



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۶۰۲۶

چاپ اول

فروردین ۱۳۹۲

INSO

16026

1st.Edition

Apr.2013

بازیافت آسفالت گرم - آیین کار

Hot Mix Asphalt Recycling – Code of
Practice

ICS: 93.080

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
«بازیافت آسفالت گرم - آیین کار»

رئیس:

عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

شرقی، عبدالعلی
(دکتر مهندسی عمران)

دبیر:

کارشناس اداره کل نظارت بر اجرای
استانداردهای صنایع غیرفلزی

عباسی رزگله، محمد حسین
(کارشناس مهندسی مواد - سرامیک)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

مدیرعامل شرکت مهندسی مشاور تژه

حاج جعفری، بهرام
(کارشناس مهندسی عمران)

کارشناس شرکت تعالی نگر پیشرو

حسن زاده، زینت
(کارشناس زمین شناسی)

سرپرست گروه پژوهشی ساختمانی و معدنی

سامانیان، حمید
(کارشناس ارشد مهندسی مواد - سرامیک)

مدرس مرکز آموزش انقلاب اسلامی

عباسی، محمدرضا
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

کارشناس دفتر امور تدوین استاندارد

فلاح، عباس
(کارشناس ارشد زمین شناسی)

کارشناس سازمان ملی استاندارد ایران

کشاوری، محمد
(کارشناس ارشد شیمی فیزیک)

مسئول آزمایشگاه انجمن صنفی
تولیدکنندگان شن و ماسه

گنجی، مجتبی
(کارشناس ارشد مهندسی معدن)

کارشناس سازمان ملی استاندارد ایران

مجتبیوی، سیدعلیرضا
(کارشناس مهندسی مواد - سرامیک)

کارشناس اداره کل استاندارد استان
کردستان و عضو سازمان نظام مهندسی

کارشناس گروه پژوهشی ساختمانی و معدنی

مردوخی، شاهو
(کارشناس مهندسی عمران)

مرشدی، عبدالرضا
(کارشناس شیمی محض)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	پیش‌گفتار
ح	مقدمه
۱	هدف و دامنه کاربرد
۱	مراجع الزامی
۳	اصطلاحات و تعاریف
۵	کلیات
۵	اهمیت و کاربرد
۵	امتیازات بازیافت گرم
۶	انواع بازیافت گرم
۷	۵ ارزیابی کیفیت مصالح بازیافت
۷	۱-۵ کلیات
۷	۲-۵ بررسی وضعیت روسازی
۷	۳-۵ نمونه‌برداری
۸	۴-۵ آزمون مصالح خرده آسفالت
۹	۵-۵ قیر خالص جدید
۹	۶-۵ جوان‌کننده‌ها
۱۰	۷-۵ مصالح سنگی RAM
۱۰	۸-۵ مخلوط مصالح RAP و مصالح سنگی جدید
۱۰	۹-۵ آزمون‌های مصالح و آسفالت جدید
۱۱	۶ طرح اختلاط بازیافت گرم
۱۱	۱-۶ کلیات
۱۱	۲-۶ مراحل طرح اختلاط
۱۱	۳-۶ تهیه طرح اختلاط
۱۹	۴-۶ انتخاب نوع قیر
۲۴	۵-۶ انتخاب نهایی فرمول کارگاهی
۲۴	۷ طرح ضخامت روسازی
۲۵	۸ بازیافت گرم کارخانه‌ای
۲۵	۱-۸ کلیات
۲۶	۲-۸ مصالح خرده آسفالت (RAP)
۲۶	۳-۸ مصالح سنگی (RAM)

۲۶	۴-۸ کاهش ابعاد مصالح
۲۶	۸-۱۵ نبار کردن مصالح
۲۷	۸-۶ روش‌های تولید کارخانه‌ای
۳۵	۸-۷ ظرفیت تولید آسفالت گرم
۳۵	۸-۸ ذخیره کردن مخلوط گرم بازیافتی
۳۵	۸-۹ پخش و تراکم
۳۵	۸-۱۰ مالکیت مصالح بازیافت
۳۶	۸-۱۱ آزمون‌های کنترل کیفیت
۳۶	۹ بازیافت گرم درجا
۳۶	۹-۱ کلیات
۳۶	۹-۲ انواع بازیافت گرم درجا
۳۸	۹-۳ راهنمای عملیات بازیافت گرم درجا
۴۲	۹-۴ تجهیزات و ماشین‌آلات بازیافت گرم درجا
۴۴	۹-۵ اجرای عملیات
۴۸	۱۰ مشخصات و آزمون‌های کنترل بازیافت گرم
۴۸	۱۰-۱ کلیات
۴۸	۱۰-۲ مواد قیری و جوان‌ساز
۴۸	۱۰-۳ مصالح سنگی
۴۸	۱۰-۴ مخلوط آسفالتی
۴۸	۱۰-۵ سایر آزمون‌ها

پیش‌گفتار

استاندارد «بازیافت آسفالت گرم- آیین کار» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در سیصد و هفتاد و نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان، مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۱/۹/۱۳ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارایه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:
نشریه شماره ۳۴۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری: مشخصات فنی اجرایی بازیافت آسفالت گرم، سال ۱۳۸۵

مقدمه

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با همکاری کارشناسان با تجربه وزارت راه و شهرسازی و استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه نشریه شماره ۳۴۱ تحت عنوان مشخصات فنی اجرایی بازیافت آسفالت گرم، نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. در تهیه نشریه مذکور موسسه قیر و آسفالت عهده‌دار این مهم گردیده و با تشکیل کمیته-ای از متخصصین با تجربه کشور آن را تدوین نمودند. تهیه نشریه ۳۴۱ توسط کارشناسان زیر انجام شده است:

آقای مهندس اسماعیل اسماعیل پور	آقای مهندس شهرام سندیانی
آقای مهندس علی محمد اسماعیلی	آقای مهندس احمد شمس‌الکتابی
آقای مهندس منوچهر احتشامی	آقای مهندس میرمحمد ظفری
خانم مهندس بهناز پورسید	آقای دکتر محمود عامری
آقای مهندس علی تبار	آقای مهندس طاهر فتح‌اللهی
آقای مهندس محمد توسلی	آقای مهندس اصغر نادری
آقای مهندس حسین حاجی غفوری	آقای مهندس سیدجواد میرمحمدصادقی
آقای مهندس علیرضا خاوندی	

با توجه به تغییرات ساختاری بوجود آمده در موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و ارتقای جایگاه موسسه به سازمان ملی استاندارد ایران، حوزه استانداردسازی گسترش یافته است، در همین راستا و به منظور فراگیر نمودن حوزه کاربری نشریات و دستورالعمل‌هایی که توسط سایر سازمان‌ها انتشار یافته‌اند پذیرش آن‌ها به عنوان استاندارد ملی در دستور کار سازمان ملی استاندارد ایران قرار گرفته است. نظر به این که استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که براساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی مربوط که توسط موسسه (سازمان ملی استاندارد ایران) تشکیل می‌گردد به تصویب رسیده باشد و با همین رویکرد، این استاندارد براساس نشریه شماره ۳۴۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور تهیه شده است.

بازیافت آسفالت گرم - آیین کار

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارایه آیین کار برای بازیافت آسفالت گرم^۱ است. این استاندارد شامل عملیاتی است که طی آن آسفالت برداشت شده از روسازی موجود با یا بدون مصالح غیرآسفالتی، به شرح ضخامت تعیین شده در نقشه‌های اجرایی و مطابق دستورات دستگاه نظارت، بعد از شکستن و خرد شدن و دانه‌بندی، و اختلاط با مواد قیری و یا ترکیبات جوان‌کننده^۲ با یا بدون مصالح سنگی جدید و یا آسفالت گرم جدید^۳، در یک کارخانه مرکزی آسفالت^۴ و یا در محل^۵ به طریق گرم و مطابق مشخصات آسفالت گرم و بتن آسفالتی، تولید و در سطح راه پخش و کوبیده می‌شود. کلیه مصالح مصرفی در این عملیات و روش‌های طرح، ساخت و اجراء و کیفیت مخلوط آسفالت نهایی تهیه شده باید با مشخصات این استاندارد و معیارهای فصول مربوطه در مرجع بند ۲-۱۹ و بند ۲-۲۰ مطابقت داشته باشد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها موردنظر است. استفاده از مراجع الزامی زیر برای این استاندارد الزامی است:

- ۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۸۸: آسفالت - نمونه‌گیری از آسفالت جاده - آیین کار
- ۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۶۷: شیوه آزمون و نمونه‌برداری از سنگدانه
- ۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۴۸: روش آزمون برای تعیین سایش مصالح سنگی درشت دانه با استفاده از ماشین لوس آنجلس
- ۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۵۱: روش آزمون تعیین نقطه نرمی مواد قیری
- ۵-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۸۵۱: قیر و مواد قیری - تعیین گرانیروی قیرها بوسیله ویسکومتر لوله موئین خلا - روش آزمون
- ۶-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۸۵۵: قیر و مواد قیری - تعیین گرانیروی سینماتیک قیرها - روش آزمون
- ۷-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۵۵: روش آزمون قابلیت کشش مواد قیری

1 -Hot Mix Asphalt Recycling

2 -Recycling Agent,RA

3 -New or Virgin Aggregate and / or New Hot Mix

4 -Asphalt Plant

5 -Hot in-Place Recycling

- ۲-۸ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۸۹۸: قیر و مواد قیری-اثر گرما و هوا روی لایه نازک متحرکی از قیر
آزمون گرم خانه لایه نازک متحرک (RTFOT)- روش آزمون
- ۲-۹ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۷۷: روش آزمون دانه‌بندی سنگدانه‌های ریز و درشت توسط الک
- ۲-۱۰ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۰: سنگدانه- تعیین چگالی، چگالی نسبی (وزن مخصوص) و جذب آب
سنگدانه ریز-روش آزمون
- ۲-۱۱ استاندارد ملی ایران شماره ۴۴۹: سنگدانه- سلامت سنگدانه با استفاده از محلول سولفات سدیم یا
منیزیم- روش آزمون
- ۲-۱۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۳: روش تعیین رطوبت کل سنگدانه‌ها
- ۲-۱۳ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۷۸: روش آزمون کلوخه‌های رسی و ذرات خرد شونده در سنگدانه
- ۲-۱۴ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۴: آزمون ذرات سبک در سنگدانه
- ۲-۱۵ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۶۹: سنگدانه -اندازه‌گیری دانه‌های پولکی، دانه‌های طویل یا دانه‌های
پولکی و طویل در سنگدانه
- ۲-۱۶ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۵۶۸: سنگدانه -تعیین درصد شکستگی سنگدانه‌های درشت -روش
آزمون
- ۲-۱۷ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۶۵۱: قیر و مواد قیری - تعیین حداکثر وزن مخصوص و چگالی نظری
مخلوط‌های آسفالتی متراکم نشده - روش آزمون
- ۲-۱۸ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۰۵: قیر و مواد قیری- مشخصات قیرهای راه‌سازی
- ۲-۱۹ نشریه شماره ۱۰۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، مشخصات فنی عمومی راه
- ۲-۲۰ نشریه شماره ۲۳۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، آئین‌نامه روسازی راه
- 2-21 ASTM D140, Standard Practice for Sampling Bituminous Materials
- 2-22 ASTM D5444, Standard Test Method for Mechanical Size Analysis of Extracted Aggregate
- 2-23 BS 812-105.2, Testing aggregates. Methods for determination of particle shape Elongation index of coarse aggregate
- 2-24 ASTM D2172, Standard Test Methods for Quantitative Extraction of Bitumen From Bituminous Paving Mixtures
- 2-25 ASTM D6307, Standard Test Method for Asphalt Content of Hot Mix Asphalt by Ignition Method
- 2-26 ASTM D1856, Standard Test Method for Recovery of Asphalt From Solution by Absorption Method
- 2-27 ASTM D5404, Standard Practice for Recovery of Asphalt from Solution Using the Rotary Evaporator
- 2-28 ASTM D5, Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials
- 2-29 ASTM D4124, Standard Test Method for Separation of Asphalt into Four Fractions
- 2-30 ASTM D946 : 2005, Standard Specification for Penetration-Graded - Asphalt Cement for Use in Pavement Construction
- 2-31 ASTM D3381, Standard Specification for Viscosity-Graded Asphalt Cement for Use in Pavement Construction
- 2-32 ASTM D4552, Standard Practice for Classifying Hot Mix Recycling Agents
- 2-33 ASTM D5505, Standard Practice for Classifying Emulsified Recycling Agents

- 2-34 ASTM D88, Standard Test Method for Saybolt Viscosity
- 2-35 ASTM D1559, Test Method for Resistance of Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus
- 2-36 ASTM D5881, Standard Test Method for (Analytical Procedure) Determining Transmissivity of Confined Nonleaky Aquifers by Critically Damped Well Response to Instantaneous Change in Head (Slug)
- 2-37 ASTM D4123, Standard Test Method for Indirect Tension Test for Resilient Modulus of Bituminous Mixtures
- 2-38 ASTM D4694, Standard Test Method for Deflections with a Falling Weight Type Impulse Load Device
- 2-39 ASTM D4887, Standard Practice for Preparation of Viscosity Blends for Hot Recycled Bituminous Materials
- 2-40 ASTM D6373, Standard Specification for Performance Graded Asphalt Binder
- 2-41 AASHTO T110, Standard Method of Test for Moisture or Volatile Distillates in Hot Mix Asphalt (HMA), Single User Digital Publication
- 2-42 AASHTO T182, Standard Method of Test for Coating and Stripping of Bitumen-Aggregate Mixtures
- 2-43 AASHTO T283, Standard Method of Test for Resistance of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA) to Moisture-Induced Damage, Single User Digital Publication
- 2-44 ASTM D5148, Standard Test Method for Centrifuge Kerosine Equivalent

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

بازیافت

استفاده مجدد از مصالح روسازی موجود برای تهیه آسفالت جدید و بهسازی روسازی کهنه و قدیمی.

۲-۳

بازیافت کارخانه‌ای

مصالح بازیابی شده از روسازی موجود، به کارخانه آسفالت مرکزی حمل و در صورت لزوم با مصالح سنگی جدید و مواد قیری جدید مخلوط شده و به آسفالت گرم تبدیل می‌شود. این آسفالت دوباره به محل مصرف حمل و پس از پخش در سطح راه متراکم می‌گردد.

۳-۳

بازیافت درجا

در این روش کلیه عملیات بازیابی گرم به صورت درجا (در محل مصرف) انجام و در سطح راه پخش و متراکم می‌شود.

۴-۳

آسفالت بازیافتی (RAP)^۱

مصالح به دست آمده از آسفالت موجود که شامل قیر و مصالح سنگی است و با روش‌های گوناگون، یا بدون حرارت دادن سطح روسازی، برداشت می‌شود.

۵-۳

مصالح سنگی بازیافتی (RAM)^۲

شامل مصالح سنگی به دست آمده از روسازی موجود است که فاقد قیر غیر قابل استفاده می‌باشد.

۶-۳

قیر جدا شده^۳

شامل قیری است که از مصالح RAP یا خرده آسفالت حاصل از بازیافت به دست می‌آید.

۷-۳

مصالح سنگی جدا شده^۴

شامل مصالح سنگی به دست آمده از مصالح RAP می‌باشد که بعد از جداسازی قیر حاصل می‌شود.

۸-۳

مصالح سنگی جدید

شامل مصالح سنگی جدید با دانه‌بندی و کیفیت معین و منطبق با مشخصات است که برای اختلاط با آسفالت گرم مورد بازیافت و به نسبت تعیین شده در طرح اختلاط مصرف می‌شود.

۹-۳

ماده جوان‌کننده قیر^۵

ماده جوان‌کننده و یا احیا کننده با مشخصات معین که به منظور اصلاح خصوصیات قیر سخت شده موجود در مصالح بازیافت مصرف می‌شود.

۱۰-۳

مخلوط آسفالت گرم بازیافتی^۶

مخلوط آسفالت گرم نهایی از عملیات بازیافت که از اختلاط مصالح روسازی قدیمی و مصالح سنگی جدید و یا آسفالت گرم جدید و در صورت لزوم قیر جدید و یا ماده جوان‌کننده تهیه می‌شود. این مخلوط برای استفاده در هر یک از لایه‌های روسازی باید مشخصات تعیین شده برای لایه مورد نظر را داشته باشد.

1 -Reclaimed Asphalt Pavement.RAP

2 -Reclaimed Aggregate Material.RAM

3 -Extracted Asphalt From a RAP Sample

4 -Extracted Asphalte From a RAP Sample

5 -Rajuvenator

6 -The Finished Hot Asphalt Recycled Mixture

۴ کلیات

۴-۱ اهمیت و کاربرد

به طور کلی بازیافت روسازی‌های آسفالتی با استفاده از روش‌های مختلف، از جمله روش بازیافت گرم کارخانه ای یا درجا، یکی از گزینه‌هایی است که معمولاً برای ترمیم، بهسازی و یا بازسازی به کار می‌رود. این گزینه‌ها عبارتند از:

- بازیافت گرم؛
- بازیافت سطحی؛
- بازیافت سرد؛
- بازسازی با مصالح کاملاً جدید سنگی و مواد قیری؛
- مرمت و اجرای روکش‌های تقویتی ضخیم؛
- مرمت و اجرای روکش‌های تقویتی با ضخامت کم
- مرمت بدون روکش و یا روکش با ضخامت حداکثر ۲۵ میلی‌متر؛
- مرمت با روکش آسفالت سطحی؛
- مرمت معمولی به عنوان نگهداری دوره‌ای؛
- سایر روش‌ها.

بدیهی است که قبل از انتخاب بازیافت گرم جهت بهسازی برای هر پروژه، کلیه گزینه‌های فوق باید از نظر ملاحظات فنی و اقتصادی مورد ارزیابی قرار گیرد.

۴-۲ امتیازات بازیافت گرم

حفظ منابع طبیعی ناشی از مصرف بخش عمده‌ای از مصالح سنگی و مواد قیری روسازی قدیمی در بازیافت گرم کارخانه‌ای و یا کلیه این مصالح در بازیافت گرم درجا از مهم‌ترین امتیاز این فرآیند محسوب می‌شود که سایر امتیازات زیر را نیز باید به آن افزود:

- افزایش مقاومت روسازی بدون تغییر و یا تغییر جزئی در ضخامت روسازی؛
- اصلاح آسیب‌دیدگی سطحی شامل قیر زدگی، پدیده جدا شدن سنگدانه‌ها از رویه آسفالتی، شیار افتادگی، ناهمواری‌ها و تغییر شکل‌ها؛
- افزایش تاب لغزشی؛
- اصلاح خواص فیزیکی و شیمیایی قیر سخت‌شده موجود روسازی با جوان‌سازها و انطباق آن با مشخصات قیر خالص و در نتیجه افزایش دوام رویه آسفالتی و بهبود تاب خستگی آن؛
- ثابت نگه داشتن رقوم سطح راه و یا تغییر جزئی این رقوم و در نتیجه سازگاری با شرایط هندسی راه؛
- کاهش آلودگی زیست محیطی؛
- کاهش تولید ضایعات و مواد زاید و عدم نیاز به محل تخلیه برای این مواد؛
- صرفه‌جویی در هزینه و انرژی و افزایش سرعت اجرای عملیات.

در مقابل امتیازات فوق باید آلودگی زیست محیطی بازیافت گرم کارخانه‌ای ناشی از مصرف مصالح بازیابی شده و گرم کردن و تبدیل آن به آسفالت گرم و نیز اختلال جزئی در جریان ترافیک عمومی را از کارخانه به محل مصرف و بالعکس یادآور شد.

۴-۳ انواع بازیافت گرم

عملیات بازیافت گرم طی دو روش متفاوت زیر اجرا می‌شود:

۴-۳-۱ روش کارخانه‌ای

در این روش که از پیشینه بیشتری برخوردار است، مصالح خرده آسفالتی یا RAP را به یک کارخانه مرکزی آسفالت گرم حمل و آن را با قیر خالص جدید و یا مواد جوان‌کننده و در صورت لزوم با مصالح سنگی جدید مخلوط می‌کنند که در نهایت آسفالت گرمی تولید می‌شود که بخشی از آن را مصالح RAP تشکیل می‌دهد. درصد مصالح RAP مصرفی در این روش برحسب این که کارخانه از نوع مرحله‌ای^۱ یا استوانه‌ای^۲ باشد از ۲۰ درصد تا ۷۰ درصد متغیر است که با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته این رقم می‌تواند به ۹۰ درصد تا ۱۰۰ درصد افزایش یابد.

در این روش ضخامت روسازی مورد بازیافت از ضخامت بازیافت درجا بیشتر است که در نتیجه مرمت خرابی‌های زیر را نیز امکان پذیر می‌سازد:

- افزایش توان سازه‌ای راه؛
 - کاهش حساسیت ناشی از یخ‌بندان لایه‌های غیر آسفالتی روسازی؛
 - مرمت ترک‌های انعکاسی و انقباضی با شدت متوسط؛
 - مرمت ترک‌های طولی و عرضی ناشی از بارگذاری با شدت کم؛
 - مرمت و اصلاح معایب و آسیب‌دیدگی‌های سطحی؛
- شرح کامل این روش شامل مراحل اجرا، ساخت و ماشین‌آلات مربوطه در بند ۸ توضیح داده شده است.

۴-۳-۲ روش درجا

استفاده از روش درجا محدود به آن است که روسازی از توان باربری لازم و کافی برخوردار باشند تا اصلاح و ترمیم خرابی‌های سطحی مشروحه زیر با حداکثر ضخامت بازیابی، حدود ۵ سانتی‌متر، امکان‌پذیر گردد.

- اصلاح تغییر شکل‌های طولی و عرضی شامل شیار افتادگی و موج‌های ایجاد شده در جهت حرکت وسایل نقلیه، اصلاح شیب عرضی و زه‌کشی سطحی؛
- حذف موقت ترک‌های انعکاسی؛
- مرمت ترک‌های از بارگذاری و ترک‌های حرارتی با شدت خیلی کم؛
- احیاء قیر اکسیده شده آسفالت موجود با مصرف جوان سازها بدون افزایش قیر آسفالت؛
- مرمت ترک‌های لغزشی^۳؛

1 -Batching Plant
2 -Drum Mixer Plant
3 -Slippage Cracks

- اصلاح تاب لغزشی و قیر زدگی؛

- اصلاح دانه‌بندی و افزایش کیفیت آسفالت.

