باشد.

برای ریختن قیر امولسیون به درون ترک‌ها نیز می‌توان از پاتیل‌های مخصوص^۱ چرخ‌دار یا حمل دستی استفاده کرد.

۱۷-۱۰-۳-۷- ابزار شکل‌دهی ماده درزگیر

برای پرداخت و جمع‌آوری مواد درزگیری بر روی ترک‌ها و درزها از ابزار U شکل یا V شکل تحت عنوان اسکوئیچی^۲ با جنس فلزی یا لاستیکی در کنار نازل ریختن مواد استفاده می‌شود. یک قطعه دیسک‌شکل یا بشقابی مفصلی را نیز می‌توان به نازل تزریق متصل کرده و برای ریختن مواد درزگیری با شکل‌بندی هم‌سطح استفاده کرد. ابزار اسکوئیچی را می‌توان برای اجرای شکل‌بندی‌های نواری و هم‌سطح استفاده کرد. لذا شکل‌بندی نواری معمولاً با این ابزار اجرا می‌شود.

۱۷-۱۰-۳-۸- ابزار نصب نوار نگهدارنده

برای نصب نوار نگهدارنده درون شیار درزها و ترک‌های روسازی‌های آسفالتی و بتنی از ابزار نصب مخصوص استفاده می‌شود. این ابزار باعث می‌شود که نوار نگهدارنده تا عمق مشخص داخل درز یا ترک فرورفته و از آسیب دیدن آن جلوگیری شود.

۱۷-۱۰-۴- زمان اجرا و شرایط آب و هوایی

۱۷-۱۰-۴-۱- مواد درزگیری گرم‌ریز

عملیات آب‌بندی ترک‌های روسازی آسفالتی با مواد گرم‌ریز بهتر است در مدت کمی پس از تشکیل ترک‌های فعال و

^۱ Pouring

^۲ Squeegee

در زمانی از سال انجام شود که هوا نسبتاً خنک تا معتدل باشد (۴ تا ۱۸ درجه سانتیگراد). فصول پاییز و بهار برای اجرای عملیات درزگیری به روش آببندی توصیه می‌شود.

عملیات پرکردن ترک‌های روسازی آسفالتی با مواد گرم‌ریز را می‌توان در هر زمان از سال اجرا کرد، اما اجرای آن در هوای خنک تا معتدل مناسب‌تر است. در این شرایط دمایی، ترک‌ها بازشدگی بیشتری دارند و مواد پرکننده بیشتری می‌توان درون آنها تزریق کرد.

برای درزگیری روسازی‌های بتنی با مواد گرم‌ریز نیز توصیه می‌شود که دمای هوا و روسازی حداقل ۴ درجه سانتیگراد بوده و روسازی بدون یخبندان باشد. روسازی بتنی برای درزگیری با این مواد باید به مدت حداقل ۷ روز عمل‌آوری شود تا چسبندگی مطلوب حاصل گردد. درزگیرها و پرکننده‌های پیش‌ساخته را در دماهای بالاتر از ۱- درجه سانتیگراد می‌توان نصب کرد و روسازی بتنی برای نصب آنها نیاز به عمل‌آوری ندارد.

۱۷-۱۰-۴-۲- مواد درزگیر سردریز

قیرهای امولسیون سردریز را می‌توان در دمای محیط بکار برد و یا به اندازه کم تا رسیدن به دمای حدود ۵۰ تا ۶۵ درجه سانتیگراد حرارت داد. قیرهای امولسیون سردریز بهتر است زمانی استفاده شوند که دمای محیط بالاتر از ۱۰ درجه سانتیگراد باشد. اگر چه بعضی از قیرهای امولسیون را می‌توان در دماهای پایین‌تر نیز درون درز و ترک ریخت، اما احتمال بارندگی بطور کلی مانع از ریختن این قیرها می‌شود.

۱۷-۱۰-۵- ایمنی و کنترل ترافیک

عملیات درزگیری ترک‌های روسازی باید در عرض یک خط عبوری از روسازی انجام شود و از انجام کار در خط مجاور ممانعت به عمل آید. در غیر اینصورت باید در خطوط مجاور نیز از یک نفر پرچم‌دار استفاده شود. بازگشایی مسیر به روی ترافیک فقط باید پس از گیرش کامل و عمل‌آمدن ماده درزگیری صورت گیرد تا چرخ وسایل نقلیه باعث کنده شدن و برجای گذاشتن رد ماده درزگیری نشود.

جنبه‌های ایمنی عملیات اجرا بر عملکرد و عمر مفید مواد درزگیری اثرگذار است. اگر اکیپ اجرا و کارگران احساس امنیت نکنند، احتمال اجرای خوب کمتر می‌شود. بنابراین، ابزار کنترل ترافیک باید بتواند ضمن حفظ ترافیک روان، محیط کاری ایمن فراهم کند. در عملیات درزگیری تقاطع‌ها، خیابان‌ها و مسیرهای پرتراфик و مقاطع خاص در راه‌ها باید دقت ویژه‌ای بکار برده شود. در این موارد به تجهیزات ایمنی و افراد پرچم‌دار بیشتری نیاز است. کارگران اکیپ اجرای درزگیری باید در برابر اشیائی که پرتاب می‌شود و همچنین خطرات مرتبط با مواد درزگیری و ماشین‌آلات محافظت شوند. برای همه پرسنل کارگاه و ناظران، استفاده از کلاه ایمنی، جلیقه شبرنگ، پیراهن آستین‌بلند، دستکش، کفش کار و عینک ایمنی باید الزامی باشد. جنبه‌های ایمنی مرتبط با آماده‌سازی و پخش مواد درزگیری نیز باید به کارکنان اکیپ اجرای درزگیری یادآوری گردد.