در این روش ابتدا سطح آسفالت موجود حرارت داده می‌شود و آسفالت نرم شده توسط حرارت با شخم‌زن- های دوار برداشته شده و به داخل دستگاه مخلوط‌کننده آسفالت و در صورت لزوم ضمن اختلاط با مصالح جدید سنگی، قیر و یا ماده جوان ساز، مخلوط آسفالت گرم حاصل روی سطح راه پخش و متراکم می‌شود، که معمولاً یک لایه آسفالت گرم جدید نیز روی این لایه اجرا می‌گردد. تمام این عملیات به صورت درجا و طی یک یا دو بار عبور انجام می‌گردد. حداکثر عمق بازیافت در روش درجا گاهی تا ۷۵ میلی‌متر نیز قابل افزایش است. شرح کامل این روش در بند ۹ ارایه می‌شود.

۵ ارزیابی کیفیت مصالح بازیافت

۱-۵ کلیات

مخلوط حاصل از عملیات بازیافت گرم، اختلاطی از مصالح بازیافتی شده شامل RAP با یا بدون RAM و مصالح جدید سنگی و قیر و جوان‌کننده است که باید با مشخصات فنی آسفالت گرم و بتن آسفالتی مطابقت داشته باشد. لذا کلیه مصالح مصرفی در این عملیات باید برابر روش‌های استاندارد، نمونه‌برداری و مورد آزمون قرار گیرد، و در نهایت نتایج آن‌ها با مشخصات فنی ارایه شده در این بند و مشخصات فنی خصوصی پروژه مقایسه و ارزیابی شود.

۲-۵ بررسی وضعیت روسازی

به منظور شناخت نوع و ضخامت لایه‌های روسازی آسفالتی موجود، ضمن نمونه‌برداری باید مدارک فنی طراحی اولیه روسازی و سوابق دوره ساخت، بهره‌برداری و نگهداری آن نیز بررسی تا در جریان طراحی و ساخت بازیافت گرم مورد استفاده قرار گیرد.

نمونه‌برداری از لایه روسازی را می‌توان به‌ازای هر ۲۵۰ متر تا ۵۰۰ متر طول در هر خط عبور و با حفر گمانه آزمون در ابعاد (۵۰×۵۰) سانتی‌متر انجام داد که طی آن ضخامت لایه‌های آسفالتی و مصالح غیرآسفالتی زیر آن اندازه‌برداری شود. برای تعیین ترک‌های طولی و عرضی و ترک‌های ناشی از خستگی باید از طریق مغزه- گیری اقدام نمود. قسمت‌هایی از مسیر که تفاوت و تغییرات مصالح متشکله آن زیاد باشد باید به‌طور جداگانه نمونه‌برداری و طراحی شود، ضمن آن که لازم است نوع خرابی‌ها و دلایل آن‌ها نیز مشخص گردد.

۳-۵ نمونه برداری

روش‌های نمونه‌برداری از آسفالت و مصالح سنگی مورد بازیافت و یا نمونه‌برداری از مصالح RAP درجا و یا حمل شده به کارخانه مرکزی بعد از شکستن و انبار کردن به‌طریق زیر انجام می‌شود:

- نمونه‌برداری مخلوط‌های آسفالتی: استاندارد بند ۲-۱؛

- نمونه‌برداری مصالح سنگی: استاندارد بند ۲-۲؛

- نمونه‌برداری قیر: استاندارد بند ۲-۲۱؛

- نمونه‌برداری از خرده آسفالت RAP، در کارخانه آسفالت و یا در محل: استاندارد بند ۲-۱؛

۴-۵ آزمون مصالح خرده آسفالت

این مصالح باید مورد آزمون‌های ذیل قرار گیرد:

- دانه‌بندی مصالح RAP؛
- درصد رطوبت مصالح RAP؛
- درصد قیر موجود در RAP؛
- کند روانی قیر برحسب پوآز و سانتی‌استکس؛
- درجه نفوذ قیر در ۲۵ درجه سلسیوس؛
- نقطه نرمی قیر.

نتایج آزمون‌های فوق برای محاسبه مقدار قیر خالص جدید مصرفی و مقدار مصالح سنگی جدید مورد نیاز است. در ضمن مصالح سنگی RAP و قیر آن باید با آزمون‌های زیر بررسی شود:

۱-۴-۵ ارزیابی مصالح سنگی

مصالح سنگی RAP بعد آزمون جداسازی قیر باید با آزمون‌های زیر ارزیابی شود، ضمن آن‌که قبل از این آزمون‌های درصد رطوبت مصالح نیز با روش بند ۲-۴۱ اندازه‌گیری شود.

- دانه‌بندی: استاندارد بند ۲-۲۲؛
- تشریح نظری مصالح سنگی از نظر سنگ‌شناسی و کانی‌های متشکله؛
- درصد سایش (لوس آنجلس): استاندارد بند ۲-۳؛
- سلامت: استاندارد بند ۲-۱۱؛
- درصد شکستگی مصالح مانده روی الک ۴؛ استاندارد بند ۲-۱۶؛
- درصد سنگدانه‌های سوزنی و پولکی: استاندارد بند ۲-۱۵؛
- چسبندگی با قیر: استاندارد بند ۲-۲۹؛
- وزن مخصوص و جذب آب: استاندارد بند ۲-۱۲ و ۲-۱۳.

۲-۴-۵ تعیین درصد قیر

برای تعیین درصد قیر RAP و درنهایت محاسبه درصد قیر جدید مصرفی برای بازیافت گرم، انجام آزمون جداسازی قیر مطابق استاندارد بند ۲-۲۴ و یا استاندارد بند ۲-۲۵ (روش سوزندان مخلوط آسفالتی) روی مصالح RAP انجام می‌شود.

۳-۴-۵ آزمون‌های قیر بازیافتی^۱

قیر حاصل از آزمون جداسازی باید با استاندارد بند ۲-۲۶ یا استاندارد بند ۲-۲۷ بازیابی شده و روی آن آزمون‌های زیر انجام شود:

- درجه نفوذ: استاندارد بند ۲-۲۸؛
- نقطه نرمی: استاندارد بند ۲-۴؛

- کندروانی برحسب پوآز در ۶۰ درجه سلسیوس: استاندارد بند ۲-۵؛
- کندروانی برحسب سانتی استکس در ۱۳۵ درجه سلسیوس: استاندارد بند ۲-۶؛
- آزمون جداسازی مواد متشکله قیر جهت تعیین درصد آسفالتین^۱، مواد معطره قطبی^۲ مواد معطره نفتینیک^۳ و مواد اشباع^۴، (در صورت لزوم): استاندارد بند ۲-۲۹.

۵-۵ قیر خالص جدید

قیر خالص جدید با کندروانی کم و یا درجه نفوذ بالا که به مخلوط RAP و مصالح سنگی برای تهیه آسفالت گرم جدید افزوده می‌شود دو هدف را تامین می‌کند: نخست این که مقدار قیر مورد نیاز در آسفالت را برای انطباق با الزامات طرح اختلاط افزایش می‌دهد، دوم آن که: ضمن اختلاط با قیر سخت شده موجود در RAP نوع و خواص قیر مورد نظر پروژه را که به شرایط محیطی و نوع ترافیک بستگی دارد، تامین می‌نماید. به‌طور کلی قیرهای با درجه نفوذ بالا مانند ۸۵-۱۰۰، ۱۵۰-۲۰۰ یا ۲۰۰-۳۰۰ مطابق بند ۲-۱۸ (یا ۲-۳۰)، یا قیرهای با کندروانی کمتر مانند AC۲,۵ و AC۵ و یا AC۱۰ به ترتیب با کندروانی (۲۵۰±۵۰) پوآز، (۵۰±۱۰۰) پوآز، (۱۰۰±۲۰۰) پوآز منطبق با بند ۲-۱۸ (یا ۲-۳۱)، برای اختلاط با قیر سخت شده موجود جهت اصلاح کندروانی و یا درجه نفوذ آن که باید منطبق با مشخصات قیر پروژه باشد، انتخاب می‌شوند.

۵-۶ جوان کننده‌ها

جوان کننده‌ها از مشتقات نفتی تشکیل شده‌اند که برای اصلاح کندروانی و یا درجه نفوذ قیر موجود در مصالح روسازی مصرف می‌شوند. این مواد ضمن آن که خواص قیر را دارند، می‌توانند به جای قیر اضافی مورد نیاز نیز عمل کنند. عامل اصلی در انتخاب نوع جوان کننده‌ها، خصوصیات کندروانی (برحسب پوآز) و یا درجه نفوذ (برحسب یک‌دهم میلی‌متر) قیر سخت شده موجود و کیفیت قیر حاصل از اختلاط قیر سخت شده با این ترکیبات است. این ترکیبات باید با استاندارد بند ۲-۳۲ ویژه مصرف در عملیات بازیافت گرم، و یا استاندارد ۲-۳۳ که شامل مواد امولسیونی است و در عین حال خاصیت قیری نیز دارد و برای بازیافت گرم و سرد مصرف می‌شوند، انطباق داشته باشند.

انتخاب نوع جوان کننده‌های منطبق با استاندارد بند ۲-۳۲ به درصد RAP مصرفی در بازیافت گرم بستگی دارد. برای مثال چنان که مصرف بیش از ۳۰ درصد باشد باید از انواع رقیق آن شامل RA۱، RA۵، RA۲۵، RA۷۵ و برای کمتر از ۳۰ درصد از انواع غلیظ آن یعنی RA۲۵۰ و RA۵۰۰ استفاده شود.

جوان کننده‌های منطبق با استاندارد بند ۲-۳۳ در سه گروه ER-1، ER-2 و ER-3 با کندروانی سی‌بولت فورل استاندارد بند ۲-۳۴ و برحسب ثانیه در ۵۰ درجه سلسیوس تقسیم‌بندی شده‌اند. نوع ER-1 آن به عنوان جوان کننده قیر سخت شده ER-2 و ER-3 هم‌زمان عملکرد جوان کننده‌ها و قیر اضافی را هم دارند. اختلاط جوان کننده‌ها با قیر سخت شده به نسبت‌های تعیین شده در مرحله طراحی و تاثیر آن در اصلاح کندروانی

1 -Asphaltene
2 -Polar Aromatic
3 -Naphtene Aromatic
4 -Saturate

قیر موجود باید عملاً براساس آزمایشی که روی قیر حاصل از اختلاط جوان‌کننده و قیر سخت‌شده انجام می‌شد به اثبات برسد.

۵-۷ مصالح سنگی RAM

در بسیاری از حالات در جریان بازیافت گرم، به منظور اصلاح دانه‌بندی و انطباق آن با مشخصات و یا افزایش مقاومت مخلوط نهایی بازیافت، استفاده از مصالح سنگی RAM که در جریان بازیافت مصالح روسازی به‌دست آمده ضروری است. مصرف این مصالح برای استفاده نیاز به آزمون‌هایی دارد که در بند ۵-۴-۱ برای مصالح RAP توضیح داده شد.

در انتخاب این مصالح و درصد وزنی آن‌ها برای اختلاط با RAP برای تولید انواع مخلوط آسفالتی شامل اساس قیری یا بیندر و یا توپکا، معیارهای فنی مربوطه از جمله خصوصیات سازه‌ای و ضریب لایه آن‌ها باید مدنظر قرار گیرد.

۵-۸ مخلوط مصالح RAP و مصالح سنگی جدید

در صورت مصرف مخلوطی از مصالح RAP، RAM و مصالح سنگی جدید برای تهیه آسفالت گرم مورد بازیافت، رعایت کلیه مشخصات مندرج در آیین‌نامه روسازی راه (مرجع بند ۲-۲۰)، فصل نهم، موضوع آسفالت گرم و مصالح سنگی مصرفی الزامی است.

۵-۹ آزمون‌های مصالح و آسفالت جدید

در صورتی که استفاده از آسفالت گرم جدید و اختلاط آن به نسبت تعیین شده با آسفالت RAP در طرح پیش‌بینی شده باشد، آزمون‌های جداگانه مصالح سنگی و قیر آسفالت گرم جدید و مخلوط نهایی آسفالت گرم جدید با RAP به شرح زیر باید انجام شود و نتایج برای هر یک از این مصالح و مواد با مشخصات مندرج در بند ۲-۱۹ و ۲-۲۰ مطابقت داشته باشد.

- آزمون‌های بند ۵-۴-۱ برای مصالح سنگی؛
 - آزمون‌های بند ۵-۴-۳ برای قیر مصرفی در آسفالت گرم جدید و قیر بازیافتی از مخلوط RAP و قیر بازیافتی از مخلوط نهایی آسفالت گرم جدید و RAP.
 - آزمون‌های مشروحه زیر روی آسفالت گرم جدید و مخلوط نهایی آسفالت جدید با آسفالت RAP:
 - آزمون‌های مارشال مطابق استانداردهای بندهای ۲-۳۵ یا ۲-۳۶ و تعیین مشخصات آسفالت؛
 - آزمون مارشال در شرایط خشک و اشباع و محاسبه ضریب دوام مطابق بند ۲-۱۹ یا ۲-۲۰؛
 - آزمون بند ۲-۴۳ به شرح فصل نهم مرجع بند ۲-۲۰، برای تعیین حساسیت مخلوط در مقابل آب و رطوبت و محاسبه نسبت مقاومت کششی غیر مستقیم اشباع به مقاومت خنک.
 - آزمون دانه‌بندی، درصد شکستگی و درصد قیر.
- نتایج حاصل از آزمون‌ها برای قیر، مصالح سنگی و مخلوط آسفالتی باید با مشخصات مندرج در بند ۲-۲۰ مطابقت داشته باشد.

۶ طرح اختلاط بازیافت گرم

۱-۶ کلیات

این بند مراحل مربوط به تعیین نسبت مصالح خرده آسفالت، مصالح سنگی جدید، انتخاب نوع و مقدار قیر خالص جدید (و در صورت لزوم مواد جوان کننده)، برای تهیه طرح اختلاط آسفالت بازیافت گرم را که باید با خواص آسفالت گرم و بتن آسفالتی و مشخصات فنی آن برابری داشته باشد، ارایه می نماید.

مبانی این طرح را روش مارشال منطبق با استاندارد ۲-۳۵ و یا روش اصلاح شده مارشال مطابق استاندارد بند ۲-۳۶ تشکیل می دهد. چنانچه مهندس مشاور پروژه، روش و دستورالعمل دیگری را برای طرح اختلاط مدنظر داشته باشد استفاده از آن با حفظ کامل مسولیت مشاور و تصویب کارفرما به مورد اجرا گذاشته می شود، ضمن این که جزییات این روش باید در مشخصات فنی خصوصی پروژه قید شود.

۲-۶ مراحل طرح اختلاط

طرح اختلاط بازیافت گرم بر اساس اطلاعاتی که از نمونه برداری و ارزیابی مصالح سنگی و قیر روسازی آسفالتی مورد بازیافت به شرح بند ۵ به دست آمده تهیه می گردد. جزییات مراحل طراحی در جدول ۱-۶ نشان داده شده که خلاصه آن به شرح زیر است:

۱-۲-۶ تعیین مقدار و درصد وزنی مخلوط بازیافتی یا RAP و مصالح سنگی جدید؛

۲-۲-۶ محاسبه میزان قیر تقریبی مورد نیاز با توجه به دانه بندی طرح اختلاط؛

۳-۲-۶ تعیین درصد قیر جدید و یا ماده جوان کننده برای مخلوط مورد طراحی؛

۴-۲-۶ تعیین نوع قیر جدید و یا ماده جوان کننده منطبق با مشخصات فنی طرح؛

۵-۲-۶ آزمون های تعیین درصد قیر بهینه مخلوط بازیافت مورد طراحی با استفاده از روش مارشال مطابق با استاندارد بند ۲-۳۵.

جدول ۱-۶ مراحل طرح اختلاط

۱	کلیه آزمون های بند ۵-۴ و زیر بندهای آن مشروحه در بند ۵ برای مصالح RAP و قیر آن
۲	کلیه آزمون های بند ۵-۷ برای مصالح RAM و مصالح سنگی جدید در صورتی که در طراحی مورد استفاده قرار گیرند
۳	تعیین درصد وزنی هر یک از مصالح RAP و RAM و مصالح سنگی جدید اضافی در مخلوط بازیافت مورد طراحی براساس دانه بندی طرح اختلاط
۴	برآورد تقریبی درصد کل قیر مورد نیاز برای مخلوط بازیافت براساس دانه بندی طرح اختلاط
۵	تعیین درصد قیر جدید و یا ماده جوان کننده برای مخلوط بازیافت
۶	انتخاب نوع قیر جدید و یا ماده جوان کننده برحسب کندروانی و یا درجه نفوذ به شرح بندهای ۵-۵ و ۵-۶
۷	آزمون های طرح اختلاط با روش مارشال و محاسبات مربوطه
۸	بهینه سازی طرح و انتخاب فرمول کارگاهی

۳-۶ تهیه طرح اختلاط

طرح اختلاط مطابق جدول ۱-۶ و به شرح جزییات زیر تهیه می شود:

۶-۳-۱ ارزیابی مصالح بازیافت

نتایج آزمون‌های انجام شده از مصالح RAP به شرح بند ۴-۵ و زیربندهای آن به شرح بند ۵، در این مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶-۳-۲ مصالح سنگی جدید

در صورت استفاده از مصالح RAM و مصالح سنگی جدید جهت اصلاح کمی و کیفی مخلوط بازیافت نتایج آزمون‌های انجام شده روی آن‌ها به شرح بند ۵-۷، در این مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶-۳-۳ تعیین درصدوزنی مصالح سنگی

۶-۳-۳-۱ درصد وزنی ترکیب RAP و RAM و مصالح سنگی جدید (در صورت لزوم) با توجه به دانه‌بندی طرح اختلاط در این مرحله تعیین می‌شود.

به عنوان مثال چنانچه برای انطباق با دانه‌بندی طرح اختلاط و شرایط پروژه نسبت‌های زیر انتخاب شود:

مصالح RAP ۲۵ درصد

مصالح RAM ۶۰ درصد

مصالح سنگی جدید ۱۵ درصد

جمع کل ۱۰۰ درصد

جمع درصدهای وزنی مصالح سنگی جدید و مصالح RAM با علامت r نشان داده می‌شود که در این مثال برابر با ۷۵ درصد می‌باشد.

۶-۳-۳-۲ جدول ۲-۶ روش محاسبه قیر و هر یک از انواع مصالح شامل RAM و RAP و مصالح سنگی جدید را بر حسب وزن مصالح سنگی یا وزن کل مخلوط بازیافتی نشان می‌دهد.

جدول ۲-۶ روابط تعیین نسبت مصالح و قیر مخلوط بازیافت گرم

اجزای تشکیل‌دهنده مخلوط	بر حسب وزن مخلوط بازیافت	بر حسب وزن مصالح سنگی
P_{nb} (درصد قیر جدید)	$\frac{(100^2 - rP_{sb})P_b}{100(100 - P_{sb})} - \frac{(100 - r)P_{sb}}{100 - P_{sb}}$	$P_b - \frac{(100 - r)P_{sb}}{100}$
P_{sm} (درصد RAP)	$\frac{100(100 - r)}{(100 - P_{sb})} - \frac{(100 - r)P_b}{100 - P_{sb}}$	$\frac{(100 + P_{sb})(100 - r)}{100}$
P_{ns} (درصد مصالح سنگی جدید و یا RAM)	$r - \frac{rP_b}{100}$	r
جمع کل قیر و مصالح سنگی در مخلوط بازیافت	100	$100 + P_b$
R (درصد قیر جدید نسبت به مقدار کل قیر)	$\frac{100P_{nb}}{P_b}$	$\frac{100P_{nb}}{P_b}$

که در روابط جدول فوق:
 P_{sm} درصد RAP در مخلوط بازیافت؛

P_b درصد قیر برآورد شده برای مخلوط بازیافت؛

P_{sb} درصد قیر موجود در RAP؛

P_{nb} درصد قیر اضافی یا مواد جوان کننده (در صورت نیاز) برای مخلوط بازیافت؛

P_{ns} درصد مصالح سنگی اضافی (مصالح جدید سنگی و یا RAM)؛

r جمع درصد مصالح سنگی و RAM نسبت به کل مصالح سنگی مخلوط بازیافت؛

R درصد قیر جدید یا مواد جوان کننده (در صورت نیاز) نسبت به کل قیر برحسب مخلوط بازیافت یا مصالح سنگی مخلوط.

۴-۳-۶ برآورد درصد نیاز در مخلوط بازیافت

میزان قیر خالص مورد نیاز در مخلوط بازیافت را می توان با آزمون^۱ CKE مطابق استاندارد بند ۲-۴۴ تعیین نمود و یا با فرمول تجربی زیر برآورد کرد:

$$P = 0.035a + 0.045b + Kc + F$$

که در آن :

P درصد قیر بر حسب مخلوط آسفالتی؛

a درصد مصالح سنگی مانده روی الک نمره ۸ (۲/۳۶ میلی متر) که از دانه بندی طرح اختلاط به دست می آید (بر حسب عدد کامل بیان می شود)؛

b درصد مصالح رد شده از الک نمره ۸ و مانده روی الک نمره ۲۰۰ (بر حسب عدد کامل)؛

c درصد رد شده از الک نمره ۲۰۰ (بر حسب عدد کامل)؛

K در صورتی که درصد رد شده از الک نمره ۲۰۰ از ۱۱ درصد تا ۱۵ درصد باشد برابر با ۰/۱۵ و در صورتی که درصد رد شده از الک نمره ۲۰۰ از ۶ درصد تا ۱۰ درصد باشد برابر با ۰/۱۸ و در صورتی که درصد رد شده از الک نمره ۲۰۰ معادل ۵ درصد یا کمتر باشد برابر با ۰/۲۰ می باشد؛

F بر حسب این که میزان جذب قیر مصالح کم یا زیاد باشد از صفر تا ۲ می باشد. در صورتی که نتایج و اطلاعاتی در دست نباشد از رقم ۰/۷ می توان استفاده کرد.