۱۷-۱۰-۶- روش‌های اجرای درزگیری

۱۷-۱۰-۶-۱- برش و شیارزنی

به‌طور کلی، برش ترک‌ها هنگامی انجام می‌شود که عرض آنها بیشتر از ۶ میلیمتر باشد. ترک‌ها را باید اندکی عریض کرده و حتی‌المقدور عمق آنها را نباید بیشتر کرد. شکل‌بندی ماده درزگیر درون ترک که با ضریب شکل مشخص می‌شود، بر عملکرد آن تأثیرگذار است. ضریب شکل عبارت است از نسبت عرض به عمق ماده درزگیر که درون شیار برش‌خورده^۱ ترک قرار می‌گیرد. بسته به شرایط آب و هوایی، عرض شیار ترک و در نتیجه ضریب شکل درزگیری متغیر است. توصیه می‌شود ضریب شکل برابر ۱ برای درزگیری با مواد گرم‌ریز اصلاح‌شده لاستیکی رعایت شود.

به منظور تعیین عرض برش شیار ترک در روسازی آسفالتی توصیه می‌شود که موارد زیر رعایت گردد:

- عملیات برش حداقل ۳ میلیمتر از هر طرف ترک را بردارد.
- عرض برش حداقل ۱۲ و حداکثر ۳۸ میلیمتر باشد.
- بسته به شرایط آب و هوایی، عرض و عمق شیار برش‌خورده ترک با استفاده از راهنمای **جدول ۱۷-۴۹** مشخص می‌شود.

جدول ۱۷-۴۹- راهنمای تعیین ضریب شکل (نسبت عرض به عمق ترک)

شرایط آب و هوایی	عرض ترک (میلیمتر)	عمق ترک (میلیمتر)
آب و هوای گرم	۱۲	۱۹
آب و هوای معتدل	۱۹	۱۹
آب و هوای سرد	۳۰	۱۲
آب و هوای بسیار سرد	۳۸	۱۰

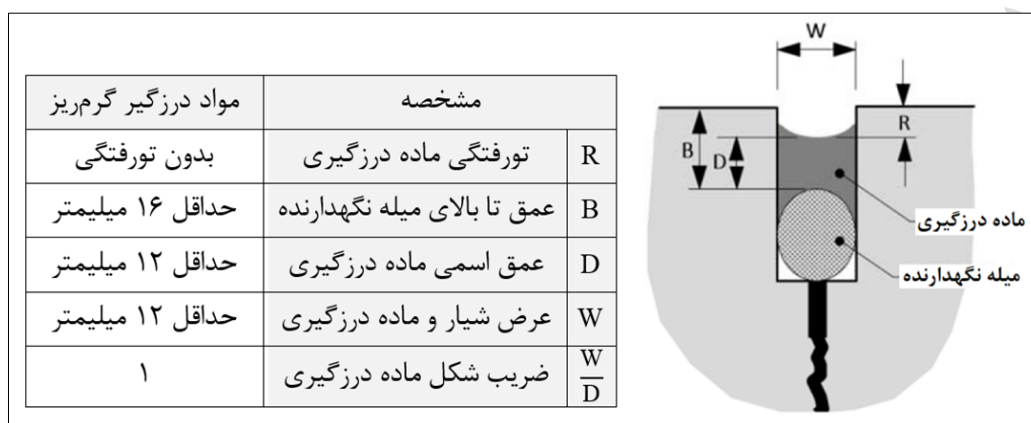
برش با اهر برقی یا شیارزنی ترک‌ها برای ایجاد شیار یا کانالی یکدست با زوایای قائم و تا حد ممکن متمرکز بر روی ترک، به منظور جلوگیری از فروپاشی دیواره‌های ترک و پخش یا قراردادن ماده آب‌بندی انجام می‌شود. در مناطق با تغییرات زیاد سالانه دما اغلب برش ترک انجام می‌شود تا با توجه به جابجایی زیاد ترک‌ها در طول سال، ضریب شکل مناسب مواد درزگیری به منظور افزایش انعطاف‌پذیری حاصل گردد.

برش یا شیارزنی پیوسته و دقیق ترک‌های پر پیچ و خم، اغلب دشوار است. بخش‌هایی از این ترک‌ها ممکن است برش داده نشود و در نتیجه دو شیار در کنار هم ایجاد شود. در ترک‌های ثانویه که در امتداد ترک‌های اصلی ایجاد

¹ Reservoir

می‌شوند نیز معضل مشابهی وجود دارد. اگر دو شیار برش‌خورده در نزدیکی هم قرار بگیرند، باعث کاهش انسجام روسازی می‌شوند. قاعده کلی این است که فقط ترک‌های ثانویه با فاصله بیش از ۳۰ سانتیمتر از ترک اصلی برشکاری شوند و ترک‌های با فاصله کمتر از ۳۰ سانتیمتر نسبت به ترک اصلی فقط پاک‌سازی شده و با مواد درزگیری پر شوند.

در **شکل‌های ۳-۱۷ و ۴-۱۷** اندازه و ابعاد شیار برش‌خورده و مواد درزگیری برای دو عملیات آب‌بندی و پرکردن درزها و ترک‌ها در روسازی بتنی توصیه شده است.



شکل ۳-۱۷ - ابعاد شیار برش‌خورده و مواد درزگیری برای عملیات آب‌بندی در روسازی بتنی



شکل ۴-۱۷ - ابعاد شیار برش‌خورده و مواد درزگیری برای عملیات پرکردن در روسازی بتنی

۱۷-۱۰-۶-۲ - پاک‌سازی و آماده‌سازی درز و ترک

پس از برش ترک‌های روسازی آسفالتی باید گرد و غبار و نخاله از درون ترک‌ها پاک‌سازی شده و به منظور ریختن مواد درزگیر آماده‌سازی گردد. ترک‌ها باید با تجهیزات مناسب به خوبی تمیز و خشک شوند. پاک‌سازی درز مهمترین مرحله اجرای درزگیری در روسازی‌های بتنی است. برای اطمینان از چسبندگی خوب درزگیر، دیواره‌های شیار برش‌خورده به پاک‌سازی کامل نیاز دارند. پس از پاک‌سازی نباید هیچ‌گونه گرد و غبار، آلودگی یا ردی از مواد خارجی بر روی دیواره‌های درز باقی بماند. در روش آب‌بندی، دیواره‌های درز یا ترک باید بطور کامل خشک شده و پس از

پاک‌سازی باید ظاهر بتن تازه را داشته باشند.

بلافاصله پس از برشکاری می‌توان همه شیارهای برش‌خورده، ترک‌ها و سطح روسازی مجاور آنها را با استفاده از هوای فشرده یا فشار آب پاک‌سازی کرد. گرد سیمان، دوغاب برش‌کاری و نخاله‌ها به این روش برداشته شده و برطرف می‌شود. عملیات آب‌شویی بهتر است در یک جهت انجام شود تا نواحی اطراف و قسمت‌های شسته‌شده درزها کمتر آلوده شوند. استفاده از آب پرفشار برای پاک‌سازی ترک در هوای سرد مناسب نیست. در هر حالت باید اطمینان حاصل شود که پوشش گیاهی بطور کامل از بین رفته باشد. از سوی دیگر، فشار آب باید بیش از حد نبوده و محدود گردد تا دیواره‌های شیار ترک آسیب نبیند.

سندبلاست یک عملیات پرتنش است که برای خارج کردن نخاله‌ها و دوغاب برشکاری و همچنین برداشتن تکه‌های آسفالت خردشده ناشی از عملیات برش در روسازی آسفالتی بسیار مؤثر است. این عملیات باید در هوای خشک انجام شود و به دنبال آن با دمیدن هوای فشرده، ماسه‌ها از داخل شیار ترک و سطح راه خارج شود. در روسازی بتنی نیز پس از اینکه درز به اندازه کافی خشک شد، دیواره‌های درز باید تا زیر ماده آب‌بندی موجود با عملیات سندبلاست پاک شوند تا در دیواره‌های قائم یک سطح بتنی تازه، تمیز و خشک ظاهر شود. به هر یک از دیواره‌های شیار ترک و درز باید یک مرتبه عبور افشانه سندبلاست اعمال شود و جریان ماسه و هوا باید به دیواره‌ها برخورد نماید. بطور کلی، نازل سندبلاست باید در فاصله حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر از شیار ترک و درز نگه‌داشته شود تا بدون آسیب دیدن شیار ترک، پاک‌سازی بطور بهینه انجام پذیرد. نازل سندبلاست نباید بطور مستقیم به داخل درز هدایت شود. زاویه برخورد امتداد سندبلاست به هر دیواره قائم درز یا ترک باید تقریباً ۳۰ درجه تنظیم شود.

از آنجا که در عملیات پاک‌سازی با هوای فشرده، حرارت اعمال نمی‌شود و شیار ترک بطور کامل خشک نمی‌شود، این روش پاک‌سازی وقتی کارآیی مناسب خواهد داشت که روسازی و شیار ترک‌ها کاملاً خشک باشند و دمای محیط نیز خیلی خنک نباشد. اپراتور درزگیری در مرحله پاک‌سازی با هوای فشرده باید حداقل دو مرتبه با نازل هوای فشرده از روی ترک‌ها و درزها عبور کند. در عبور اول، آلودگی، نخاله و خرده‌های روسازی از جای خود در داخل شیار ترک کنده شده و خارج می‌شوند. در زمان اجرای این مرحله، نازل هوای فشرده باید حداقل ۵ سانتیمتر از ترک فاصله داشته باشد. در عبور دوم نیز همه ذرات خارج شده از شیار ترک به بیرون از مسیر و شانه راه رانده می‌شود. در این مرحله، نازل هوا را می‌توان با فاصله بیشتر از سطح روسازی نگه‌داشت تا سطح برخورد و تأثیر هوای فشرده بزرگتر شود. عملیات پاک‌سازی با هوای فشرده باید بلافاصله جلوتر از عملیات تزریق مواد درزگیر انجام شود. هرچه فاصله این دو عملیات بیشتر باشد، احتمال ورود مجدد نخاله و مواد خارجی به درون شیار ترک افزایش می‌یابد.

پیش از تزریق ماده درزگیر، می‌توان از لوله هوای داغ برای خشک و گرم کردن دیواره ترک‌ها استفاده کرد. برخلاف عملیات پاک‌سازی با هوای فشرده، دمیدن هوای داغ را می‌توان در شرایط نسبتاً نامناسب برای پاک‌سازی، خشک کردن و گرم کردن ترک‌ها به کار برد. اگر از ماده قیری گرم‌ریز برای پرکردن ترک‌ها و درزها استفاده شود، کاربرد لوله هوای داغ

مفید است. اما برای قیرهای امولسیون، استفاده از لوله هوای داغ ضرورت ندارد. اگر یک کانال برش خورده یا ترک پس از پاک سازی در پایان یک روز کاری درزگیری نشود، در روز کاری بعد باید مجدداً پاک سازی شود و سپس عملیات درزگیری ادامه یابد.