۴-۳-۵ محاسبه درصد قیر جدید برای مخلوط بازیافت

درصد قیر جدید و یا ماده جوان کننده، که به مخلوط بازیافت اضافه می شود بر حسب وزن مخلوط بازیافت، از رابطه زیر که در جدول ۲-۶ نشان داده شده است تعیین می گردد:

$$P_{nb} = \frac{(100^2 - rP_{sb})P_b}{100(100 - P_{sb})} - \frac{(100 - r)P_{sb}}{100 - P_{sb}}$$

چنان که P_{sb} یا درصد قیر موجود در RAP، در مرحله ارزیابی مخلوط بازیافت به عنوان مثال ۴/۷ درصد، و $r=75$ فرض شود، درصد قیر جدید (یا جوان کننده) که باید به مخلوط اضافه شود با استفاده از رابطه بالا برابر است با:

$$P_{nb} = \frac{(100^2 - 75 \times 4.7)P_b}{100(100 - 4.7)} - \frac{(100 - 75)4.7}{100 - 4.7} = 1.01P_b - 1.23$$

این مقدار قیر برحسب درصد نسبت به وزن کل مخلوط بازیافت محاسبه شده است.

۶-۳-۶ انتخاب قیر جدید

۶-۳-۶-۱ هدف از انتخاب قیر جدید (یا مواد جوان کننده)، قیری است که کندروانی و یا درجه نفوذ حاصل از اختلاط آن با قیر موجود در RAP با کندروانی و یا درجه نفوذ قیر هدف که در مشخصات تعیین شده است، انطباق داشته باشد. کندروانی و یا درجه نفوذ قیر هدف به شرایط جوی-اقلیمی و نوع ترافیک محور (سبک، متوسط و سنگین) ارتباط دارد و باید در مشخصات فنی خصوصی پروژه قید شود.

قیرهایی که براساس کندروانی و یا درجه نفوذ درجه بندی می‌شوند باید به ترتیب با استاندارد بند (۲-۱۸) یا ۲-۳۱ و استاندارد بند (۲-۳۰) برابری داشته باشند.

۶-۳-۶-۲ جوان کننده‌های مصرفی برای اصلاح کندروانی (و یا درجه نفوذ) قیر موجود در RAP باید با استاندارد بند ۲-۳۲ ویژه بازیافت گرم و یا استاندارد بند ۲-۳۳ که شامل جوان کننده‌های امولسیونی است و در عین حال خاصیت قیری نیز دارد و می‌تواند به جای قیر اضافی مورد نیاز عمل کند، منطبق باشند. شرح این مشخصات در بندهای ۵-۵ و ۵-۶ ارائه شده است.

این جوان کننده‌ها از مشتقات نفتی تشکیل شده‌اند که به طور کلی با قیر موجود در مخلوط بازیافت سازگاری دارند.

۶-۳-۶-۳ اگر کندروانی برای قیر مخلوط بازیافت مورد طرح، ۲۰۰۰ پوآز انتخاب شود که معادل کندروانی متوسط قیر ۲۰-AC (نظیر قیر ۴۰ تا ۶۰ برحسب درجه نفوذ) می‌باشد، می‌توان با استفاده از جدول ۶-۲ و شکل ۶-۱ مقدار ونوع آن را به شرح مراحل زیر تعیین کرد:

الف- درصد این قیر اضافی یا R طبق جدول ۶-۲ و برحسب وزن مخلوط بازیافت معادل است با:

$$R = \frac{100P_{nb}}{P_b}$$

ب- چنان که P_b یا قیر برآورده شده مطابق بند ۶-۳-۴، معادل ۶۲ درصد فرض شود، درصد R به شرح نتیجه بند ۶-۳-۵ مساوی است با:

$$P_{nb} = 1.01P_b - 1.23$$

$$P_b = 6.2$$

$$P_{nb} = 1.01 \times 6.2 - 1.23 = 5$$

$$R = \frac{100P_{nb}}{P_b} = \frac{100 \times 5}{6.2} = 81$$

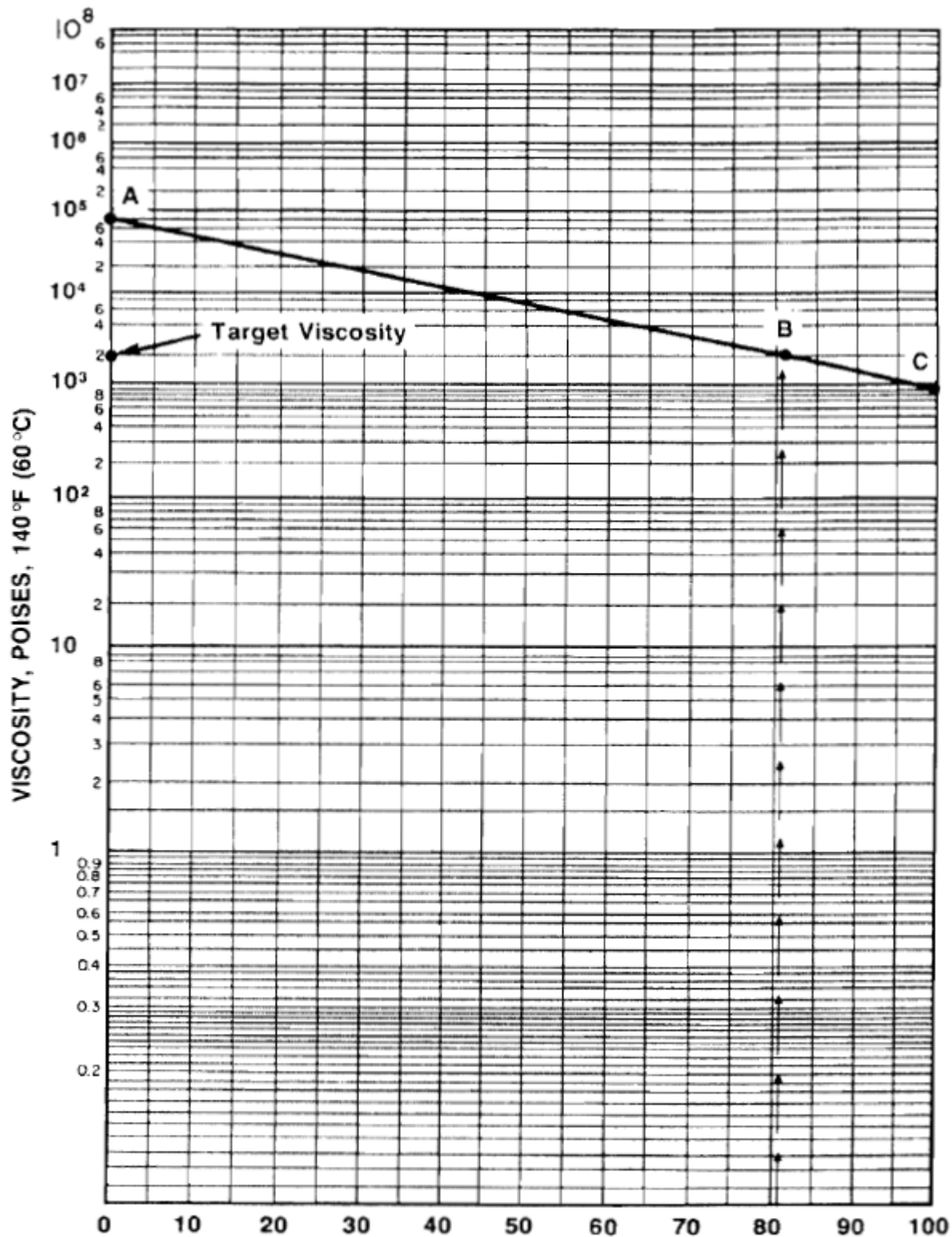
ج- برای انتخاب نوع قیر جدید به طریق زیر عمل می‌شود:

اگر کندروانی قیر موجود در RAP برحسب پوآز در ۶۰ درجه سلسیوس ۷۵۰۰۰ پوآز (یعنی $10^4 \times 7.5$) فرض شود این رقم را در محور عمودی سمت چپ شکل شماره ۶-۱ با نقطه A مشخص می‌کنیم. در محور افقی این شکل که معرف درصد وزنی قیر جدید است، یعنی از نقطه ۸۱ درصد خطی عمودی رسم می‌کنیم تا خط

افقی معرف ۲۰۰۰ پوآز را در نقطه B قطع کند. با ترسیم خط مستقیم AB و تلاقی آن با محور عمودی سمت راست شکل ۶-۱ نقطه C به دست می آید.

نقطه C معرف نوع قیر جدیدی است که کندروانی آن مطابق محور عمودی سمت راست حدود ۸×۱۰^۲ یعنی ۸۰۰ پوآز می باشد که با قیر ۱۰-AC استاندارد بند ۲-۱۸ یا (۲-۳۱) هماهنگی دارد، زیرا کندروانی این قیر طبق مشخصات یاد شده (۱۰۰۰ ± ۲۰۰) پوآز می باشد.

با انتخاب این قیر جدید و اختلاط آن با مصالح RAP که کندروانی قیر آن ۷۵۰۰۰ پوآز اندازه گیری شده قیری به دست می آید که کندروانی آن طبق مشخصات مبنا در محدوده ۲۰۰۰ پوآز با رواداری ± ۴۰۰ قرار می گیرد. بدیهی است که این نتیجه گیری باید در آزمایشگاه قبل از آن که طرح اختلاط آزمایشی به مورد اجرا گذاشته شود به اثبات برسد.



درصد وزنی قیر جدید (یا ماده جوان کننده قیر) در مخلوط بازیافت برحسب مقدار کل قیر، R
 شکل ۱-۶ نمودار انتخاب قیر جدید برحسب کندروانی

۶-۳-۴ به طور کلی مصرف ۱۵ درصد تا ۲۰ درصد از مصالح RAP و یا کمتر، نیاز به قیر جدید برای اصلاح خواص قیر سخت شده ندارد. برای بیش از ۲۰ درصد، تغییر نوع قیر بیش از یک درجه و در جهت کاهش کندروانی آن، جایز نیست. به عنوان مثال چنان که قیر موجود در RAP دارای کندروانی حدود ۴۰۰۰ پوآز باشد (یعنی قیر AC-۴۰ طبق استاندارد بند ۲-۱۸ یا (۲-۳۱) قیر جدید معمولاً باید از نوع AC-۲۰ یعنی با کندروانی (2000 ± 400) پوآز انتخاب شود. بدیهی است در مواردی که درصد RAP مصرفی خیلی زیادتر از ۲۰ درصد باشد بررسی لازم برای تعیین نوع دقیق قیر جدید الزامی است.

۶-۳-۷ تعیین اجزای متشکله مخلوط بازیافت

فرمول‌هایی که برای تعیین نسبت اجزاء متشکله مخلوط بازیافت، شامل درصد قیر جدید، P_{nb} ، درصد مصالح RAP، RAM و مصالح سنگی جدید، یعنی P_{sm} و P_{ns} درصد قیر جدید نسبت به مقدار کل قیر R در جدول ۶-۱ نشان داده شده که در آن مرحله باید مور استفاده قرار گیرد تا اجزاء مخلوط براساس آن‌ها محاسبه و طرح اختلاط آزمایشگاه تهیه شود.

چنان که مصالح سنگی از دو منبع RAM و مصالح جدید تامین شود هر یک از آن‌ها به نحوی که مجموع آن با P_{ns} جدول ۶-۱ تطبیق نماید باید محاسبه گردد. به عنوان مثال اگر:

مقدار RAM برابر با ۶۰ درصد و مقدار مصالح سنگی جدید برابر با ۱۵ درصد و مقدار RAP برابر با ۲۵ درصد باشد، مقدار r برابر خواهد بود با مقدار مصالح سنگی جدید بعلاوه‌ی RAM یعنی ۷۵ درصد می‌باشد. اگر $P_{ns}=61.4$ (درصد مصالح سنگی برحسب وزن کل آسفالت) فرض شود، درصد هر یک از مصالح RAM و مصالح سنگی جدید نسبت به وزن کل مخلوط بازیافت نیز بشرح زیر محاسبه می‌شوند:

$$RAM = 64.1 \times (60 \div 75) = 49.1$$

$$\text{مصالح جدید} = 64.1 \times (15 \div 75) = 12.3$$

$$P_{ns} = 49.1 + 12.3 = 61.4$$

۶-۳-۸ طرح اختلاط و تعیین دانه‌بندی کارگاهی

برای تعیین طرح اختلاط آزمایشگاهی و فرمول کارگاهی به ذکر دو مثال زیر بسنده می‌شوند:

۶-۳-۸-۱ مثال اول

الف- داده‌ها شامل موارد زیر است:

۱- درصد قیر RAP در یک پروژه بازیافت ۵/۴ و کندروانی این قیر در ۶۰ درجه سلسیوس معادل ۴۶۰۰ پوآز است. نوع قیر خالص با توجه به شرایط پروژه نوع AC-۲۰ انتخاب شده است که کندروانی آن طبق استاندارد بند ۲-۱۸ یا (۲-۳۱) برابر (2000 ± 400) پوآز است.

۲- در طرح نسبت وزنی مصالح RAP و RAM و مصالح سنگی جدید به ترتیب ۳۰ و ۶۰ و ۱۰ درصد انتخاب شده که دانه‌بندی هر یک از آن‌ها در جدول ۶-۳ و دانه‌بندی حاصل از اختلاط آن‌ها در جدول ۶-۴ نشان داده است.

۳- چنان که دانه‌بندی مخلوط بازیافت از نوع بیندر و مطابق دانه‌بندی شماره ۳ جدول ۹-۱ آیین نامه بند ۲-۱۹ انتخاب شده باشد، مقایسه آن با دانه‌بندی حاصل از اختلاط ۳۰ درصد RAP، ۶۰ درصد RAM

و ۱۰ درصد مصالح جدید به شرح جدول ۶-۴ مویید انطباق دانه بندی مخلوط با مشخصات است. این مقایسه در جدول ۶-۵ نشان داده شده است.

جدول ۶-۳- دانه بندی مصالح سنگی مصرفی در پروژه

مصالح جدید (درصد رد شده)	RAM (درصد رد شده)	RAP (درصد رد شده)	الکها (میلی متر)
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۲۵
۱۰۰	۹۲	۹۸	۱۹
۱۰۰	۴۵	۸۵	۹٫۵
۹۴	۱۹	۶۵	۴٫۷۵
۸۵	۵	۵۲	۲٫۳۶
۲۶	۱	۲۲	۰٫۳
۶	۰	۸	۰٫۰۷۵

جدول ۶-۴- دانه بندی مخلوط مصالح سنگی باز یافت

دانه بندی مخلوط (درصد رد شده)	مصالح جدید (درصد رد شده)	RAM (درصد رد شده)	RAP (درصد رد شده)	الکها (میلی متر)
۱۰۰	$100 \times 0.1 = 10$	$100 \times 0.6 = 60$	$100 \times 0.3 = 30$	۲۵
۹۴٫۶	$100 \times 0.1 = 10$	$92 \times 0.6 = 55.2$	$98 \times 0.3 = 29.4$	۱۹
۶۲٫۵	$100 \times 0.1 = 10$	$45 \times 0.6 = 27$	$85 \times 0.3 = 25.5$	۹٫۵
۴۰٫۳	$94 \times 0.1 = 9.4$	$19 \times 0.6 = 11.4$	$65 \times 0.3 = 19.5$	۴٫۷۵
۲۷٫۱	$85 \times 0.1 = 8.5$	$5 \times 0.6 = 3$	$52 \times 0.3 = 15.6$	۲٫۳۶
۹٫۸	$26 \times 0.1 = 2.6$	$1 \times 0.6 = 0.6$	$22 \times 0.3 = 6.6$	۰٫۳
۳	$6 \times 0.1 = 0.6$	$0 \times 0.6 = 0$	$8 \times 0.3 = 2.4$	۰٫۰۷۵

جدول ۶-۵- مقایسه دانه بندی مخلوط با دانه بندی شماره ۳ جدول ۹-۱ آیین نامه بند ۲-۱۹

دانه بندی مشخصات (درصد رد شده)	دانه بندی مخلوط باز یافت (درصد رد شده)	الکها (میلی متر)
۱۰۰	۱۰۰	۲۵
۹۵-۱۰۰	۹۴٫۶	۱۹
۵۶-۸۰	۶۲٫۵	۹٫۵
۳۵-۶۵	۴۰٫۳	۴٫۷۵
۲۳-۴۹	۲۷٫۱	۲٫۳۶
۲۵-۱۹	۹٫۸	۰٫۳
۲-۸	۳	۰٫۰۷۵

ب-ستاده‌ها

۱- برآورد درصد قیر مورد نیاز

درصد قیر مورد نیاز مطابق بند ۳-۴ و با توجه به دانه‌بندی ستون شماره ۲ جدول ۵-۶ معادل است با:

$$P = 0.035a + 0.045b + KC + F$$

$$a = 100 - 27.1 = 72.9$$

$$b = 27.1 - 3 = 24.1$$

$$F = 1, K = 0.2, C = 3$$

لذا خواهیم داشت:

$$P = (0.035 \times 72.9) + (0.045 \times 24.1) + (0.2 \times 3) + 1 = 5.2\% = P_b$$

۲- برآورد درصد قیر جدید

درصد قیر جدید با توجه به فرمول جدول ۶-۱ بشرح زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{nb} = \frac{(100^2 - rP_{sb})P_b}{100(100 - P_{sb})} - \frac{(100 - r)P_{sb}}{100 - P_{sb}}$$

داده‌ها از زیر بند الف از بند ۳-۶-۸-۱:

$$P_{sb} = 5.4$$

$r = \text{مصلح سنگی جدید} / \text{RAM} \times 100$

$$r = 60 + 10 = 70$$

از روابط فوق خواهیم داشت:

$$P_{nb} = 1.02P_b - 1.71$$

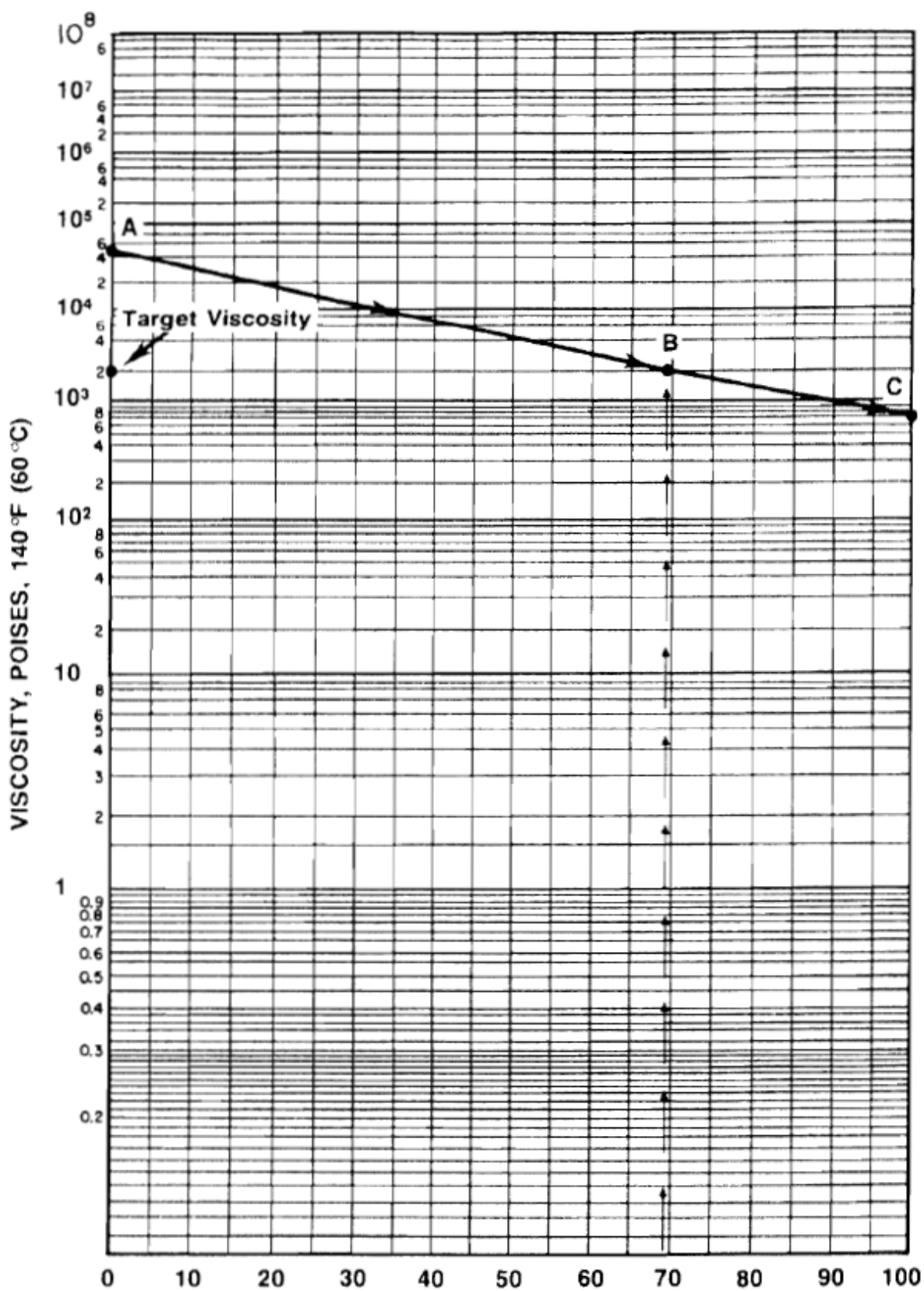
$$P_{nb} = 1.02 \times 5.2 - 1.71 = 3.6\%$$

درصد قیر جدید یا R برحسب کل قیر مخلوط بازیافت از رابطه موبوطه در جدول ۶-۱ و بشرح زیر محاسبه می‌شود:

$$R = \frac{100 \times P_{nb}}{P_b} = \frac{100 \times 3.6}{5.2} = 69\%$$

۴-۶ انتخاب نوع قیر

با استفاده از شکل ۶-۲ و تعیین نقطه A به عنوان معرف قیر موجود در RAP با کندروانی در ۶۰ درجه سلسیوس معادل ۴۶۰۰۰ پوآز و قیر مبنا با کندروانی (2000 ± 400) قیر ۲۰-AC و انتخاب $R=69$ روی محور افقی و ترسیم خط عمود از این نقطه و تقاطع آن با محور افقی معرف کندروانی ۲۰۰۰ پوآز در نقطه B و ترسیم خط مستقیم ABC نوع قیر جدید یا جوان‌کننده با کندروانی نظیر نقطه C انتخاب می‌شود. کندروانی قیر جدید مطابق شکل حدود $10^2 \times 7 = 700 = 7$ پوآز است، (حدود قیر ۱۰-AC کندروانی (1000 ± 200)) که اختلاط آن با قیر RAP و با نسبت‌های محاسبه شده، قیری به دست می‌آید که کندروانی آن با قیر مبنا یعنی ۲۰-AC دارای کندروانی (2000 ± 400) مطابقت دارد. این انطباق باید با آزمون روی قیر بازیافتی از RAP و اختلاط آن به نسبت ۶۹ درصد با قیر جدید که از نوع ۱۰-AC می‌باشد به اثبات برسد.



درصد وزنی قیر جدید (یا ماده جوان کننده قیر) برحسب مقدار کل قیر، R

شکل ۲-۶ نمودار انتخاب قیر جدید برحسب کندروانی

ج- طرح اختلاط مثال شماره یک:

با مصرف ۶۰ درصد RAM، مقدار ۱۰ درصد مصالح سنگی جدید و ۳۰ درصد RAP تهیه طرح اختلاط با درصدهای مختلف قیر و با تفاوت ± 0.5 درصد، قابل اجرا است و لذا باید با استفاده از فرمول‌های جدول ۶-۱ مقادیر مربوط به کلیه اجزاء تشکیل دهنده مخلوط بازیافت را به شرح زیر مورد محاسبه قرار داد:

- از زیر بند الف، بند ۳-۶-۸ درصد قیر RAP: $P_{sb} = 5.4$

- از زیر بند ب، بند ۳-۶-۸ درصد قیر مورد نیاز برای دانه‌بندی طرح اختلاط: $P_b = 5.2$

- از ردیف ۲ زیر بند ب، بند ۳-۶-۸: $P_{nb} = 1.02P_b - 1.71$

- و برای سایر اجزاء نظیر P_{sm} و P_{ns} بشرح جدول ۶-۱ خواهیم داشت:

$$P_{sm} = \frac{100(100-r)}{(100-P_{sb})} - \frac{(100-r)P_b}{100-P_{sb}}$$

$$P_{sm} = \frac{100(100-70)}{(100-5.4)} - \frac{(100-70)P_b}{100-5.4} = 31.71 - 0.32P_b$$

$$P_{ns} = r - \frac{rP_b}{100}$$

با نتایج فوق مقادیر اجزاء متشکله طرح اختلاط با داده‌ها و ستاده‌های فوق از جدول ۶-۶ به دست می‌آید، و در نهایت طرح اختلاط آزمایشگاهی با ارقام ارائه شده در جدول تهیه می‌شود.

جدول ۶-۶- مقادیر اجزای متشکله مخلوط مورد طراحی برای مثال شماره ۱

۶/۵	۶	۵/۵	۵	۴/۵	مقدار قیر P_b * (درصد)
۴/۹	۴/۴	۳/۹	۳/۴	۲/۹	$P_{nb} = 1.02P_b - 1.71$
۲۹/۶	۲۹/۸	۲۹/۹	۳۰/۱	۳۰/۳	$P_{sm} = 31.71 - 0.32P_b$
۶۵/۵	۶۵/۸	۶۶/۲	۶۶/۵	۶۶/۸	$P_{ns} = 70 - 0.7P_b$
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع
۵۶/۱	۵۶/۴	۵۶/۷	۵۷	۵۷/۳	$RAM\% = P_{ns} \times \frac{60}{70} (\times \times)$
۹/۴	۹/۴	۹/۵	۹/۵	۹/۵	$\% \text{ مصالح سنگی جدید} = P_{ns} \times \frac{10}{70} (\times \times)$
<p>* P_b برآورد اولیه قیر است که با توجه به دانه‌بندی طرح اختلاط (جدول ۵-۶ ستون دوم عمودی) و محاسبه ردیف (ب) از زیر بند ۳-۶-۸-۱ مثال اول ۵/۲ درصد محاسبه شده است که با ۵ نقطه قیری هر یک با تفاوت ۰/۵ درصد نسبت به دیگری از ۴/۵ درصد شروع و تا ۶/۵ درصد ادامه می‌یابد و نمونه‌های مارشال با این مقادیر تهیه و مورد آزمون قرار می‌گیرد.</p> <p>($\times \times$) درصد RAM و درصد مصالح جدید در مخلوط بازیافت باید برحسب P_{ns} نظیر محاسبه شوند.</p> <p>لذا برای ۶۰ درصد و ۱۰ درصد مصالح جدید سنگی یعنی برابر با ۷۰ در مثال شماره ۱ به ترتیب معادل $P_{ns} \times \frac{60}{70}$ و $P_{ns} \times \frac{10}{70}$ محاسبه می‌شوند که عیناً در جدول ۶-۶ عمل شده است.</p>					

۶-۳-۸-۲ مثال دوم

الف- داده‌ها

مقدار قیر RAP یا P_{sb} در یک پروژه بازیافت ۶ درصد و کندروانی قیر آن در ۶۰ درجه سلسیوس ۱۰۰۰۰۰ پوآز است. نسبت‌های وزنی مصرفی RAM و RAP مصالح سنگی جدید مانند مثال شماره یک به ترتیب معادل ۳۰، ۶۰، ۱۰ درصد و در نتیجه $r=70$ درصد است. دانه‌بندی مصالح سنگی نیز مشابه مثال شماره یک و لذا برآورد درصد قیر مورد نیاز مخلوط بازیافت یعنی P_b همان ۵/۲ درصد منظور می‌شود.

ب- ستاده‌ها

۱- درصد قیر جدید:

درصد قیر جدید برحسب مخلوط بازیافت از رابطه P_{nb} جدول ۶-۱ به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{nb} = \frac{(100^2 - rP_{sb})P_b}{100(100 - P_{sb})} - \frac{(100 - r)P_{sb}}{100 - P_{sb}} = \frac{(100^2 - 70 \times 6)P_b}{100(100 - 6)} - \frac{(100 - 70) \times 6}{100 - 6} = 1.02P_b - 1.91$$

$$P_b = 5.2$$

$$P_{nb} = 1.02 \times 5.2 - 1.91 = 3.4$$

$$R = 100 \times \frac{P_{nb}}{P_b} = 100 \times \frac{3.4}{6} = 57\%$$

۲- نوع قیر جدید

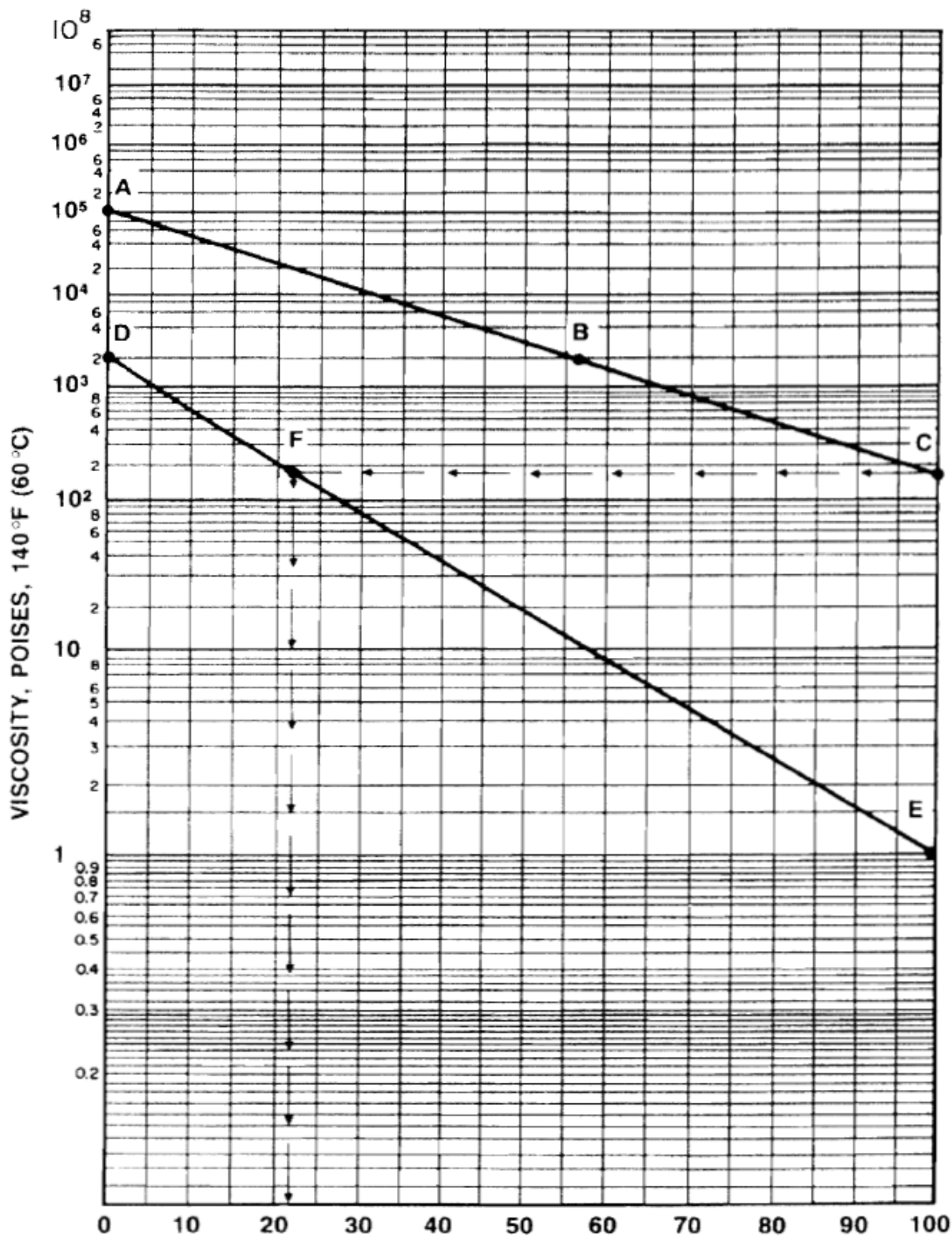
با استفاده از شکل شماره ۶-۳ و تعیین نقطه به عنوان معرف قیر RAP با کندروانی ۱۰۰۰۰۰ پوآز و قیر مبنا با کندروانی ۲۰۰۰ پوآز و R برابر با ۵۷ درصد که روی محور افقی تعیین می‌شود و ترسیم خط عمود از این نقطه و تقاطع آن با خط افقی معرف کندروانی ۲۰۰۰ به عنوان کندروانی مبنا در نقطه B و ترسیم خط، ABC، قیر جدید با کندروانی نظیر در نقطه C به دست می‌آید.

کندروانی این قیر مطابق شکل فوق حدود $1/8 \times 10^2$ یا ۱۸۰ پوآز است، یعنی قیر خیلی رقیق می‌باشد و مهندس طراح برای این پروژه به علت شرایط سنگین ترافیک و ایجاد شیار و تغییر شکل ایجاد شده در سطح آسفالت، قیر ۲۰-AC را برای مخلوط بازیافت مورد طراحی انتخاب کرده است که کندروانی آن حدود (2000 ± 400) پوآز است. با انتخاب نقطه D در محور عمودی سمت چپ شکل ۶-۳ که معرف کندروانی ۲۰۰۰ است و استفاده از افزودنی جوان‌کننده‌ای که کندروانی آن ۱ پوآز است و با نقطه E در محور عمودی سمت راست شکل نشان داده شده است خط مستقیم DE را رسم می‌کنیم. برای تعیین درصد مقدار جوان‌کننده مصرفی که می‌تواند ضمن اختلاط با قیر ۲۰-AC کندروانی معادل ۱۸۰ پوآز را تامین کند، خطی از نقطه C (معرف قیر با کندروانی ۱۸۰ پوآز) به موازات محور افقی رسم می‌کنیم تا خط DE را در نقطه F قطع نماید.

سپس با رسم خط عمود از F و تقاطع آن با محور افقی شکل ۶-۳ مقدار R معادل ۲۲ درصد تعیین می‌شود. حال چنان‌که به مخزنی از قیر ۲۰-AC (قیر مبنا با کندروانی (2000 ± 400) پوآز) به نسبت ۲۲ درصد وزنی از ماده جوان‌کننده انتخاب شده با کندروانی ۱ پوآز (معرف نقطه E) مخلوط شود کندروانی قیر حاصل از این اختلاط حدود ۱۸۰ پوآز خواهد شد. اگر این ترکیب به مخلوط بازیافت مورد طراحی که محتوی قیر بسیار سخت و شکننده‌ای با کندروانی ۱۰۰۰۰۰ پوآز است اضافه شود، کندروانی قیر مخلوط بازیافت باید در

محدوده (2000 ± 400) پواز یعنی کندروانی هدف یا قیر ۲۰-AC قرار گیرد که این نتیجه‌گیری باید در آزمایشگاه با آزمون کندروانی مطابق استاندارد بند ۲-۲۱ نیز به اثبات برسد.

کندروانی بر حسب پواز در ۶۰ درجه سلسیوس



درصد وزنی قیر جدید (یا ماده جوان‌کننده قیر) بر حسب مقدار کل قیر، R
 شکل ۳-۶ نمودار انتخاب قیر و جوان‌کننده بر حسب کندروانی

ج- طرح اختلاط مثال شماره ۲

با استفاده از داده‌های این مثال به شرح ۳۰ درصد RAP، ۶۰ درصد RAM و ۱۰ درصد مصالح سنگی و P_{sb} برابر با ۶ درصد، طرح اختلاط با روش مارشال در محدوده ۴ درصد تا ۶ درصد و مطابق نسبت‌های محاسبه شده به شرح زیر و جدول ۶-۷ در آزمایشگاه تهیه می‌شود.

$$P_{sm} = \frac{100(100-r)}{(100-P_{sb})} - \frac{(100-r)P_b}{100-P_{sb}} = \frac{100(100-70)}{(100-6)} - \frac{(100-70)P_b}{100-6} = 31.91 - 0.32P_b$$

$$P_{ns} = r - \frac{rP_b}{100} = 70 - \frac{70P_b}{100} = 70 - 0.7P_b$$

جدول ۶-۷- مقادیر اجزای متشکله مخلوط مورد طراحی برای مثال شماره ۲

مقدار قیر P_b (درصد)				
۶	۵٫۵	۵	۴٫۵	۴
۴٫۲	۳٫۷	۳٫۲	۳٫۴	۲٫۲
۳۰٫۰	۳۰٫۱	۳۰٫۳	۳۰٫۱	۳۰٫۶
۶۵٫۸	۶۶٫۲	۶۶٫۵	۶۶٫۸	۶۷٫۲
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۵۶٫۴	۵۶٫۷	۵۷	۵۷٫۳	۵۷٫۶
۹٫۴	۹٫۴	۹٫۵	۹٫۵	۹٫۶
$P_{nb} = 1.02P_b - 1.91$ $P_{sm} = 31.91 - 0.32P_b$ $P_{ns} = 70 - 0.7P_b$				
جمع				
$RAM\% = P_{ns} \times \frac{60}{70} (\times \times)$				
$\% \text{ مصالح سنگی جدید} = P_{ns} \times \frac{10}{70} (\times \times)$				
<p>P_b برآورد اولیه قیر است که با توجه به دانه‌بندی طرح اختلاط (جدول ۶-۵ ستون دوم عمودی) و محاسبه ردیف (ب) از زیر بند ۶-۳-۸-۱ مثال اول ۵٫۲ درصد محاسبه شده است که با ۵ نقطه قیری هر یک با تفاوت ۰٫۵ درصد نسبت به دیگری از ۴ درصد شروع و تا ۶ درصد ادامه می‌یابد و نمونه‌های مارشال با این مقادیر تهیه و مورد آزمون قرار می‌گیرد.</p> <p>وقتی که نمونه‌های مارشال در آزمایشگاه تهیه می‌شود، موارد زیر باید رعایت شود:</p> <ul style="list-style-type: none"> - مخلوط RAP تا دمای اختلاط طرح، حرارت داده شود. - درجه حرارت مصالح سنگی جدید ۳۰ درجه بیشتر از دمای اختلاط طرح در آزمایشگاه باشد. - قبل از افزودن قیر به مخلوط مصالح، اختلاط خشک RAP، RAM و مصالح سنگی جدید، باید انجام شود. - درجه حرارت RAP باید در حداقل نگهداری شود در غیر این صورت از روش‌های معمول طرح اختلاط (از نظر درجه حرارت) باید استفاده شود. 				

۶-۵ انتخاب نهایی فرمول کارگاهی

با استفاده از طرح مارشال و رعایت ضوابط مربوطه نسبت به انتخاب نهایی فرمول کارگاهی و درصد قیر مطابق روش‌های اشاره شده اقدام می‌شود.

۷ طرح ضخامت روسازی

طرح روسازی پروژه‌هایی که برای آن بخشی از ضخامت روسازی موجود به طریق بازیافت گرم جایگزین می‌شود، تفاوتی با روش طراحی در نوسازی‌ها و استفاده از مصالح جدید برای کلیه لایه‌های روسازی ندارد و لذا

آیین‌نامه بند ۲-۱۹ را می‌توان برای محاسبه ضخامت روکش آسفالتی در پروژه‌های بازیافت گرم مورد استفاده قرار داد.

بدیهی است قبل از رعایت ضوابط آیین‌نامه فوق برای طراحی باید اطلاعات به‌هنگام در مورد ترافیک، مقاومت بستر روسازی و خصوصیات لایه‌های غیر آسفالتی شامل زیر اساس و اساس، لایه‌های آسفالتی باقی‌مانده و لایه بازیافت گرم جدید اجرا شده و شرایط جوی-اقلیمی پروژه تهیه شود.

علاوه بر آن ضروری است مسایل مربوط به زه‌کشی و نواقص آن مورد توجه قرار گرفته و قبل از اجرای روکش جدید تقویتی، در صورت لزوم نسبت به اصلاح و رفع معیوب آن اقدام شود. چنان‌که لایه‌های زیر اساس و اساس روسازی قدیم در جریان بازیافت دست نخورده باقی می‌ماند، انتخاب ضرایب لایه‌ای یا α_i آن‌ها باید از طریق نمونه‌برداری و آزمون مورد ارزیابی قرار گیرد و چنان‌که این ضرایب نیز براساس نتایج حاصل از ارزیابی نیاز به بازنگری و اصلاح داشته باشد اقدام لازم انجام شود.

در مورد ضریب لایه آسفالت گرم حاصل از عملیات بازیافت، α_i ، صرف‌نظر از آزمون‌های معمولی کنترل کیفیت آسفالت در جریان کار، به‌شرح مندرج در بندهای ۲-۱۹ و ۲-۲۰، انجام آزمون تعیین ضریب برجهندگی^۱ آسفالت با روش استاندارد بند ۲-۳۷ و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس در حین اجرای عملیات ضروری است. نتایج این آزمون‌ها و مقایسه آن‌ها با ضریب مربوطه در بند ۲-۲۸ می‌تواند مبنای انتخاب ضریب واقعی در محاسبات روکش تقویتی قرار گیرد.

درنهایت با استفاده از ضوابط مربوط برای بهسازی و روکش به‌شرح فصل دوازدهم آیین‌نامه بند ۲-۱۹ و انتخاب یکی از دو گزینه اصلی شامل روش مستقیم و یا غیر مستقیم، ضخامت روکش محاسبه و اجرا شود. چنان‌که مهندس مشاوره پروژه روش دیگری را از جمله روش بند ۲-۳۸ برای طراحی سامانه روسازی انتخاب کند استفاده از آن باید با حفظ کامل مسئولیت مشاوره در صحت مطالعات و محاسبات و رعایت دست‌والعمل فنی و به‌کار بردن استانداردهای متداول و تصویب کارفرما باشد. بدیهی است جزئیات این روش باید در مشخصات فنی خصوصی پروژه قید شود.

۸ بازیافت گرم کارخانه‌ای

۸-۱ کلیات

بازیافت گرم کارخانه‌ای روشی است که طی آن آسفالت برداشت شده از روسازی موجود به کارخانه آسفالت مرکزی حمل شده، و پس از خردکردن و دانه‌بندی و اعمال سایر اصلاحات لازم روی آن و تغذیه به کارخانه آسفالت، و اختلاط با قیر و یا جوان‌کننده و در صورت لزوم با مصالح سنگی جدید و یا آسفالت گرم جدید، به آسفالت گرمی تبدیل می‌شود که بخشی از آن را مصالح خرده آسفالتی یا RAP تشکیل می‌دهد. صرف‌نظر از روشی که برای کندن و برداشت آسفالت و لایه‌های روسازی انتخاب می‌شود، مصالح خرده آسفالت، مصالح سنگی و مصالح مخلوط و آمیخته (خرده آسفالت با مصالح سنگی) باید در کارگاه مرکزی جداگانه انبار و نگهداری شوند.