۱۷-۱۰-۶-۳- آماده سازی و تزریق ماده درزگیر

پیش از تزریق مواد درزگیر درون شیار درزها و ترکها، در صورت نیاز باید نوار نگهدارنده با استفاده از ابزار مخصوص نصب شود. پیش از نصب نوار نگهدارنده و ریختن ماده درزگیر اطمینان حاصل گردد که درزها و ترکها خشک بوده و داخل آنها با هوای فشرده پاک سازی شود. برای نصب نوار نگهدارنده باید چرخ وسط در ابزار نصب تنظیم شود تا عمق مناسب قرارگیری نوار نگهدارنده حاصل شود. عمق تنظیم شده باید کمی بیشتر از عمق موردنظر باشد، زیرا نوار نگهدارنده در هنگام نصب کمی فشرده می شود. انتهای نوار نگهدارنده باید در یک انتهای ترک و سپس در چند نقطه از طول ترک فرو برده شود، به نحوی که کمی شل بوده و کاملاً کشیده نباشد. تا حد امکان باید از کشیدن و پیچاندن نوار نگهدارنده خودداری شود.

نوار نگهدارنده باید با مواد آب بندی سازگار باشد و هیچ چسبندگی یا واکنشی نباید بین آنها بوجود آید. نصب و قراردادن ماده آب بندی باید هرچه سریعتر پس از قرار دادن نوار نگهدارنده انجام شود تا اطمینان حاصل شود که درزها همچنان تمیز و خشک باشند. اگر پس از نصب نوار نگهدارنده مشاهده شود که درز یا ترک آلوده و یا مرطوب شده است، باید نوار نگهدارنده خارج شود و پس از پاک سازی و خشک کردن مجدد، نوار نگهدارنده جدید نصب شود.

مواد درزگیر گرم ریز باید ظرف مدت کمتر از ۷۲ ساعت پس از شیارزنی در داخل ترک تزریق شوند. در هنگام تزریق مواد گرم ریز نباید هیچگونه نشانه ای از رطوبت در سطح روسازی و یا داخل کانال ترک دیده شود. پیش از تزریق ماده درزگیر گرم ریز باید آن را درون دیگ ذوب دستگاه تزریق با سیستم گرمایش غیرمستقیم ذوب نمود. رعایت موارد زیر در هنگام گرمایش ماده درزگیر گرم ریز توصیه می شود:

- دیگ ذوب باید بسته به حجم پروژه و ساعات کاری پر شود تا از حرارت دیدن بیش از حد ماده درزگیری جلوگیری شود.
- ماده درزگیر باید بدون حرارت دادن بیش از حد، دائماً در دمای توصیه شده جهت تزریق یا نزدیک به آن درون مخزن یا دیگ ذوب نگهداری شود.
- مقدار مناسبی از مواد درزگیر گرم همواره باید درون دیگ ذوب نگه داشته شود.
- مواد گرم ریز باید در زمان ذوب و گرم شدن هم زده شده و مخلوط شوند تا دمای آنها بطور موضعی افزایش نیابد. عملیات تزریق باید بلافاصله پس از پاک سازی و خشک کردن ترک انجام گیرد. رعایت موارد زیر برای تزریق ماده درزگیر گرم ریز توصیه می شود:

- ماده درزگیر باید به‌نحوی توسط نازل درون ترک‌ها و درزها ریخته شود که شیار از پایین به بالا پر شود و فضای خالی در زیر ماده باقی نماند.
 - ماده درزگیر به مقدار کافی و مناسب درون شیار ترک یا درز تزریق شود.
 - ماده درزگیر با حرکت پیوسته پخش و تزریق شود و با توجه به شکل‌بندی موردنظر، از پر شدن شیار تا سطح معین اطمینان حاصل گردد.
 - در بخش‌هایی از طول ترک یا درز که سطح ماده درزگیر درون آن پایین رفته و یا مقدار کمی از ماده در عبور قبلی پخش شده باشد، مجدداً ماده درزگیر پخش گردد.
 - زمانی که عملیات تزریق ماده درزگیر متوقف شده باشد، مواد درون نازل به درون مخزن ذوب بازگردانده شود.
- پُر کردن درزها و ترک‌های روسازی‌ها با قیرهای امولسیون نسبتاً ساده است. پیش از پُر کردن ترک‌ها، مواد خارجی درون آنها باید با فشار هوا خارج شوند. قیر امولسیون را می‌توان به روش‌های مختلف درون درز یا ترک ریخت. این قیرها را می‌توان پس از گرم کردن مختصر توسط ماشین قیرپاش بر روی ترک‌ها ریخت و یا توسط سطل (یا پاتیل) مخصوص که در کنار ترک حرکت داده می‌شود، داخل ترک ریخت. ماشین‌های قیرپاش به یک شلنگ و نازل مجهز هستند و با استفاده از نازل نیز می‌توان قیر امولسیون را داخل ترک ریخت.
- اگر عرض ترک‌ها کمتر از ۶ میلیمتر باشد و در سطح روسازی، ترک‌های مویی یا ترک‌های پوست سوسماری با شدت کم دیده شود، قیر امولسیون بر روی سطح محدوده خرابی ریخته شده و با ابزار مناسب به درون ترک‌ها هدایت می‌شود. پس از پُر کردن ترک‌ها با قیر امولسیون باید فرصت کافی داده شود تا قیر امولسیون به پایین ترک‌ها جاری شود و داخل آنها را کاملاً پر کند. در این صورت باید مجدداً داخل ترک‌ها را هم‌سطح با روسازی مجاور پر کرد.
- اگر عرض ترک‌ها در محدوده ۶ تا ۲۵ میلیمتر باشد، قیر امولسیون با استفاده از پاتیل (سطل) مخصوص و یا نازل دستگاه قیرپاش درون ترک‌ها ریخته می‌شود. نازل مورد استفاده برای ریختن قیر امولسیون باید به اندازه‌ای باشد که بدون آغشته کردن روسازی مجاور، قیر را هم‌سطح با روسازی به درون ترک‌ها بریزد. برای پُر کردن ترک‌های به عرض بیش از ۶ میلیمتر در روسازی آسفالتی توصیه می‌شود دوغاب امولسیونی یا امولسیون مخلوط با ماسه درون ترک تزریق شود تا عمق ۳ تا ۶ میلیمتر از سطح روسازی را پر کند. برای این کار باید از قیر امولسیون دیرشکن استفاده شود. پس از گیرش اولیه دوغاب یا مخلوط امولسیونی، عمق باقیمانده ترک‌ها را می‌توان با قیر امولسیون به شکل هم‌سطح با روسازی پر کرد.
- پس از تزریق ماده درزگیر، شکل‌دهی آن باید طبق شکل‌بندی موردنظر انجام گیرد. تزریق و شکل‌دهی ماده درزگیر با استفاده از قطعه دیسک مفصلی که به انتهای نازل تزریق متصل می‌شود، در یک مرحله قابل انجام است. همچنین می‌توان یک اسکوئچی لاستیکی یا فلزی را در کنار نازل تزریق و پشت آن بر روی ترک یا درز حرکت داد و شکل‌بندی مناسب را به صورت دو مرحله‌ای ایجاد نمود.