1 -Elastic (Resilient) Modulus

۸-۲ مصالح خرد شده آسفالت (RAP)

قبل از هرگونه عملیات برداشت، سطح موجود روسازی باید با جاروهای مکانیکی و یا با فشار آب و یا روش‌های دیگر از هرگونه گرد و خاک، روغن و مواد اضافی پاک شود. در عملیات شکستن و خرد کردن و تخریب مصالح روسازی آسفالتی از ماشین آلات مخصوص شامل شخم‌زن‌ها، شکافنده‌ها،^۱ مجهز به کنترل شیب و غلتک‌های مخصوص استفاده می‌شود. سپس مصالح برداشت شده برای حمل به سنگ‌شکن و دستگاه‌های سرنده موجود در کارگاه مرکزی بارگیری می‌شوند. گزینه دیگر برای تخریب و خرد کردن آسفالت استفاده از آسیاب‌های چکشی یا عبور مکرر غلتک‌های شبکه‌ای^۲ و یا غلتک‌های V-Cleated می‌باشد که این عملیات در روی محور راه و در محل برداشت مصالح انجام می‌گیرد. اندازه و ابعاد مصالح کنده شده و خرد شده به عمق بازیافت و سرعت حرکت ماشین آسفالت تراش بستگی دارد، ولی به‌طور کلی باید این ابعاد تا حداکثر اندازه ممکن و با توجه به مشخصات فنی طرح تقلیل یافته و اصلاح شود.

۸-۳ مصالح سنگی (RAM)

بعد از برداشت لایه‌های آسفالتی سامانه روسازی، مصالح سنگی لایه‌های زیرین آن نیز که به‌عنوان یکی از مواد متشکله آسفالت گرم بازیافتی با مصالح RAP مخلوط می‌شوند، باید با لودر^۳ یا دیگر تجهیزات معمولی برداشت و به کارگاه مرکزی حمل شوند. بعد از برداشت کامل مصالح شامل RAP و RAM از سطح راه باید نواقصی که ممکن است در سامانه زه‌کشی روسازی وجود داشته باشد، اصلاح شده و سپس لایه زیر اساس و یا بستر روسازی که بلافاصله در زیر مصالح RAM قرار دارد بعد از تسطیح و پروفیل‌شدن مطابق مقطع عرضی تعیین شده در نقشه‌های اجرایی، متراکم گردد.

۸-۴ کاهش ابعاد مصالح

مصالح بازیافتی RAP یا RAM بعد از جداسازی باید فرآوری شده و ابعاد آن‌ها با توجه به الزامات پروژه و مشخصات طرح اختلاط آسفالت کاهش یابد. این عمل از طریق شکستن مصالح توسط سنگ‌شکن‌ها انجام می‌گیرد. مصالح ریزدانه حاصل از شکستن RAP که حاوی مقدار زیادی از قیر سخت‌شده قابل بازیافت می‌باشند باید نگهداری شده و در مراحل تهیه آسفالت بازیافت مورد استفاده قرار گیرند.

۸-۵ انبار کردن مصالح

مصالح RAP قبل از مصرف در تهیه آسفالت گرم باید مورد بررسی و آزمون قرار گیرند تا اطمینان حاصل شود که حتی الامکان از نظر مواد متشکله کیفیت یکنواخت و مشابهی دارند. روسازی آسفالتی که سطح تعمیر شده و لکه‌گیری شده آن‌ها، قبل از برداشت و تخریب روسازی، وسیع و گسترده باشد در واقع عامل اصلی تغییر کیفیت بین مصالح اولیه روسازی با مصالح مصرفی در عملیات ترمیم و تعمیر می‌باشند. بنابراین

1 - Ripper
2 - Grid Roller
3 - Loader

چنین مصالحی باید جداگانه انبار و ذخیره شوند تا در جریان مصرف برای تهیه آسفالت گرم بازیافتی با نسبت‌های معین و از پیش تعیین شده که مستند به آزمون‌های آزمایشگاهی باشد، مورد استفاده قرار گیرند. در شرایطی که روسازی آسفالتی در دو مرحله و در هر مرحله با ضخامت معینی کنده می‌شوند و مصالح لایه اول نیز ممکن است با ویژگی‌های مصالح لایه دوم برداشت تفاوت زیادی داشته باشد که لازم است مورد توجه قرار گیرد. انبار کردن جداگانه مصالح متفاوت لایه اساس شکسته و لایه زیر اساس، نیز باید رعایت شود. ارتفاع مصالح انبار شده RAP در کارگاه باید حداکثر به ۳ متر محدود شود تا از چسبیدن سنگدانه‌های شکسته RAP به یکدیگر به علت وزن ناشی از بار مرده و دمای زیاد محیط جلوگیری شود، ضمن این که به همین دلیل لودرها، بولدوزرها و کامیون‌ها نیز مجاز به تردد روی چنین مصالحی نیستند.

مصالح خرده آسفالتی برای این که تا حد امکان خشک باقی بماند باید در مقابل رطوبت محافظت شوند. روش به حداقل رساندن چسبندگی بین سنگدانه‌های RAP از طرفی و کاهش رطوبت ناشی از بارش از طرف دیگر، ایجاد هماهنگی بین عملیات شکستن مصالح RAP و تهیه آسفالت بازیافت با این مصالح به طور همزمان می‌باشد تا مانع انبار شدن آن‌ها با حجم زیاد و در نتیجه کاهش چسبندگی سنگدانه‌های آن به یکدیگر شود.

۸-۶ روش‌های تولید کارخانه‌ای

زمانی که از مصالح خرده آسفالتی برای تولید آسفالت گرم استفاده می‌شود، انجام تغییراتی در روال عادی کارخانه الزامی است. روش‌های مختلفی برای گرم کردن و خشک کردن مصالح خرده آسفالتی وجود دارد که طی آن مصالح RAP بدون قرار گرفتن مستقیم در معرض شعله و حرارت بالا و گاز احتراقی درون خشک کننده کارخانه گرم می‌شوند. بدون اعمال این تغییرات تولید مخلوط‌های بازیافتی گرم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست، ضمن آن که تولید گازهای آلوده کننده توسط کارخانه نیز موجب آلودگی محیط زیست می‌شوند. تغییرات اعمال شده باید به گونه‌ای باشد که به قیر موجود در مصالح خرده آسفالتی آسیب نرسد و منجر به سخت شدگی بیشتر آن نشود. کارخانه‌های آسفالت مرحله‌ای و نیز کارخانه آسفالت استوانه‌ای^۱ برای تولید رضایت‌بخش مخلوط‌های بازیافتی گرم به ترتیب برای مصرف ۵۰ درصد وزنی و ۷۰ درصد وزنی خرده آسفالت قابل اصلاح و تنظیم می‌باشند که ذیلاً روش کار برای هر یک از آن‌ها جداگانه توضیح داده شده است.

۸-۶-۱ کارخانه مخلوط کن استوانه‌ای

برای تولید مخلوط بازیافتی با این کارخانه، مصالح سنگی جدید از بالای استوانه، یعنی نزدیک شعله، افزوده می‌شوند و مصالح سنگی بیشتر گرما را از شعله جذب می‌کنند و مانند یک سپر از مصالح بازیافتی روسازی، قیر جدید و ماده جوان ساز محافظت می‌نمایند. مصالح بازیافتی روسازی از نزدیکی نقطه مرکزی به استوانه افزوده می‌شود. شکل ۸-۱ مراحل بازیافت را نشان می‌دهد.

سپرها در داخل درام باید در وضعیتی باشند که مصالح خرده آسفالتی را در مقابل صدمات گرما محافظت کنند. مخلوط بازیافت شده نهایی معمولاً بین (۱۳۰ تا ۱۵۰) درجه سلسیوس گرما داده می‌شوند تا بتوانند متراکم شده و تراکم نسبی مورد نیاز را تأمین کنند.

در کارخانه‌های اولیه، مصالح بازیافتی در معرض شعله کوره و گازهای احتراقی فوق‌العاده داغ قرار می‌گرفتند که سبب ایجاد دود آبی خیلی زیادی می‌شد. طرح و برنامه‌های متعددی برای تنظیم و اصلاح آن‌ها به شرح زیر مورد استفاده قرار گرفته اند تا به مشکلات آلودگی هوا فائق آیند.

الف- تغذیه جداگانه^۱ :

در این نوع کارخانه‌ها، مصالح سنگی از انتهای مشعل استوانه وارد مخلوط کن می‌شوند. مصالح خشک شده و حرارت بسیار^۲ زیادی می‌بیند. سپس در نقطه‌ای کاملاً پایین‌تر از مشعل یا کوره به مصالح بازیافتی اضافه می‌شوند تا از شعله و گازهای داغ احتراقی دور باشند. برحسب وضعیت کارخانه، مصالح بازیافتی از میان دریچه‌های پوسته یا از قسمت عقب استوانه و تقریباً نزدیک به مرکز آن وارد استوانه می‌شود. قیر جدید یا ماده جوان‌کننده به آن افزوده شده و اختلاط در نیمه پایین‌تر استوانه انجام می‌گیرد. (شکل ۸-۲)

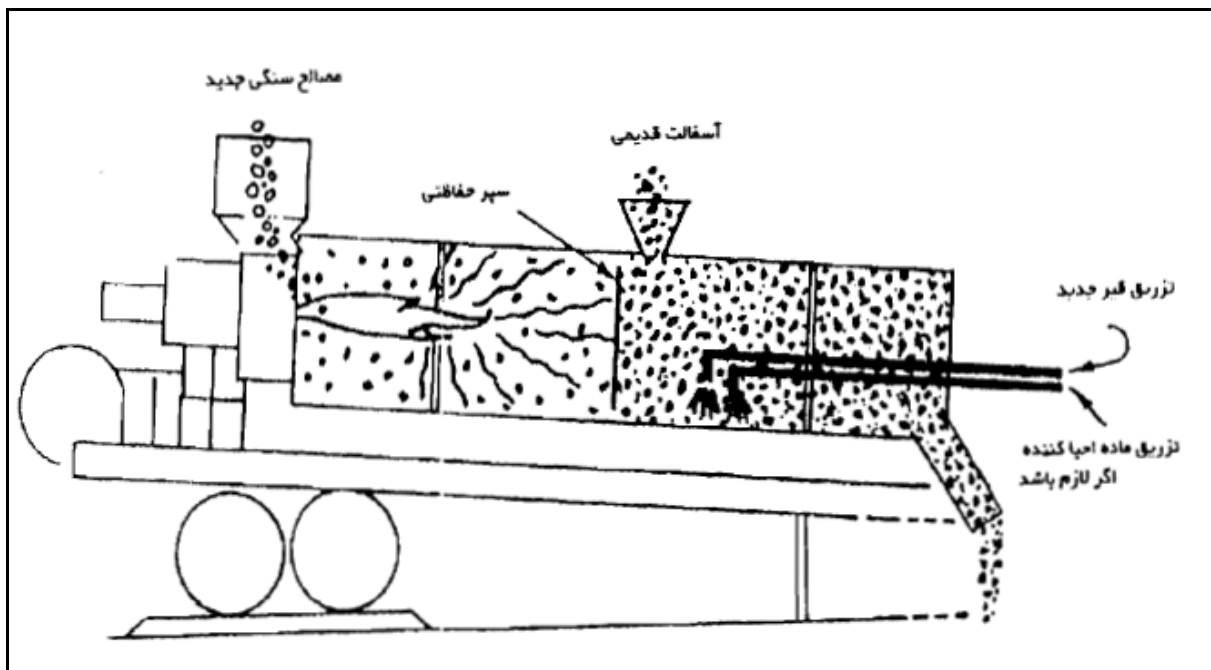
ب- استوانه‌های مضاعف^۳ :

یک استوانه کوچک‌تر، هم از نظر قطر و هم از نظر طول، داخل استوانه اصلی قرار می‌گیرد. مشعل، حرارت لازم را برای گرم کردن استوانه کوچک‌تر تولید می‌کند. مصالح سنگی بازیافتی RAM یا مصالح سنگی جدید و یا هردوی آن‌ها وارد استوانه داخلی در انتهای مشعل می‌شوند. مصالح خرده آسفالتی نیز وارد استوانه اصلی و در انتهای مشعل، اما نه میان شعله مشعل، که فقط در استوانه داخلی گرم می‌شود. مصالح خرده آسفالتی، توسط جابه‌جایی گازهای داغ، فلز داغ استوانه داخلی و انتقال حرارت از مصالح سنگی گرم شده حرارت داده می‌شوند که در نهایت به پایین‌ترین قسمت انتهایی درام داخلی منتقل می‌شود. در نزدیکی این قسمت قیر جدید و یا ماده جوان ساز افزوده شده و اختلاط قیر و مصالح در قسمت بقیه استوانه اصلی ادامه می‌یابد. (شکل ۸-۳)

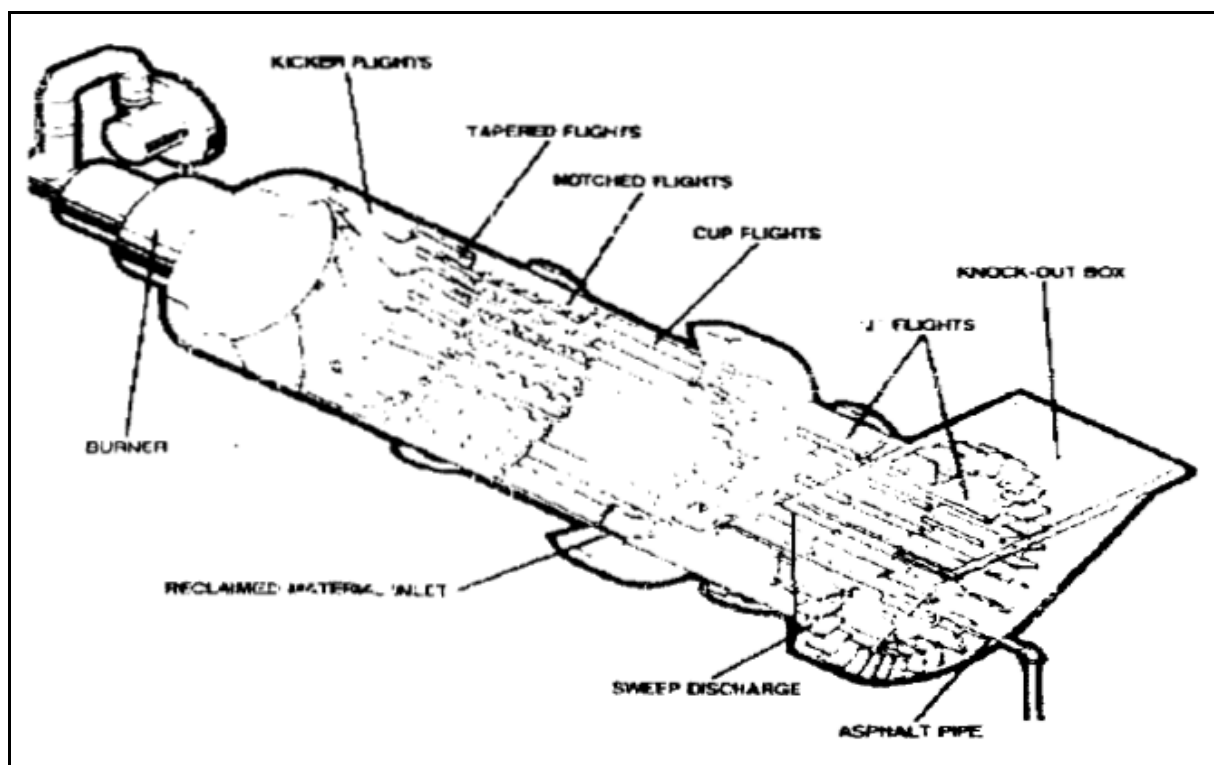
ج- جابه‌جایی با درجه حرارت پایین^۴ :

یک محفظه احتراق با یک سپرگرمایی مخروطی میان کوره و استوانه جای داده می‌شود. مصالح خرده آسفالتی به تنهایی و یا همراه مصالح سنگی بازیافتی یا مصالح سنگی جدید یا هردو وارد انتهای کوره استوانه می‌شود. می‌توان به مصالح یا مصالح ترکیب شده قبل از آن که وارد استوانه شوند، آب اضافه نمود. قیر جدید یا ماده جوان ساز در طول فرآیند مرحله خشک کردن به مصالح گرم شده، افزوده می‌شوند. مخلوط در قسمت پایین‌تر استوانه تخلیه می‌شود. (شکل ۸-۴)

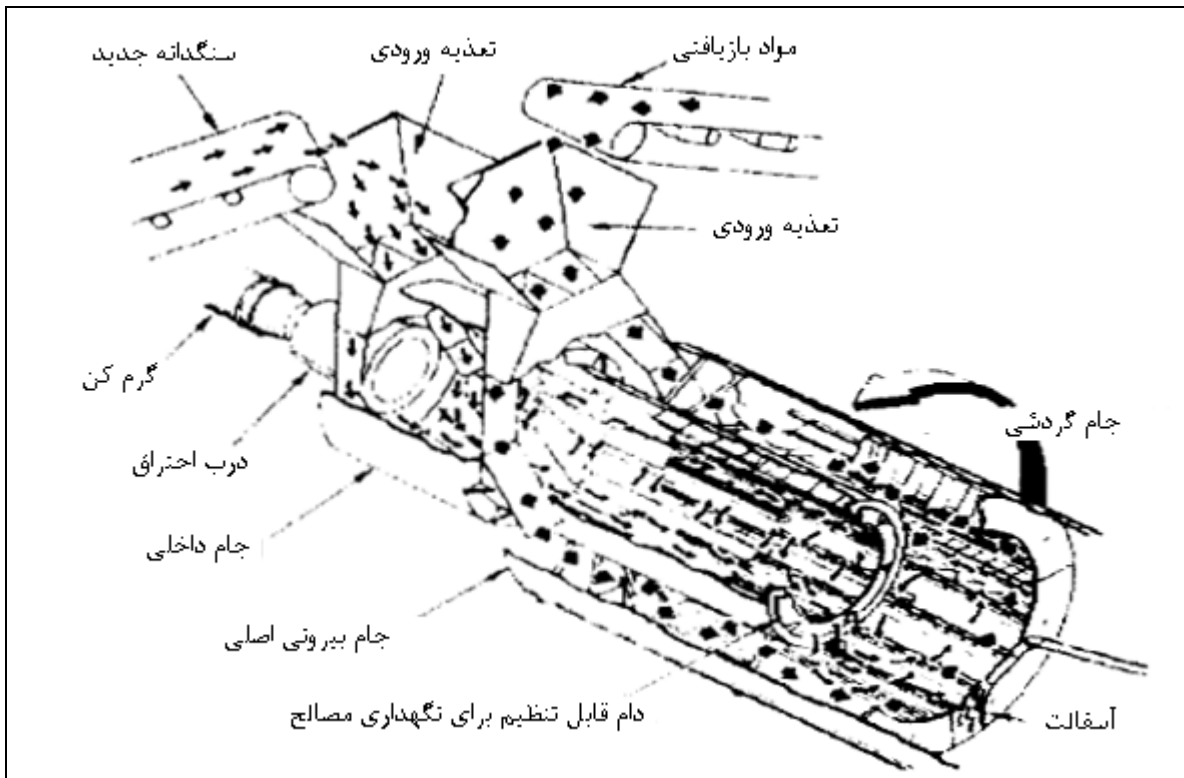
- 1-Spilt feed
- 2 - Super Heated
- 3- Drum in Drum
- 4 - Low Temperature Convection



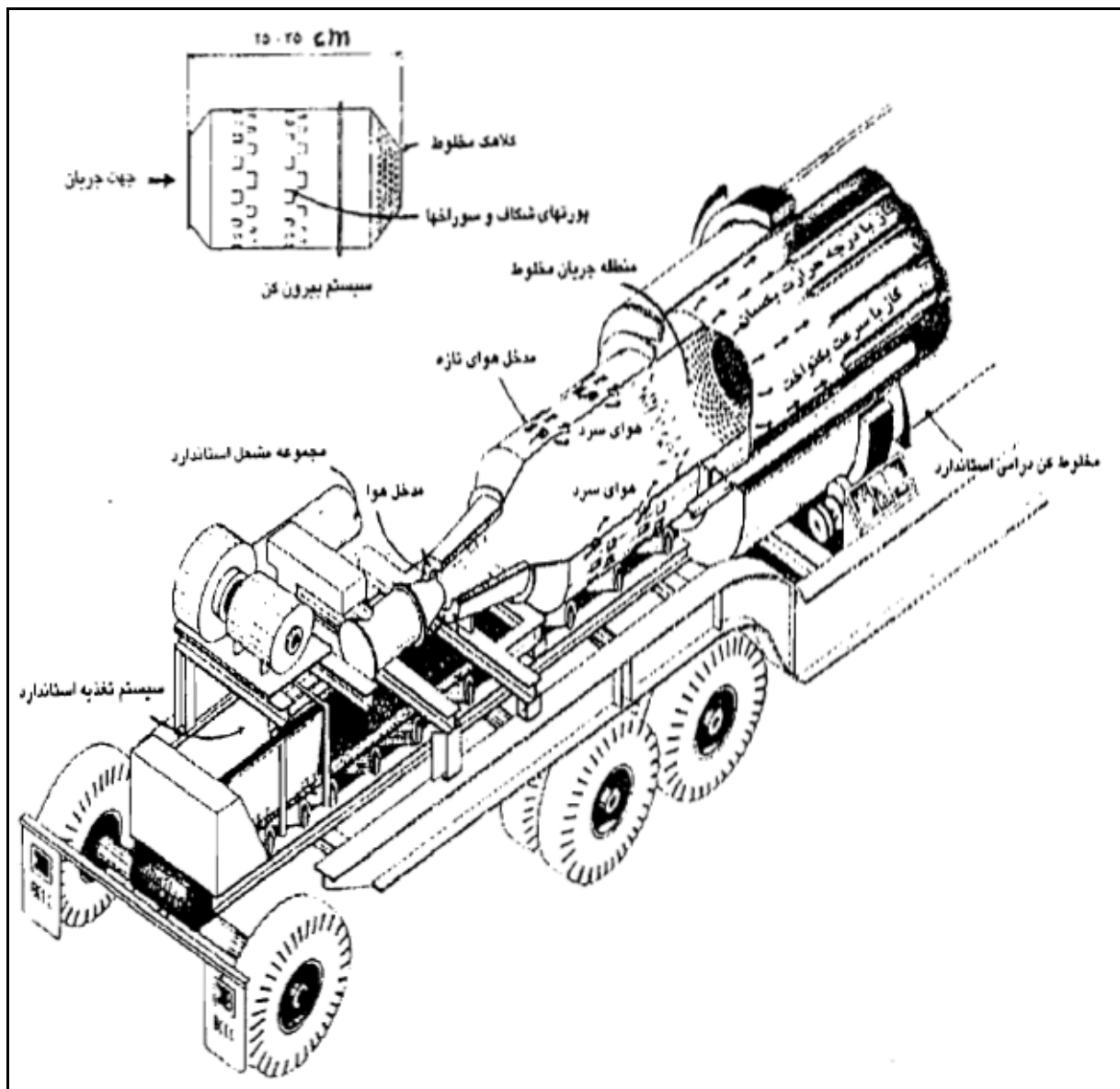
شکل ۸-۱- تولید بازیافت گرم در کارخانه آسفالت استونه‌ای



شکل ۸-۲- کارخانه استونه‌ای با سیستم تغذیه منفک



شکل ۸-۳- کارخانه آسفالت استوانه‌ای سامانه استوانه‌های مضاعف



شکل ۸-۴ کارخانه استوانه‌ای سامانه جابه‌جایی با حرارت پایین

۸-۶-۲ کارخانه آسفالت مرحله‌ای^۱

برای بهره‌گیری از کارخانه آسفالت مرحله‌ای در بازیافتی آسفالتی گرم، از روش انتقال حرارت استفاده می‌شود. این کارخانه‌ها طوری تغییر یافته‌اند تا بتوانند مخلوط‌های بازیافتی گرم تولید کنند. این تغییرات شامل یک تغذیه کننده و تسمه تقاله برای حمل مستقیم مصالح بازیافتی روسازی به پیمانانه وزنی^۲ می‌شود. در این روش مصالح سنگی جدید از سیلوهای سرد، به کارخانه تغذیه و سپس در یک خشک کن متداول مصالح سنگی، گرم می‌شوند. (شکل ۸-۵) و از آنجا به سیلوی ذخیره گرم به روش مرسوم منتقل می‌گردند. مصالح خرده آسفالتی، بدون حرارت دادن یا خشک کردن از دپو به سیلوی ذخیره سرد، حمل می‌شود. یک

1 - Batching Plant

2- Weight Hopper

سیلوی تغذیه سرد مجزا با شیب خیلی زیاد ضروری می‌باشد. مصالح بازیافتی پس از آن به قیف توزین منتقل می‌شوند. در آنجا مصالح خرده آسفالتی به مصالح سنگی فوق گرم شده^۱ اضافه می‌شوند. وقتی که مواد یا مصالح با نسبت‌های معین درون مخلوط کن ریخته شدند، انتقال حرارت بین مصالح خرده آسفالتی و مصالح سنگی گرم شده انجام می‌گیرد.

تعادل حرارتی کامل در مخلوط بازیافتی گرم، معمولاً پس از این که مخلوط از مخلوط کن خارج می‌شود، به دست می‌آید. استفاده از سیلوهای ذخیره آسفالت گرم تولیدی برای این انتقال حرارت بسیار مؤثر است. دمای مصالح سنگی جدید باید به اندازه‌ای باشد که دمای حاصله برای اختلاط و تهیه مخلوط نهایی برای تراکم مناسب باشد. جدول ۸-۱ دمای مورد نظر را برحسب درصد RAP مصرفی و رطوبت آن نشان می‌دهد. این روش انتقال حرارت در کارخانه آسفالت مرحله‌ای مقدار آلودگی هوا را کاهش می‌دهد، مشکل گرفتگی و انسداد الک‌ها را از میان می‌برد و از چسبیدن و جمع شدن مصالح خرده آسفالتی بر روی بالابرهای مصالح سنگی داغ جلوگیری می‌کند. در هر حال، در بعضی مواقع ابری از بخار آب تولید می‌شود که با دریچه دار کردن و ایجاد جریان هوا^۲ در این موارد می‌تواند مؤثر باشد. (جدول ۸-۲) باید توجه داشت که: در کارخانه‌های تجهیز شده به غبارگیرهای^۳ کیسه‌ای، درجه حرارت‌های خیلی بالا به کیسه‌های غبارگیر ضرر می‌رساند. خطر تخریب فرسودگی کیسه‌ها در گازهای خروجی با درجه حرارت بیشتر از ۲۳۰ درجه سلسیوس خیلی زیاد است.

مقدار مصالح بازیافتی RAP را که می‌توان در مخلوط آسفالت گرم بازیافت شده نهایی به کار برد به موارد زیر بستگی دارد:

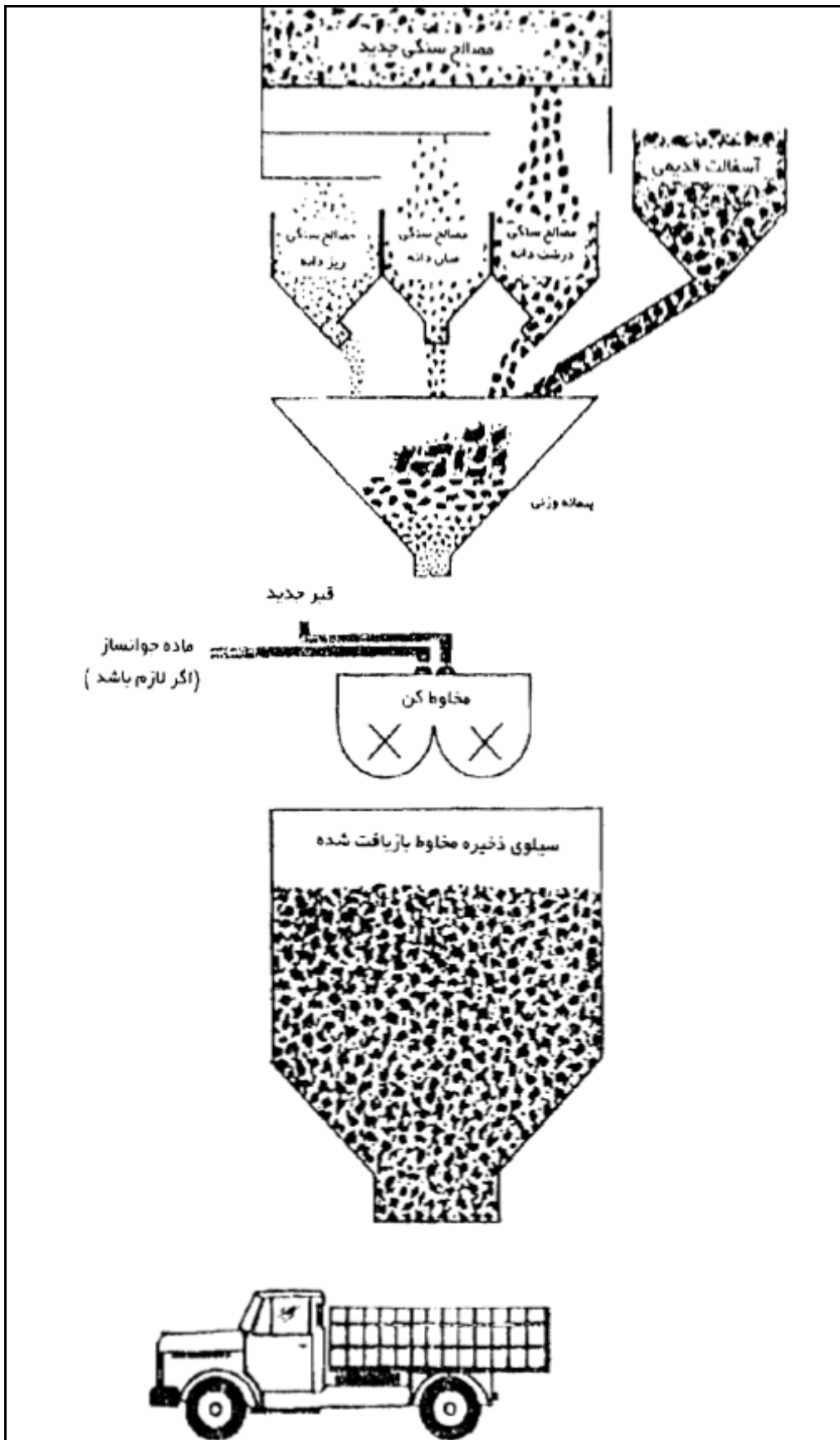
- مقدار رطوبت و درجه حرارت مصالح بازیافتی انبار شده در کارگاه؛
- درجه حرارت مورد نیاز مخلوط بازیافت؛
- درجه حرارت مصالح سنگی فوق گرم شده.

اگر مقدار رطوبت مصالح بازیافتی در کمترین یا نزدیک به کمترین حد و درجه حرارت نیز نزدیک به درجه حرارت محیط باشد، درصد مصالح بازیافتی مصرفی می‌تواند ۵۰ درصد باشد.

افزایش مقدار مصالح بازیافتی در آسفالت گرم تولیدی نیاز به افزایش دمای مصالح سنگی جدید دارد ضمن این که رطوبت اضافی در انبارهای مصالح سنگی جدید و RAP نیز عامل افزایش حرارت می‌باشند، بنابراین برای ذخیره انرژی باید مصالح ذخیره شده در انبارها تاحد امکان خشک نگهداری شوند.

یکی از محدودیت‌های کارخانه مرحله‌ای در مصرف مصالح RAP این است که نسبت مصالح بازیافتی به مصالح سنگی جدید نمی‌تواند بیش از ۵۰ درصد باشند، زیرا در غیر این صورت انتقال حرارت به خوبی انجام نخواهد گرفت.

1 - Superheated Aggregate
2 - Venting
3 - Baghouse Dust Collector



شکل ۸-۵- تولید بازیافت گرم با کارخانه آسفالت مرحله‌ای

جدول ۸-۱- راهنمای تنظیم درجه حرارت آسفالت

درجه حرارت تخلیه مخلوط آسفالت گرم بازیافت شده (درجه سلسیوس)				درصد رطوبت مصالح بازیافتی RAP
۱۳۸	۱۲۷	۱۱۶	۱۰۴	
- نسبت: ۱۰٪ RAP و ۹۰٪ مصالح سنگی جدید				
۱۶۳	۱۵۲	۱۳۸	۱۲۱	۰
۱۶۸	۱۵۴	۱۴۳	۱۲۷	۱
۱۷۱	۱۵۷	۱۴۶	۱۳۲	۲
۱۷۴	۱۶۳	۱۴۹	۱۳۸	۳
۱۷۷	۱۶۶	۱۵۲	۱۴۱	۴
۱۸۲	۱۶۸	۱۵۷	۱۴۳	۵
- نسبت: ۲۰٪ RAP و ۸۰٪ مصالح سنگی جدید				
۱۸۲	۱۶۸	۱۵۴	۱۳۸	۰
۱۹۱	۱۷۷	۱۶۰	۱۴۶	۱
۱۹۶	۱۸۲	۱۶۸	۱۵۴	۲
۲۰۴	۱۹۱	۱۷۷	۱۶۳	۳
۲۱۳	۱۹۹	۱۸۵	۱۷۱	۴
۲۲۱	۲۰۷	۱۹۳	۱۷۹	۵
- نسبت: ۳۰٪ RAP و ۷۰٪ مصالح سنگی جدید				
۲۰۷	۱۹۱	۱۷۴	۱۵۷	۰
۲۱۸	۲۰۲	۱۸۵	۱۶۸	۱
۲۳۲	۲۱۶	۱۹۹	۱۸۲	۲
۲۴۶	۲۲۹	۲۱۳	۱۹۶	۳
۲۶۰	۲۴۳	۲۲۷	۲۱۰	۴
۲۷۴	۲۵۷	۲۴۱	۲۲۴	۵
- نسبت: ۴۰٪ RAP و ۶۰٪ مصالح سنگی جدید				
۲۳۸	۲۱۸	۱۱۹	۱۷۹	۰
۲۵۷	۲۳۸	۲۱۸	۱۹۹	۱
۲۷۷	۲۵۷	۲۳۸	۲۱۸	۲
۲۹۹	۲۷۹	۲۶۰	۲۴۳	۳
۳۲۱	۲۹۹	۲۷۹	۲۶۰	۴
۳۴۱	۳۲۱	۳۰۲	۲۸۵	۵
- نسبت: ۵۰٪ RAP و ۵۰٪ مصالح سنگی جدید				
۲۸۲	۲۵۷	۲۳۵	۲۱۰	۰
۳۱۰	۲۸۸	۲۶۸	۲۴۱	۱
۳۴۳	۳۱۸	۲۹۳	۲۷۱	۲
۳۷۴	۳۴۹	۳۲۷	۳۰۲	۳
۴۰۴	۳۷۹	۳۶۰	۳۳۸	۴
۴۳۸	۴۱۳	۳۹۱	۳۶۶	۵

جدول ۸-۲ میزان بخار آب منتشر شده از مخلوط کن کارخانه آسفالت

درصد رطوبت مصالح RAP					مقدار مصالح بازیافتی در هر پیمانه
۵	۴	۳	۲	۱	کیلوگرم
m ³ /min	m ³ /min	m ³ /min	m ³ /min	m ³ /min	
۲۴۱	۱۹۰	۱۴۲	۹۳	۴۵	۴۵۴
۴۷۹	۳۷۹	۲۸۰	۱۸۷	۹۱	۹۰۷
۷۱۹	۵۶۹	۴۲۲	۲۷۸	۱۳۹	۱۳۶۱
۹۶۰	۷۵۹	۵۶۴	۳۷۱	۱۸۴	۱۸۱۴
۱۱۹۸	۹۴۹	۷۰۵	۴۶۴	۲۲۹	۲۲۶۸
۱۴۳۸	۱۱۳۸	۸۴۴	۵۵۸	۲۷۵	۲۷۲۲

۸-۷ ظرفیت تولید آسفالت گرم

تولید آسفالت برای کارخانه‌های مرحله‌ای و استوانه‌ای، با کاهش درصد مصرف مصالح بازیافتی افزایش می‌یابد. برای طراحی روسازی‌های تمام آسفالت استفاده از این مخلوط بازیافت گرم بعنوان قشر اساس قیری می‌تواند مقرون به صرفه باشد. در تولید آسفالت گرم بازیافتی، گرم کردن مصالح باروش انتقال حرارت انجام می‌گیرد لذا لازم است رطوبت در انبار مصالح بازیافتی و مصالح سنگی بازیافتی در حداقل ممکن نگهداری شود. رطوبت زیاد، دستیابی به درجه حرارت لازم برای مصالح سنگی را جهت انتقال مؤثر حرارت مشکل می‌سازد که در بسیاری از موارد نمونه آن به شکل سنگدانه‌های پوشش نشده توسط قیر ظاهر می‌شود.

۸-۸ ذخیره کردن مخلوط گرم بازیافتی

بین انبار کردن مخلوط گرم بازیافتی با انبار کردن آسفالت گرم معمولی در سیلوی ذخیره گرم تفاوتی وجود ندارد. مخلوط بازیافت شده ممکن است کمی روغنی باشد که احتمالاً به دلیل ماده افزودنی جوان‌ساز می‌باشد که این شرایط کاملاً عادی است. استفاده از سیلوی ذخیره برای بازیافت گرم، انتقال حرارت بین اجزاء متشکله و تأمین حرارت یکنواخت برای مخلوط آسفالت نهایی بسیار مؤثر است.

۸-۹ پخش و تراکم

برای پخش و تراکم آسفالت گرم بازیافتی تولیدی با روش کارخانه‌ای بشرح فوق، از تجهیزات و روش‌های متداول استفاده می‌شود که باید با مشخصات مندرج در آیین‌نامه بند ۲-۱۹ و بند ۲-۲۰ برای آسفالت گرم و بتن آسفالتی مطابقت داشته باشد.

۸-۱۰ مالکیت مصالح بازیافت

همه مصالح بازیافتی روسازی باید انبار شده تا در پروژه‌های دیگر از آن‌ها استفاده شود. اگر مالکیت مصالح بازیافتی روسازی به پیمانکار داده شود باید بهای آن به دولت پرداخت شود.

۸-۱۱ آزمون‌های کنترل کیفیت

در جریان تولید آسفالت گرم با استفاده از مصالح خرده آسفالتی، کلیه آزمون‌های لازم برای ارزیابی کیفیت آن باید انجام شود تا علاوه بر کنترل ویژگی‌های متداول آسفالت باروش مارشال و تعیین درجه حرارت مخلوط آسفالتی تغذیه شده به سیلوی ذخیره یا کامیون، درجه نفوذ و یا کندروانی قیر بازیافتی از این مخلوط‌ها نیز جهت کنترل انطباق آن با مشخصات قیر تعیین شده در پروژه مورد آزمون قرار گیرد و این آزمون بطریق دوره‌ای نیز تکرار شود.

۹ بازیافت گرم درجا

۹-۱ کلیات

بازیافت گرم درجا می‌تواند فقط آسیب دیدگی‌های سطحی را اصلاح کند، لذا اجرای این عملیات محدود به شرایطی است که سامانه روسازی از مقاومت و قدرت سازه‌ای کافی برخوردار باشد. ضخامت لایه آسفالتی مورد بازیافت در این روش معمولاً بین ۲۵ میلی‌متر تا ۵۰ میلی‌متر است که در مواردی ممکن است به ۷۵ میلی‌متر نیز برسد. محورهای آسفالتی که از روش درجا استفاده می‌کنند باید ضخامت آسفالت گرم آن‌ها حداقل ۷۵ میلی‌متر باشد زیرا ضخامت کمتر از آن موجب می‌شود تا در جریان شخم زدن رویه آسفالتی موجود لایه غیرآسفالتی اساس یا زیراساس که بلافاصله در زیر آن وجود دارد، از عمق کنده شده و از لایه مربوطه جدا شود.

۹-۲ انواع بازیافت گرم درجا

بازیافت گرم درجا به سه روش زیر اجراء می‌شود:

۹-۲-۱ بازیافت سطحی^۱

بازیافت سطحی یا روش گرمایش - تراشیدن^۲ شامل مراحل زیر است:

- حرارت دادن سطح مورد بازیافت با دستگاه‌های گرم کننده مخصوص با دمای (۱۱۰ تا ۱۵۰) درجه سلسیوس؛
 - شخم زدن آسفالت گرم شده و نرم شده؛
 - افزودن ماده جوان ساز به مصالح شخم زده برای اصلاح قیر موجود و انطباق آن با مشخصات قیر تعیین شده در پروژه؛
 - اختلاط کامل مخلوط بازیافتی با ماده جوان ساز؛
 - پخش مخلوط بعد از اختلاط در تراز و شیب کنترل شده؛
 - متراکم کردن مخلوط با غلتک‌های معمولی مورد استفاده در عملیات آسفالت گرم.
- عمق بازیافت سطحی بین (۲۰ تا ۲۵) میلی‌متر است که می‌تواند به ۵۰ میلی‌متر نیز افزایش یابد. در جریان اجرای مراحل بالا باتوجه به تفاوتی که ممکن است در سختی و شکنندگی موضعی رویه آسفالتی وجود

^۱ - Surface Recycling

^۲ - Heater - Scarification Method

داشته باشد، گاهی اوقات شخم زدن موجب ناهماهنگی و تغییر تراز سطح شخم زده نسبت به تراز اولیه می‌شود.

این روش اگر با اجرای یک لایه نازک از بتن آسفالتی جدید بعنوان روکش همراه باشد بازیافت سطحی چند عبوره^۱ نام دارد. معمولاً بین تکمیل بازیافت سطحی و پخش لایه جدید باید وقفه‌ای وجود داشته باشد. شکل شماره ۹-۱ فرآیند کلی این روش را نشان می‌دهد.

۹-۲-۲ روش احیای مجدد^۲

این روش شامل اجرای مراحل زیر است :

- گرم کردن رویه آسفالتی؛
- شخم زدن سطح گرم و نرم شده رویه آسفالتی در عمق حد اکثر ۵۰ میلی‌متر؛
- افزودن مواد جوان ساز به مخلوط بازیافتی با مقدار پیش تعیین شده برحسب درصد وزنی RAP و با توجه به کنترل سرعت ماشین؛
- اختلاط کامل مصالح بازیافتی با مواد جوان ساز؛
- پخش مصالح بازیافت به‌عنوان لایه تسطیح کننده؛
- کوبیدن همزمان دولایه با غلتک‌های معمولی مورد استفاده برای متراکم کردن آسفالت گرم.

از این روش موقعی استفاده می‌شود که روش گرمایش، تراشیدن نتواند پروفیل رویه و یا تاب لغزشی راه، و یکنواختی سطح را اصلاح کند ضمن این که اجرای روکش‌های معمولی تقویتی با ضخامت متوسط یا زیاد نیز برای رویه موجود مورد نیاز نبوده و مقرون به صرفه نباشد. در واقع تفاوت این روش با روش گرم کردن، تراشیدن فقط در اجرای یک لایه آسفالت گرم جدید با ضخامت حدود ۱۵ میلی‌متر است که قبل از کوبیدن لایه اصلی بازیافت روی آن پخش شده و همزمان دو لایه با یکدیگر متراکم می‌شوند.

این روش ممکن است یک عبوره و یا چند عبوره باشد. در روش یک عبوره آخرین دستگاه در زنجیره بازیافت گرم یک لایه روکش آسفالت گرم جدید است که روی مخلوط بازیافتی متراکم نشده پخش و سپس دولایه همزمان متراکم می‌شوند.

در روش چند عبوره آخرین دستگاه در فرآیند بازیافت گرم مخلوط بازیافتی را پخش می‌کند. سپس یک پخش کننده بلافاصله پشت سر آن حرکت می‌کند و آسفالت گرم جدید و مخلوط بازیافتی را با هم به عنوان یک لایه متراکم می‌نماید.

شکل‌های شماره ۹-۲، ۹-۳ و ۹-۴ فرآیند کلی اجرای یک مرحله‌ای و چند مرحله‌ای این روش را نشان می‌دهد.