در عملیات پرکردن ترک با قیر امولسیون، بلافاصله پس از ریختن آن درون ترک‌ها می‌توان با استفاده از یک اسکوئیجی کوچک که ترجیحاً مجهز به لبه لاستیکی باشد، قیر امولسیون را بر روی ترک‌ها پرداخت کرد تا به شکل هم‌سطح با روسازی در آید. هنگام شکل‌دهی قیر امولسیون باید اقدام لازم برای جلوگیری از جاری شدن قیر روی سطح روسازی به عمل آید.

۱۷-۱۰-۶-۴- پوشش ماده درزگیر

به منظور کاهش چسبناکی ماده درزگیر نمایان در سطح روسازی که امکان چسبیدن آن به چرخ وسایل نقلیه عبوری وجود دارد و پیشگیری از به جا گذاشتن رد ترافیک عبوری، باید پس از پخش ماده درزگیر و تا زمان گیرش کامل، سطح درز با مقدار کافی مواد جاذب یا سفت‌کننده پوشش داده شود. پیش از بازگشایی مسیر به روی ترافیک، مواد اضافی باید از سطح راه پاک‌سازی گردد.

برای پوشش مواد درزگیر گرم‌ریز توصیه آن است که از پودر سنگ آهک، پودر تالک یا خاک اره چوب استفاده شود. این مواد باید بلافاصله پس از تزریق و شکل‌دهی درزگیر بر روی آن پخش شوند تا به خوبی به مواد درزگیر بچسبند و به عنوان یک پوشش موقتی عمل کنند. باید دقت شود که مواد پودری بیش از حد پخش نشود. برای پخش پودر سنگ یا ماسه ریزدانه بر روی ماده درزگیر باید دقت شود که گیرش سطح آن به اندازه‌ای صورت گرفته باشد که مواد پوششی به داخل ماده درزگیر نفوذ نکند.

پس از ریختن قیرهای امولسیون به عنوان ماده پرکننده ترک، تا زمان عمل‌آمدن کامل باید از آن محافظت شود. عموماً از ماسه خشک و تمیز با حداکثر اندازه ۳ میلیمتر به عنوان پوشش قیرهای امولسیون استفاده می‌شود. لایه نازکی از ماسه باید پخش شود و ماده پرکننده به‌طور کامل با آن پوشش داده شود.

۱۷-۱۰-۷- اندازه‌گیری و پرداخت

درزگیری روسازی‌های آسفالتی و بتنی با مواد و مصالح آب‌بندی و پرکننده در واحد متر طول درزگیری‌شده برای درزها و ترک‌های روسازی اندازه‌گیری می‌شود که شامل مواد و مصالح درزگیری، برشکاری، پاک‌سازی درز یا ترک، عملیات سند بلاست و تزریق یا ریختن مواد درزگیر درون ترک‌ها است و به ازای هر واحد از عملیات درزگیری که مطابق مشخصات بوده است، پرداخت به مبلغ قیمت واحد قرارداد انجام می‌شود. نوار نگهدارنده نیز متناظر با طول درزگیری روسازی بطور جداگانه در نظر گرفته می‌شود و به ازای هر متر از طول ترک درزگیری‌شده با استفاده از نوار نگهدارنده، پرداخت به مبلغ قیمت واحد قرارداد انجام می‌شود.

ابزار کنترل ترافیک و روش‌های اجرایی مربوطه نیز بر اساس مفاد قرارداد پرداخت می‌شود.