1 - Multiple Pass
2 - Repaving Method

۹-۲-۳ روش اختلاط مجدد^۱

این روش موقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد که روش احیای مجدد نتواند خواص آسفالتی مورد بازیافت را بهبود بخشد و در نتیجه مصرف مصالح سنگی جدید و یا آسفالت گرم جدید برای افزایش مقاومت و دوام رویه آسفالتی مورد نیاز است. مقدار آسفالت جدید مصرفی در این روش که با مصالح بازیافت مخلوط شده و سپس پخش و متراکم می‌گردد از (۱۶ تا ۳۰) کیلوگرم در متر مربع برحسب خصوصیات آسفالت موجود متغیر است. این روش شامل مراحل زیر است:

- خشک کردن و گرم کردن لایه فوقانی روسازی موجود؛
- شخم‌زدن روسازی که معمولاً ۵۰ میلی‌متر است ولی ممکن است تا ۷۵ میلی‌متر افزایش یابد؛
- افزودن ماده جوان ساز، مصالح سنگی جدید و یا آسفالت گرم جدید، هر کدام که در طرح پیش‌بینی شده باشد؛
- اختلاط کامل مخلوط بازیافتی با مصالح جدید؛
- پخش آسفالت؛
- متراکم کردن آسفالت.

شکل شماره ۹-۵ فرآیند کلی این روش و شکل ۹-۶ فرآیند یک مرحله‌ای آن را نشان می‌دهد.

۹-۳ راهنمای عملیات بازیافت گرم درجا

راهنمای عملیاتی بازیافت گرم درجا شامل ارزیابی مقدماتی، ارزیابی تکمیلی، بررسی قابلیت اجرا و انتخاب گزینه‌های متفاوت بازیافت و در نهایت چگونگی اصلاح نواقص و معایب سطحی آسفالت با استفاده از روش‌های سه گانه بازیافت گرم درجا به ترتیب طی جداول ۹-۱ تا ۹-۵ نشان داده شده است.

جدول ۹-۱ مراحل اجرایی پروژه‌های بازیافت گرم درجا

ردیف	شرح کلی عملیات	شرح تفصیلی عملیات	هدف
۱	ارزیابی مقدماتی وضعیت روسازی	به جدول ۹-۲ مراجعه شود.	تعیین کفایت توان سازه‌ای روسازی
۲	قابلیت اجرای بازیافت گرم درجا	به جدول ۹-۲ مراجعه شود.	انتخاب گزینه بهسازی، یا بازسازی، چنانچه بازیافت گرم درجا قابل اجرا نباشد
۳	ارزیابی تکمیلی و تفصیلی وضعیت روسازی	به جدول ۹-۳ مراجعه شود.	تعیین کیفیت و ویژگی‌های رویه آسفالتی موجود
۴	انتخاب گزینه بازیافت گرم درجا	به جداول ۹-۴ و ۹-۵ مراجعه شود.	انتخاب روش مناسب از روش‌های سه‌گانه بازیافت گرم (۹-۲)

^۱ - Remixing Method

جدول ۹-۲ اطلاعات مورد نیاز از مطالعات مقدماتی ارزیابی توان سازه‌ای روسازی

ردیف	شرح کلی موارد	شرح جزئیات	هدف
۱	اطلاعات مربوط به روسازی	- طبقه‌بندی روسازی - جزئیات مربوط به سامانه روسازی و وضعیت روسازی ^۱ - عمر روسازی، سابقه و تاریخچه آن - وضعیت ترافیک	- تهیه برنامه عملیاتی و اجرایی - بررسی قابلیت اجرای بازیافت گرم درجا - تهیه اطلاعات تکمیلی
۲	وضعیت سازه‌ای روسازی	- معایب و نواقص سازه‌ای (نوع و شدت آن‌ها) ^۱ - آسیب‌دیدگی‌های غیرسازه‌ای (نوع و شدت آن‌ها) - نواقص و معایب موضعی سازه‌ای	- بررسی قابلیت اجرای بازیافت گرم درجا - انتخاب بازیافت گرم درجا به‌عنوان یکی از گزینه‌ها - نیازهای مربوط به تعمیرات موضعی
۳	پیش‌نیازها	- عملیاتی که قبل از اجرای بازیافت باید با توجه به وضعیت روسازی انجام شود، از جمله کندن، تراشیدن و جمع‌آوری آسفالت سطحی موجود، مخلوط آسفالتی با خرده لاستیک موجود، رنگ‌ها و مواد مصرفی برای خط-کشی راه و پارکینگ‌ها و استفاده از اپوکسی و ترکیبات صنعتی برای تعمیرات و لکه‌گیری	- برنامه‌ریزی برای خراشیدن و کندن و جمع‌آوری، قبل از بازیافت چنانچه امکان-پذیر باشد
۴	وضعیت هندسی و پروفیل روسازی	عرض راه، پروفیل طولی راه، شیب‌ها، پروفیل سطح راه (شیار افتادگی و سایش) ^۲	- بررسی قابلیت اجرای بازیافت گرم درجا - برنامه‌ریزی برای انجام اقدامات لازم قبل از بازیافت، از جمله شخم‌زدن و تراشیدن سطحی
۵	سایر موارد	- منهول‌ها و درپوش‌های تاسیساتی آب، برق، گاز و تلفن - وجود اشجار، فضای سبز و یا مواد قابل اشتعال	- تهیه برنامه زمان‌بندی برای اجرای اقدامات لازم و عملیات حفاظتی مورد نیاز
<p>(۱) به‌طورکلی روسازی‌های دارای نواقص سازه‌ای عمده (عدم کفایت ظرفیت باربری، ضخامت غیرکافی لایه اساس، علاوه بر معایب موضعی که قابل اصلاح می‌باشد) برای اجرای بازیافت گرم درجا مناسب و مطلوب نیست. پارامترها و آسیب‌دیدگی‌های غیر سازه‌ای سطحی مانند شیار افتادگی، سخت شدن قیر رویه، سایش، ترک خوردگی‌های کم و متوسط و فقدان تاب لغزشی کافی برای اجرای بازیافت گرم درجا مطلوب و مناسب می‌باشند.</p> <p>(۲) الزامات مربوط به تعویض و اصلاح مسیر و شیب‌های طولی و یا شیار افتادگی و سایش بیشتر از ۵۰ میلی‌متر برای بازیافت گرم درجا مطلوب و مناسب نمی‌باشند.</p>			

جدول ۹-۳ اهمیت حاصل از ارزیابی تکمیلی-تفصیلی رویه آسفالتی موجود

نواقص سطحی آسفالت				پارامترهای ارزیابی	وضعیت روسازی
تاب لغزشی سطح راه	ترک خوردگی	شیارافتادگی	سایش		
غیر ضروری (N)	الزامی (M)	غیر ضروری (N)	غیر الزامی (N)	ترک‌ها (نوع و شدت)	وضعیت سطح آسفالت ^۴
توصیه‌ای (R)	غیر ضروری (N)	الزامی (M)	الزامی (M)	پروفیل عرضی	
غیر ضروری (N)	غیر ضروری (N)	توصیه‌ای (R)	توصیه‌ای (R)	پروفیل طولی	وضعیت موجود سطح بتن آسفالتی ^۵ (که به طور معمول شامل بیندر و توپکا می-شود، ضمن این‌که حداقل باید معادل ضخامت مورد باز یافت در نقشه-های اجرایی باشد)
الزامی (M)	الزامی (M)	الزامی (M)	الزامی (M)	ضخامت	
الزامی (M)	الزامی (M)	الزامی (M)	الزامی (M)	درصد قیر (در ضخامت مورد باز یافت)	وضعیت موجود سطح بتن آسفالتی ^۵ (که به طور معمول شامل بیندر و توپکا می-شود، ضمن این‌که حداقل باید معادل ضخامت مورد باز یافت در نقشه-های اجرایی باشد)
الزامی (M)	الزامی (M)	الزامی (M)	الزامی (M)	دانه‌بندی (در ضخامت مورد باز یافت)	
الزامی (M)	الزامی (M)	الزامی (M)	الزامی (M)	وزن مخصوص	وضعیت موجود سطح بتن آسفالتی ^۵ (که به طور معمول شامل بیندر و توپکا می-شود، ضمن این‌که حداقل باید معادل ضخامت مورد باز یافت در نقشه-های اجرایی باشد)
الزامی (M)	الزامی (M)	الزامی (M)	الزامی (M)	فضای خالی	
غیر ضروری (N)	الزامی (M)	توصیه‌ای (R)	الزامی (M)	درجه نفوذ، کندروانی و نقطه نرمی قیر باز یابی شده از مخلوط آسفالتی برای ضخامت مورد باز یافت	وضعیت موجود سطح بتن آسفالتی ^۵ (که به طور معمول شامل بیندر و توپکا می-شود، ضمن این‌که حداقل باید معادل ضخامت مورد باز یافت در نقشه-های اجرایی باشد)
غیر ضروری (N)	الزامی (M)	توصیه‌ای (R)	الزامی (M)	باز یابی شده از مخلوط آسفالتی برای ضخامت مورد باز یافت	

(۱) غیر ضروری: مورد نیاز نیست (N:Not Necessary)
 (۲) الزامی: (M:Mandatory)
 (۳) توصیه‌ای: (R:Recommended)
 (۴) مطالعات انجام شده باید معرف واقعی وضعیت رویه آسفالتی مورد بررسی پروژه باشد. قسمت‌های دارای نواقص و معایب اختصاصی (نظیر سطوح با لکه‌گیری و تعمیرات زیاد) و آسیب دیدگی‌های موضعی سازه‌ای نیز باید مورد توجه قرار گیرد.
 (۵) این آزمون‌ها باید روی مغزه‌هایی که از سطح راه با ضخامت مندرج در نقشه‌های اجرایی، گرفته می‌شود، اجرا شود.

جدول ۹-۴ عملیات آسفالت بازیافت گرم درجا

ردیف	هدف ^۱	روش	فرآیند اجرایی
۱	-اصلاح پروفیل سطح آسفالت که به دلیل سایش و شیار افتادگی تغییر شکل یافته، ولی قیر رویه کهنه و سخت-نشده و ترک خوردگی کم و جزئی است. ^۲	گرمایش، تراشیدن (بازیافت سطحی)	گرمایش، تراشیدن، افزودن جوان-کننده (در صورت نیاز)، تسطیح، پروفیل سازی ^۳ مجدد و تراکم ^۴
۲	-اصلاح پروفیل سطح راه که عوارض سایش و شیار افتادگی موجب تغییر شکل زیاد آن شده است روکش آسفالت گرم جدید در یک مرحله - اصلاح تاب لغزشی سطح راه - تقویت روسازی به مقدار جزئی و کم	احیای مجدد (Repave)	گرمایش، تراشیدن، افزودن جوان-کننده، تسطیح، پخش آسفالت گرم جدید ^۵ پروفیل سازی مجدد، کوبیدن آسفالت
۳	اصلاح و بهبود کیفیت آسفالت رویه قدیمی ترک خورده و قیر سخت شده از طریق افزودن جوان کننده و یا آسفالت گرم جدید ^۶	اختلاط مجدد (Remix)	گرمایش، تراشیدن، افزودن جوان-کننده و اختلاط آن ها و یا استفاده از آسفالت گرم جدید، اختلاط، پخش، پروفیل سازی و کوبیدن
<p>(۱) هدف های اولیه ای که باتوجه به فرآیندهای اجرایی می توان برای اصلاح سطح آسفالت موجود در نظر گرفت. (۲) معمولاً قبل از روکش با آسفالت گرم جدید باید از روش گرمایش، تراشیدن استفاده نمود. (۳) پروفیل سازی باید بادقت اجرا و کنترل شود. (۴) نوع غلتک ها و روش کوبیدن باید با مشخصات فنی خصوصی پروژه مطابقت داشته باشد. (۵) ضخامت آسفالت گرم جدید باید اندازه گیری و کنترل شود. (۶) دانه بندی، درصد قیر و ترکیب آسفالت جدید باید به گونه ای طراحی شود که موجب افزایش و بهبود شود.</p>			

جدول ۹-۵- راهنمای انتخاب روش بازیافت گرم درجا

ردیف	هدف	نوع روش مورد استفاده
۱	اصلاح ناهمواری های سطح آسفالت شامل شیارافتادگی، فتیله شدن آسفالت و سایر تغییر شکل های سطحی	هر سه روش
۲	اصلاح شیب و بهبود زه کشی سطحی	هر سه روش
۳	حذف ترک های عرضی	هر سه روش
۴	پیش گیری موقت از ظهور ترک های انعکاسی	هر سه روش
۵	اصلاح روسازی آسفالتی بدون افزایش رقوم یا افزایش خیلی کم	هر سه روش
۶	احیای رویه اکسید شده	روش گرم کردن-تراشیدن (بازیافت سطحی)
۷	اجرای یک روکش با روش یک مرحله ای (یک عبوره)	روش احیای مجدد
۸	بهبود تاب لغزشی راه	روش های احیای مجدد و اختلاط مجدد
۹	اصلاح دانه بندی یا بهبود کیفیت رویه آسفالتی	روش اختلاط مجدد
۱۰	احیا و بهبود دوام آسفالت بدون افزایش قیر آن از طریق مصرف جوان سازها	روش اختلاط مجدد

۴-۹ تجهیزات و ماشین آلات بازیافت گرم درجا

در اجرای بازیافت گرم درجا از وسایل و ماشین آلات زیر استفاده می‌شود:

۱-۴-۹ سامانه‌های گرمایشی

خشک کردن، گرم کردن و در نتیجه نرم شدن سطح راه به‌وسیله یک یا چند دستگاه پیش‌حرارتی انجام می‌گیرد.

این دستگاه‌ها از اشعه غیر مستقیم و گرمایش با سامانه مادون قرمز استفاده می‌کنند که میزان گازهای منتشره و خسارات وارده به قیر را کاهش می‌دهند. بیشتر گرم‌کننده‌ها از پروپان یا گازهای مشابه آن به عنوان سوخت مصرف می‌نمایند در صورتی که دستگاه‌های حرارتی مادون قرمز از سوخت دیزلی استفاده می‌کنند.

سه عاملی که بر انتقال گرما به روسازی آسفالت تأثیر می‌گذارند عبارتند از:

- حداکثر دمای منبع گرما؛

- دمای سطح روسازی / شرایط محیطی؛

- مدت زمانی که سطح روسازی در معرض گرما قرار می‌گیرد.

برای این‌که بتوان روسازی آسفالت را بدون وارد آوردن خسارت زیاد به قیر گرم کرد، باید حرارت منبع را کم و مدت زمان گرما را افزایش داد. این روند از طریق کاهش سرعت حرکت منبع حرارتی در سطح روسازی و یا از طریق افزایش تعداد منابع حرارتی به انجام می‌رسد. کندکردن سرعت منبع حرارتی به‌علت کاهش میزان تولید، هزینه‌ها را افزایش می‌دهد. لذا در عمل با استفاده از گرم‌کننده‌های بیشتر می‌توان میزان بهره‌دهی را بالا برد. دستگاه‌های گرم‌کننده باید دما را در سطح مورد اجرا به‌طور یکنواخت افزایش دهند. دمای مواد خرد شده بعد از اختلاط باید حداقل ۱۱۰ درجه سلسیوس تا حداکثر ۱۵۰ درجه سلسیوس باشد.

۲-۴-۹ دستگاه تراش و گرم‌کننده

دستگاه تراش با گرما بلافاصله پشت گرم‌کننده‌های اولیه حرکت می‌کند. این دستگاه حرارت نهایی را افزایش داده و سپس روسازی آسفالتی موجود نرم شده را شخم می‌زند. روسازی نرم شده به‌وسیله یک یا چند ردیف دندانه‌های موجود در دستگاه، شخم‌زده می‌شود. دندانه‌های موجود در برخی دستگاه‌ها گاهی به‌وسیله فشار هوا یا آب فعال می‌شوند، تا از شکستگی سطح زیرین روسازی که سرد است جلوگیری کند. عمق شخم زنی در روش بازیافت درجا بین ۲۰ میلی‌متر تا ۵۰ میلی‌متر می‌باشد. دندانه‌های شخم زدن معمولاً با سطح روسازی تمام شده هم سطح بوده تا عمق شخم زنی یکسانی ایجاد کنند. واضح است که به دلیل تفاوت در درجه سختی و عمق نفوذ گرما به لایه‌های مختلف روسازی به‌ویژه در روسازی‌های شیاری شده تفاوت‌هایی نیز ایجاد خواهد شد.

عمق شخم‌زنی با تغییر دادن موقعیت فنرها، تنظیم فشار آب و هوا بر روی دندانه‌ها یا تغییر سرعت پیش‌روندگی دستگاه قابل کنترل است. با استفاده صحیح از گرم‌کننده‌های اولیه و دستگاه شخم‌زن، تفاوت‌ها در عمق تراش به‌خصوص برای عمق ۵۰ میلی‌متر به حداقل می‌رسد.

۹-۴-۳ سامانه افزودن جوان ساز

جوان سازها به وسیله یک سامانه رایانه‌ای قابل کنترل که به سرعت حرکت پیش روندهای دستگاہ متصل می‌باشد، به روسازی آسفالت نرم شده و یا به مصالح خرده آسفالتی افزوده می‌شود.

- خصوصیات قیر فرسوده؛

- نوع ماده جوان ساز که مورد استفاده قرار می‌گیرد؛

- الزامات طرح اختلاط.

در برخی موارد این ماده جوان ساز در یک مخزن مسطح قرار دارد و به آن حرارت داده می‌شود تا بتوان از آن در دماهای خیلی زیاد استفاده کرد. این کار فرآیند پخش ماده جوان ساز را در کل مواد نرم شده/ خرد شده افزایش می‌دهد. اگر ماده جوان ساز امولسیون قیر باشد در این صورت مقداری از انرژی گرمایی آسفالت خرده شده را جذب می‌کند تا آب امولسیون را گرم و تبخیر کند. بنابراین دمای مواد خرد شده باید چند درجه افزایش یابد تا گرمایی را که در طول کاهش رطوبت از دست داده بود جبران کند.

پس از آن که ماده جوان ساز به مصالح خرده شده افزوده شد، با آن مخلوط می‌شود. عمل اختلاط معمولاً توسط روش‌های استاندارد انجام می‌گیرد. برخی مواقع ماده جوان ساز قبل از شخم‌زدن روسازی در سطح راه پخش می‌شود، در این حالت دندان‌های شخم‌زننده تنها روسازی آسفالتی را شخم می‌زند بلکه آن‌ها را نیز مخلوط می‌کنند. در برخی موارد استثنائی بعد از این که آسفالت روسازی شخم‌زده، پخش و متراکم شد ماده جوان ساز روی آن مانند قیر پاشی پخش می‌شود. میزان مصرف ماده جوان ساز در عملیات بازیافت گرم درجا و در شرایطی که صد درصد از مصالح RAP استفاده می‌شود براساس استاندارد بند ۲-۳۹ محاسبه و تعیین می‌گردد. بدیهی است که قبلاً باید کندروانی قیر موجود در مصالح RAP اندازه‌گیری و به تناسب این که ماده جوان ساز غلیظ یا رقیق انتخاب شود درصد مصرف آن نسبت به قیر موجود تعیین شود. جوان‌سازها و یا قیرهای جدید مصرفی باید با مشخصات بندهای ۵-۵ و ۵-۶ مطابقت داشته باشند.

۹-۴-۴ مخلوط‌کننده

در کلیه روش‌های بازیافت گرم درجا محفظه‌ای برای اختلاط جوان‌سازها با مصالح بازیافت یا مخلوط کردن آسفالت گرم جدید با مصالح بازیافت تعبیه شده است. در ضمن برای افزودن آسفالت گرم جدید به دستگاہ نیز محل معینی در نظر گرفته شده که در شکل‌های مربوطه نشان داده شده است.

۹-۴-۵ فینیش

فینیش متصل به دستگاہ باید شرایط زیر را داشته باشد :

- خود کششی بوده و چرخ‌های آن تماسی با مخلوط پخش شده نداشته باشد؛

- به تیغه و شمشه تراز مجهز باشد تا بتواند مخلوط بازیافت را با بافتی همگن و پیوسته درعرض، ضخامت، خطوط، شیب تعیین شده پخش نماید، ضمن آن که موجب جداشدگی مخلوط نشود و بریدگی در سطح آسفالت ایجاد ننماید؛

- با یک سامانه کنترل پخش شونده مجهز باشد تا آسفالت را با شیب مورد نظر پخش نماید و شمشه تراز دستگاہ را در محل صحیح نگه‌داری کند.

۹-۴-۶ غلتک‌ها

غلتک‌هایی که برای کوبیدن آسفالت بازیافت گرم، روکش آن با آسفالت جدید مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل فلزی و لاستیکی و ارتعاشی باید با مشخصات مندرج در فصل آسفالت گرم و بتن آسفالتی استاندارد بند ۲-۱۹ انطباق داشته باشند.

۹-۵-۵ اجرای عملیات

۹-۵-۱-۱ پاک‌سازی سطح روسازی

سطح مورد بازیافت موجود باید با جارو، فشار آب و یا روش‌های دیگر مورد تأیید دستگاه نظارت پیش از عملیات گرم کردن و خراش‌دادن از هر گونه گرد و خاک، روغن و ضایعات پاک شود.

۹-۵-۲-۲ قطعه آزمایشی

در ابتدای عملیات بازیافت گرم، یک نوار آزمایشی برای پروژه به طول حداقل ۱۵۰ متر و کمتر از ۳۰۰ متر اجرا می‌شود، تا تمام تجهیزات و روش‌های مورد استفاده برای بازیابی گرم در پروژه مورد کنترل قرار گیرد. تا زمانی که قطعه آزمایشی به تأیید دستگاه نظارت نرسد از اجرای هرگونه بازیافت گرم باید خودداری شود.