۱۷-۱۱- آسفالت سرد بسته‌بندی شده

۱۷-۱۱-۱- تعریف و محدوده کاربرد

لکه‌گیری، وصله‌کاری و پر کردن چاله‌ها و خرابی‌های موضعی روسازی‌ها یکی از عملیات مهم نگهداری اضطراری برای سازمان‌های راهداری و شهرداری‌ها است، چرا که این عملیات زمان‌بر بوده و هزینه‌ی زیادی را به سازمان‌ها و ادارات تحمیل می‌کند. با توجه به اضمحلال سریعتر روسازی در فصل زمستان، عملیات وصله‌کاری چاله‌ها در مناطق با زمستان‌های سرد و مرطوب اهمیت بیشتری دارد. همچنین چاله‌ها و خرابی‌های موضعی روسازی‌ها باید هرچه سریعتر ترمیم شوند تا پیشرفت خرابی‌ها کندتر شده و احتمال آسیب وسایل نقلیه و بروز تصادفات کاهش یابد. آسفالت سرد بسته‌بندی یک نوع مخلوط آسفالتی است که در دماهای پایین‌تر نسبت به آسفالت داغ و یا در دمای محیط با استفاده از مواد قیری با کندروانی کم تولید شده و به منظور لکه‌گیری خرابی‌های موضعی روسازی‌ها و وصله‌کاری چاله‌ها، در دمای محیط مصرف می‌شود. آسفالت سرد بسته‌بندی باید شامل افزودنی‌هایی باشد که کارپذیری مناسب در مدت معین تا قبل از استفاده و چسبندگی و دوام مناسب بعد از اجرا را تأمین نماید. با توجه به اینکه غالباً در دماهای پایین فصول سرد سال و شرایط مرطوب یا بارندگی، لکه‌گیری خرابی‌های روسازی (پر کردن چاله‌ها) با استفاده از آسفالت داغ با چالش همراه بوده و گاهی ناممکن است، آسفالت سرد بسته‌بندی راهکار مناسبی به این منظور است.

با توجه به نوع مواد و افزودنی‌های قابل مصرف و روش تولید، برخی از انواع آسفالت‌های سرد بسته‌بندی قابلیت اجرا و مصرف در شرایط خیس را دارند که استفاده از آن‌ها برای فصول سرد و نواحی مستعد بارش ارجحیت دارد.

عملکرد متنوعی از آسفالت سرد بسته‌بندی انتظار می‌رود که شامل پیوستگی، کارپذیری، استحکام کافی بعد از گیرش، دوام در برابر آب و مقاومت در برابر عریان‌شدگی می‌شوند. آسفالت سرد بسته‌بندی باید در دماهای اجرا، به خصوص در دماهای پایین فصل زمستان، از چسبندگی کافی و پیوستگی مناسب برخوردار باشد تا پس از قرارگیری در محل چاله و خرابی، در اثر عبور چرخ وسایل نقلیه متلاشی نشده و از محل خرابی خارج نشود؛ بلکه با عبور ترافیک بر روی آن به مرور به تراکم کافی برسد. آسفالت سرد بسته‌بندی پس از قرارگیری درون چاله و گیرش کامل، باید استحکام کافی داشته باشد تا عبور چرخ وسایل نقلیه از روی آن باعث موج‌زدگی سطح ترمیم‌شده و بیرون زدن مواد از کناره‌ی چاله نگردد. همچنین باید از کارپذیری مناسب در دماهای پایین برخوردار باشد تا امکان ریختن در محل خرابی و تراکم اولیه برای آن وجود داشته باشد. این نوع آسفالت باید درون چاله‌های خیس و محل‌های مرطوب به دیواره‌ها و کف خرابی موجود چسبیده و دچار عریان‌شدگی نشود. همچنین باید در برابر چرخه‌های ذوب و یخبندان مقاوم بوده و در اثر خرابی رطوبتی مضمحل نشود.

آسفالت سرد بسته‌بندی شده اصولاً به منظور نگهداری اضطراری راه‌ها و پر کردن چاله‌ها در زمانی که امکان اصلاح خرابی به صورت اساسی وجود ندارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. به همین جهت طول عمر آسفالت سرد بسته‌بندی پس

از اجرا، باید به اندازه‌ی رسیدن شرایط مناسب جهت اصلاح اساسی روسازی مضمحل شده باشد.

۱۷-۱۱-۲- مواد و مصالح

آسفالت سرد بسته‌بندی از مصالح سنگی، ماده‌ی قیری و افزودنی‌های مختلف تشکیل شده است. مصالح سنگی باید مشخصات عمومی تولید آسفالت را داشته باشد. ماده‌ی قیری نیز می‌تواند از انواع قیر خالص اصلاح شده و یا قیر امولسیون دارای افزودنی‌های خاص تشکیل شده باشد. تولید کننده‌ی آسفالت سرد کیسه‌ای باید از انواع افزودنی شیمیایی و پلیمری اصلاح‌کننده قیر و آسفالت جهت کاهش کندروانی ماده‌ی قیری، افزایش کارپذیری، بهبود چسبندگی و کاهش حساسیت رطوبتی استفاده کند. استفاده از قیر محلول، به دلیل مخاطرات زیست محیطی، ایمنی، اقتصادی و دوام پایین آن در بلندمدت مجاز نیست. در مجموع انتخاب نوع و جنس مصالح سنگی، ماده‌ی قیری و افزودنی‌های مورد نیاز بر عهده‌ی تولید کننده‌ی آسفالت سرد کیسه‌ای است، به‌طوری که کارپذیری این محصول در زمان انبار کردن حفظ شده و چسبندگی و استحکام آن پس از اجرا و دوام آن در برابر خرابی‌های رطوبتی تضمین گردد.

۱۷-۱۱-۳- طراحی

آسفالت سرد بسته‌بندی باید به منظور دوام در برابر تغییرشکل‌های ماندگار و موج‌زدگی از استحکام کافی برخوردار باشد. به این منظور باید از مصالح سنگی با مقدار ریزدانه بیشتر و مقدار قیر کمتری استفاده شود. لیکن کاهش مقدار قیر مصرفی و افزایش مقدار ریزدانه‌ها منجر به کاهش کارپذیری آسفالت سرد بسته‌بندی در زمان اجرا خواهد شد. از این رو انتخاب دانه‌بندی مناسب برای مصالح سنگی و درصد قیر بهینه که بتواند همه انتظارات را برآورد سازد، اهمیت قابل توجهی دارد و بر عهده‌ی تولید کننده‌ی آسفالت سرد کیسه‌ای است.

۱۷-۱۱-۴- روش اجرا

آسفالت سرد بسته‌بندی به صورت سرد مصرف می‌گردد. برای مصرف آسفالت سرد بسته‌بندی، پس از پاکسازی محل خرابی و درون چاله‌ها و برداشتن تکه‌های سست روسازی، این آسفالت در لایه‌های معمولاً به ضخامت کمتر از ۷ سانتی‌متر در محل خرابی ریخته شده و پس از هموار کردن آن، با استفاده از کوبه صفحه‌ای، غلتک‌های صفحه‌ای لرزان و یا عبور چرخ وسایل نقلیه متراکم می‌شود. حداکثر سطح قابل اجرا برای آسفالت سرد کیسه‌ای، معادل چاله‌ای به قطر یک مترمربع است. استفاده از آسفالت سرد بسته‌بندی برای لکه‌گیری گسترده مناسب نیست، ولی می‌توان از آن برای پر کردن اطراف دریچه‌ی آدم‌روها، تاسیسات، نوارهای حفاری کم عرض و غیره استفاده کرد.

برخی از انواع آسفالت سرد کیسه‌ای، نیازمند خشک کردن سطح جاده و قیرپاشی قبل از اجرا هستند. بسته به دما و شرایط محیطی و ترافیکی، عمل‌آمدن و گیرش نهایی آسفالت سرد بسته‌بندی ممکن است تا چند روز به طول انجامد، ولی باید بلافاصله پس از اجرای آن قابلیت عبور ترافیک را داشته باشد.

چاله‌ی لکه‌گیری شده باید دارای تاجی حدود یک سانتی‌متر باشد که پس از عبور ترافیک و رسیدن به تراکم نهایی،

هم سطح کناره‌ی آن گردد.

ممکن است به دلیل فشردگی ناشی از قرارگیری کیسه‌ها بر روی هم، آسفالت سرد داخل بسته‌بندی حالت کلوخه و متراکم داشته باشد. از این رو نیاز است که هنگام خارج کردن آن از بسته‌بندی، کلوخه‌ها را توسط فشار پا یا بیل دستی از هم باز کرد.

بطور کلی، تولید کننده‌ی آسفالت سرد بسته‌بندی باید جزئیات کامل روش مصرف و اجرا را در اختیار مصرف‌کننده قرار دهد.

۱۷-۱۱-۵- بسته‌بندی، انبار کردن و تاریخ مصرف

آسفالت سرد بسته‌بندی را می‌توان در کیسه‌های پلاستیکی یا سطل‌های ۱۵ تا ۳۰ کیلوگرمی (بسته به درخواست مصرف‌کننده) تحویل داد. در صورت استفاده از کیسه‌ی پلاستیکی، باید ضخامت کافی جهت جلوگیری از انتقال هوا و اشعه فرابنفش داشته باشد. انبار کردن آسفالت سرد بسته‌بندی باید در محیط سرپوشیده و دارای دیوار صورت پذیرد. سرد شدن بیش از حد آسفالت سرد بسته‌بندی باعث سفت شدن آن می‌شود. در این صورت، قبل از اجرا باید آن را در محیطی گرم قرار داد. در صورت استفاده از بسته‌بندی کیسه‌ی پلاستیکی، نباید بیش از ۵ کیسه بر روی هم قرار داده شود تا محتویات داخل کیسه‌های پایینی تحت فشار متراکم نگردند. حداقل تاریخ مصرف آسفالت سرد کیسه‌ای در شرایط انبار کردن مناسب باید ۶ ماه از زمان تولید باشد و این تاریخ باید بر روی تمامی بسته‌ها درج شود. انبار کردن آسفالت سرد بسته‌بندی داخل کیسه باید بر روی پالت‌های چوبی باشد تا قرارگیری کیسه‌ها از سطح زمین با فاصله باشد.

۱۷-۱۱-۶- کنترل کیفیت

۱۷-۱۱-۶-۱- درصد قیر و دانه‌بندی

دانه‌بندی و درصد قیر و رواداری‌های مربوطه باید توسط تولید کننده به مصرف‌کننده اعلام گردد. مقدار قیر آسفالت سرد بسته‌بندی را می‌توان با انجام آزمایش تجزیه مخلوط‌های آسفالتی با حلال به روش‌های استاندارد ASTM D2172 یا AASHTO T164 تعیین کرد. همچنین دانه‌بندی مصالح سنگی حاصل از تجزیه‌ی آسفالت سرد بسته‌بندی با انجام آزمایش طبق استاندارد ASTM D5444 یا AASHTO T30 تعیین می‌شود. پیش از انجام آزمایش تجزیه، آسفالت سرد بسته‌بندی باید درون گرم‌خانه تا رسیدن به وزن ثابت گرمادهی شود.

۱۷-۱۱-۶-۲- تعیین پوشش باقیمانده مواد قیری به روش آب‌جوشان

آزمایش تعیین پوشش باقیمانده مواد قیری به روش آب‌جوشان برای ارزیابی دوام در برابر آب و جریان‌شدگی آسفالت سرد بسته‌بندی استفاده می‌شود. انجام این آزمایش بر روی آسفالت سرد بسته‌بندی به روش استاندارد ASTM D3625 پس از عمل‌آوری گرمایی توصیه می‌شود. روش عمل‌آوری گرمایی در آزمایشگاه باید توسط تولید کننده‌ی آسفالت سرد

بسته‌بندی اعلام شود. حداقل مقدار پوشش قیری باقیمانده در آزمایش آب جوشان برابر با ۸۰ درصد است و استفاده از مواد افزودنی افزایش‌دهنده چسبندگی قیر به مصالح سنگی برای مخلوط‌های با عملکرد ضعیف الزامی است.

۱۷-۱۱-۶-۳- آزمایش پیوستگی و انسجام مخلوط در سرما

پیوستگی آسفالت سرد بسته‌بندی در سرما^۱ برای عملکرد مناسب این نوع آسفالت لکه‌گیری در دماهای پایین فصل‌های سرد اهمیت قابل‌توجه دارد. آزمایش پیوستگی در سرما به روش الک غلتان در دستورالعمل MTO LS-290 معرفی شده است. در این آزمایش، نمونه متراکم آسفالت سرد به روش مارشال در دمای پایین (انتخاب دما با توجه به شرایط دمایی محل مصرف است) ساخته شده و پس از قرارگیری نمونه درون الک ۱۹ میلی‌متر، مقدار افت وزنی ناشی از سایش در اثر غلتیدن الک و حرکت نمونه درون الک تعیین می‌شود. شاخص پیوستگی در سرما، نسبت وزن نمونه پس از سایش به وزن اولیه آن است و حداقل مقدار آن برابر ۶۰ درصد مشخص شده است.

• خلاصه روش آزمایش

- آسفالت سرد غیرمتراکم به مقدار حدود ۱۰۰۰ گرم درون سینی فلزی پخش شده و به مدت حداقل ۱۲ ساعت درون فریزر (در دمای انتخابی با توجه به شرایط محیطی) درجه سانتیگراد قرار داده می‌شود.
- قالب مارشال و چکش مارشال نیز به مدت حداقل ۲ ساعت درون فریزر قرار داده می‌شود.
- ابزار تراکم و قالب به همراه مخلوط از فریزر خارج شده و بلافاصله یک نمونه ۴ اینچی به ارتفاع حدود ۶۳ میلی‌متر با اعمال ۵ ضربه چکش تراکم مارشال به هر طرف نمونه ساخته می‌شود.
- یک الک گرد با قاب ۳۰ سانتی‌متری و اندازه الک ۱۹ میلی‌متر به همراه درپوش آن به حالت قائم درون یک سینی فلزی به طول ۵۵ و عرض ۴۵ سانتی‌متر قرار داده می‌شود.
- نمونه متراکم ساخته‌شده به روش فوق بلافاصله از قالب خارج شده و به نحوی که دو وجه موازی آن به موازات توری الک باشد، درون الک و در پایین‌ترین نقطه قرار داده شده و درپوش الک بر روی آن گذاشته می‌شود.
- الک به یک انتهای سینی آورده شده و در مدت ۲۰ ثانیه به تعداد ۲۰ سیکل با حرکت غلتشی به سمت جلو و عقب جابجا می‌شود.
- الک از سینی برداشته شده و به صورت افقی نگه‌داشته می‌شود تا با حرکت ملایم، خرده‌های جدا شده از نمونه به داخل سینی ریخته می‌شود. سپس قسمت‌های مانده و جدا شده از نمونه وزن شده و مقدار شاخص پیوستگی با استفاده از رابطه ۱۶-۱۷ محاسبه می‌شود. میانگین نتیجه آزمایش بر روی سه نمونه به عنوان نتیجه آزمایش پیوستگی گزارش می‌گردد.

$$C.I. = \frac{R}{R+P} \times 100$$

رابطه (۱۶-۱۷)

^۱ Cold mix cohesion

در این رابطه:

C.I. : شاخص پیوستگی (درصد)

R : وزن نمونه مانده روی الک ۱۹ میلی‌متر (گرم)

P : وزن نمونه عبوری از الک ۱۹ میلی‌متر (گرم)

۱۷-۱۱-۶-۴- کارپذیری

کارپذیری^۱ آسفالت سرد بسته‌بندی در سرما با انجام آزمایش به روش استاندارد ASTM D6704 تعیین می‌شود. در این استاندارد و به منظور کارپذیری مناسب آسفالت سرد بسته‌بندی در محدوده‌های دمایی مختلف، مقدار حداکثر شاخص کارپذیری توصیه شده است. برای انجام آزمایش، آسفالت سرد بسته‌بندی در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد درون قالب مکعبی ریخته شده و متراکم می‌گردد. نمونه متراکم پس از نگهداری در دمای پایین آزمایش (انتخاب دما با توجه به شرایط دمایی محل مصرف است)، در دستگاه بارگذاری مارشال قرار داده شده و حداکثر نیروی وارده بر آن برای نفوذ یک تیغه استاندارد به عنوان شاخص کارپذیری اندازه‌گیری می‌شود. با توجه به شرایط دمایی کشور، حداکثر نیروی ۲۰۰۰ نیوتن به عنوان معیار کارپذیری توصیه می‌شود.

۱۷-۱۱-۷- اندازه‌گیری و پرداخت

میزان آسفالت سرد بسته‌بندی بر اساس مجموع وزن مواد تحویل گرفته شده‌ی کارفرما از تولید کننده (بر اساس اوزان باسکول) اندازه‌گیری شده و مطابق آن بر مبنای قیمت واحد پرداخت می‌گردد.

¹ Workability