۹-۵-۳-۳ گرم کردن و شخم زدن

سطح رویه را به‌طور یکسان گرم نموده و شخم می‌زنند. گرما را کنترل نموده تا از گرم شدن یک‌دست و یکنواخت سطح مورد نظر اطمینان حاصل شود. سوزاندن قیر مجاز نیست. پیش از اختلاط دوباره و تسطیح مخلوط، ماده جوان‌ساز را به‌طور یکنواخت بر روی مصالح شخم‌زده پخش می‌گردد، مگر این‌که مشخصات فنی خصوصی روش دیگری را برای مصرف آن تعیین کرده باشد. مقدار و میزان کاربرد باتوجه آزمون‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی نمونه‌های روسازی و دستورات دستگاه نظارت تعیین می‌شود.

مصالح گرم شده و شخم‌زده باید درجه حرارتی بین (۱۱۰ تا ۱۵۰) درجه سلسیوس داشته باشند و این حرارت پشت سردستگاه شخم‌زن کنترل شود به نحوی که دمای انتخاب شده بیش از (۱۳±) درجه سلسیوس تغییر نیابد. درحین کار، درختچه‌ها و بوته‌ها و سایر مواد مجاور سطح روسازی و نیز محیط اطراف آن از نظر تخریب ناشی از گرما باید محافظت شود. وقتی مسیری در مجاورت مسیری دیگر ساخته می‌شود، عرض هم‌پوشانی باید حداقل ۵۰ میلی‌متر باشد. از روش‌های دیگر مورد تأیید دستگاه نظارت برای اطمینان یافتن از یک اتصال کافی و لازم نیز می‌توان استفاده کرد.

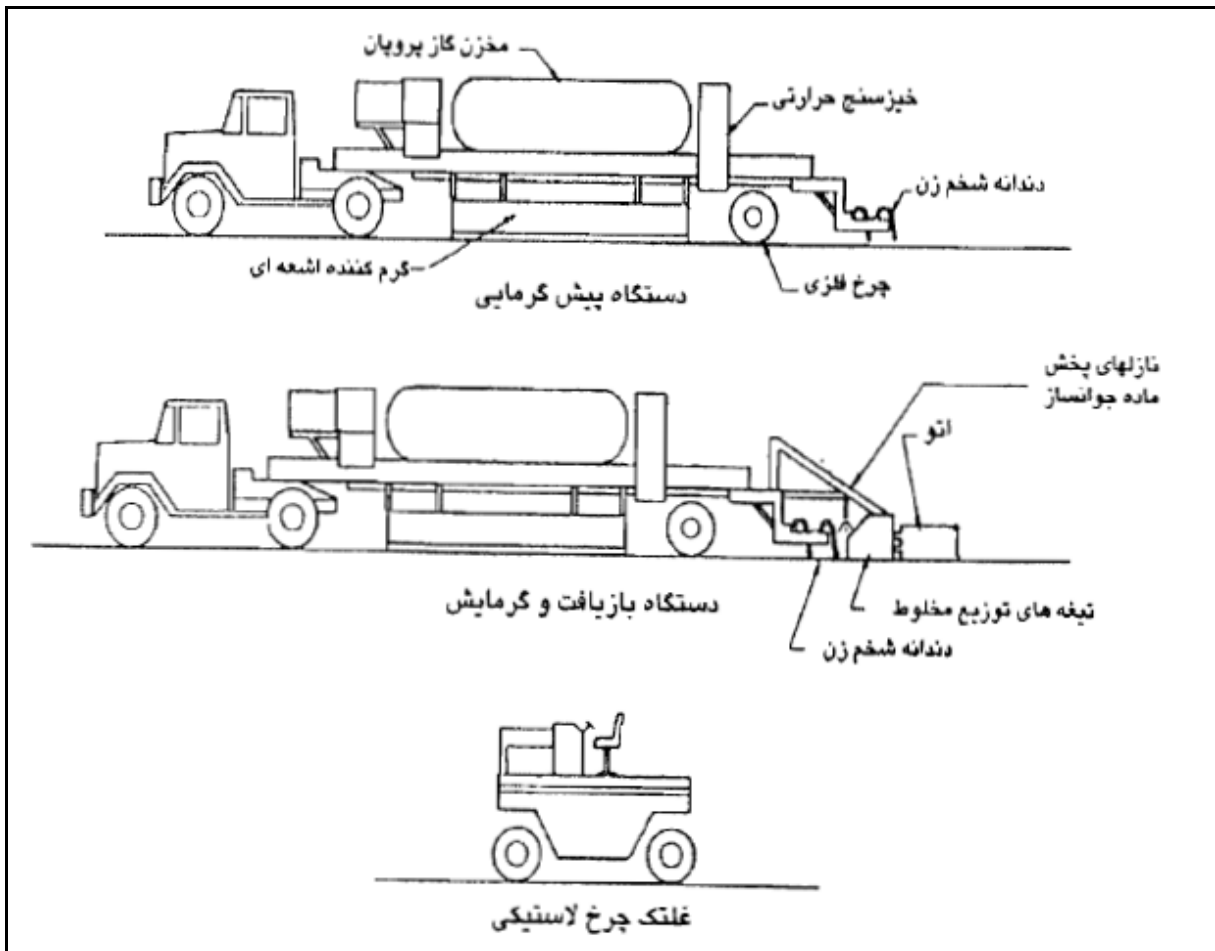
۹-۵-۴-۴ مخلوط کردن و پخش آسفالت

دستگاه باید به‌طور خودکار ماده شخم‌زده شده را به یک واحد مخلوط‌کن، تغذیه کند. ماده جوان‌ساز و در صورت لزوم جدید را به دستگاه مخلوط‌کننده به مقدار تعیین شده اضافه می‌شود. مواد را به دقت با هم مخلوط کرده و سپس به فینیشر آسفالت انتقال می‌یابد.

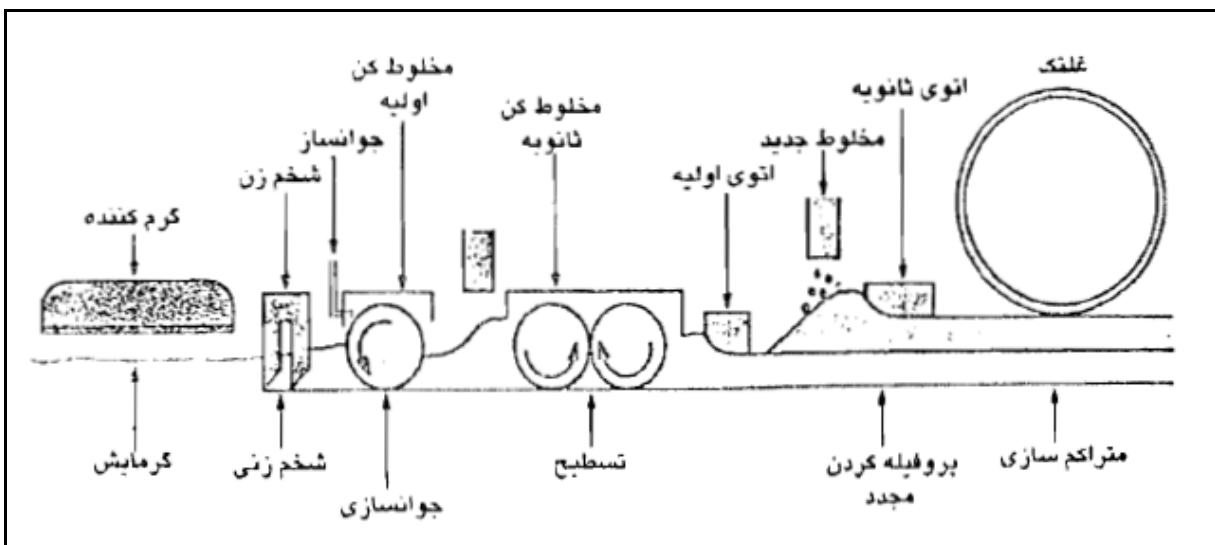
مخلوط را با ضخامت و شیب مشخص شده در حداقل درجه حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس پخش کنید.

۹-۵-۵ کوبیدن

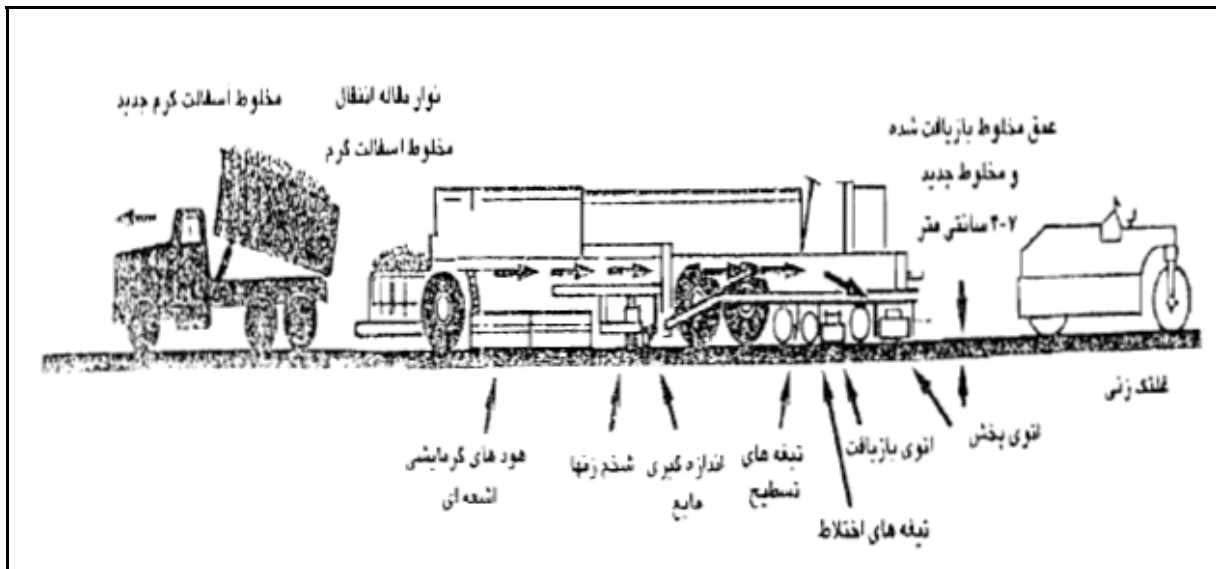
مخلوط بازیافت گرم درجا باید مطابق شرح مندرج در بند ۲-۱۹ و رعایت دستورالعمل‌های مربوط متراکم شود. عملیات غلتک‌زنی قبل از آن که درجه حرارت به ۸۰ درجه سلسیوس برسد باید کامل شود.



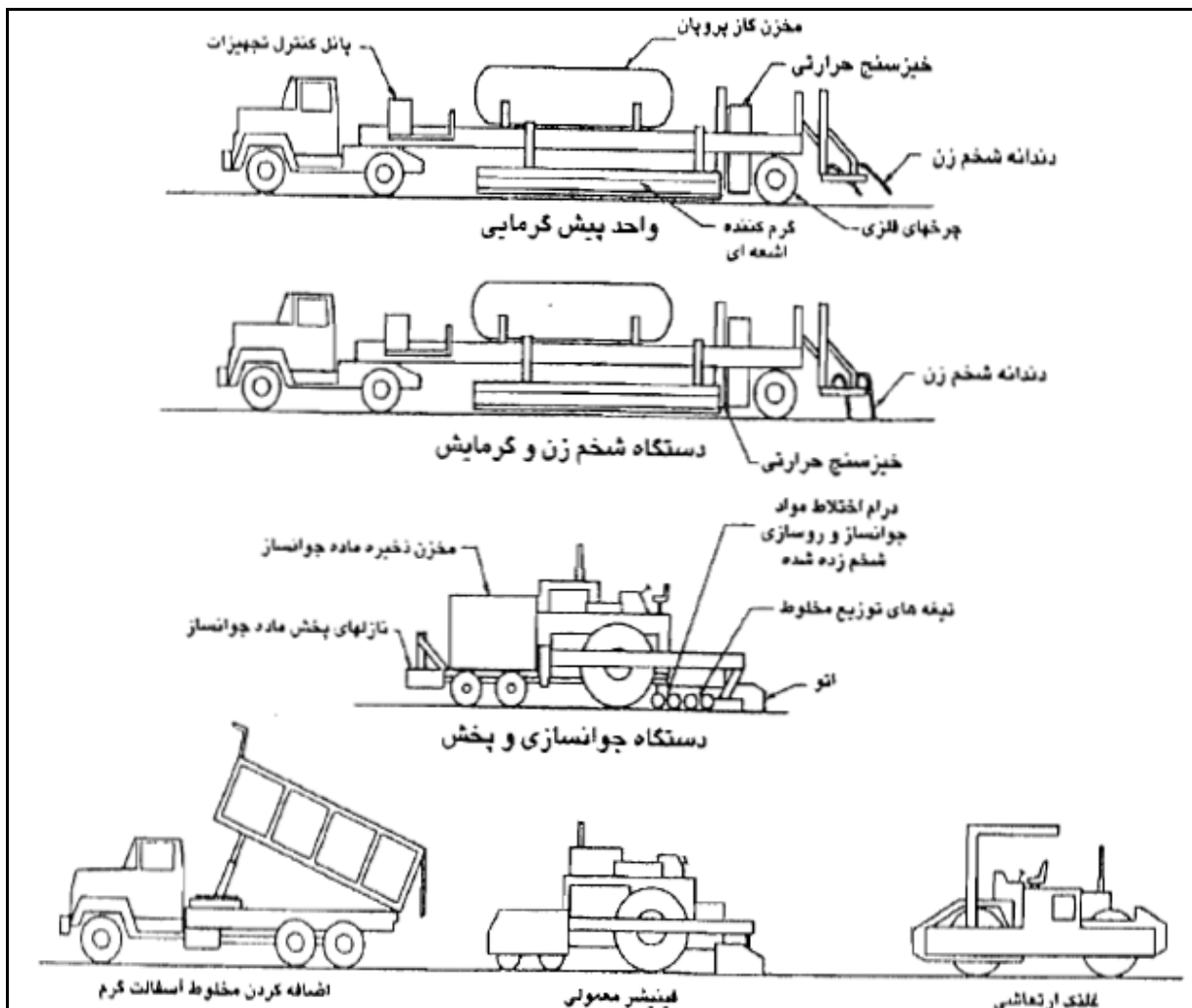
شکل ۹-۱ فرآیند کلی بازیافت سطحی یا روش گرمایش-تراشیدن



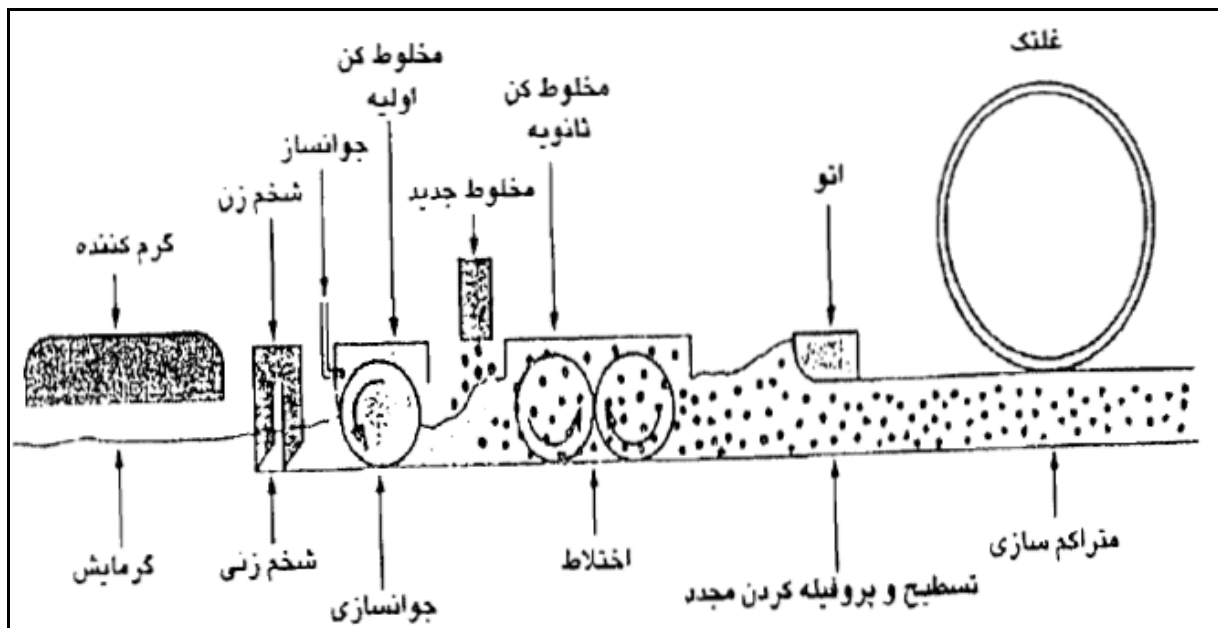
شکل ۹-۲ فرآیند کلی روش احیای مجدد



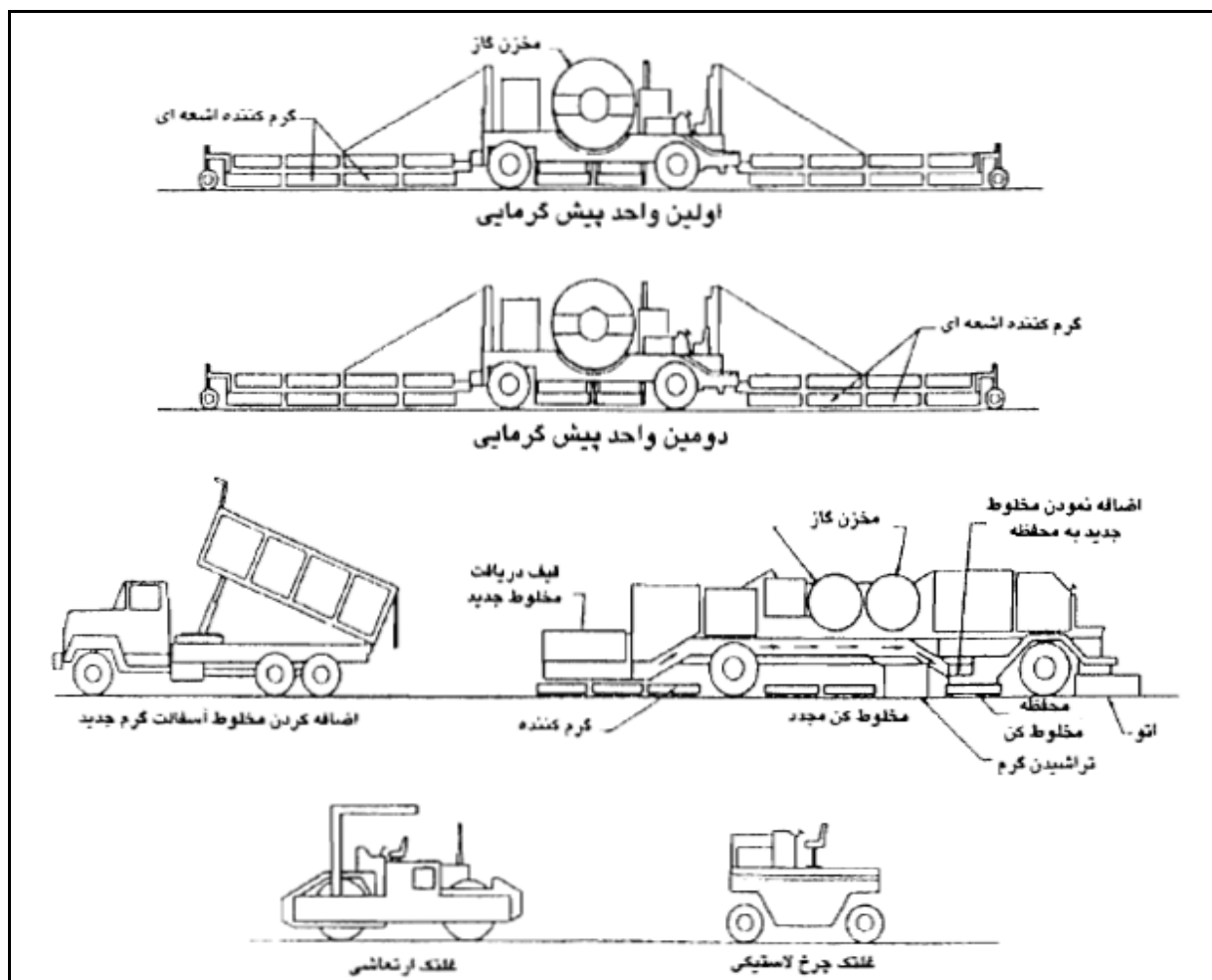
شکل ۳-۹ فرآیند احیای مجدد (یک مرحله‌ای)



شکل ۴-۹ فرآیند احیای مجدد (چند مرحله‌ای)



شکل ۹-۵ فرآیند کلی اختلاط مجدد



شکل ۹-۶ فرآیند اختلاط مجدد یک مرحله‌ای

۱۰ مشخصات و آزمون‌های کنترل بازیافت گرم

۱-۱۰ کلیات

کیفیت کلیه مصالح مصرفی در بازیافت کارخانه‌ای و درجا، شامل مصالح خرده آسفالت، مصالح سنگی بازیافتی، مصالح سنگی جدید، مواد قیری و جوان‌سازها، آسفالت گرم نهایی حاصل از عملیات بازیافت و آسفالت گرم کاملاً جدید مصرفی در این فرآیند و در مرحله روکش و نیز تجهیزات وسایل ساخت و اجراء باید با مفاد این دستورالعمل و فصل‌های زیربط در آیین‌نامه بند ۲-۲۰ و بند ۲-۱۹ و مشخصات فنی عمومی پروژه مطابقت داشته باشد.

مشخصات و آزمون‌های کنترل کیفیت کلیه مصالح مصرفی و مواد تشکیل دهنده بازیافت گرم باید با مندرجات این بند مطابقت داشته باشد.

۱-۱۰-۲ مواد قیری و جوان‌ساز

مواد قیری و جوان‌سازهای مصرفی در بازیافت و قیر حاصل از اختلاط قیر موجود در خرده آسفالت و جوان‌سازها، و نیز آزمون‌های کنترل کیفیت آن‌ها باید با خصوصیات مشروحه در بند ۸ و جدول ۱۰-۱ مطابقت داشته باشد.

۱-۱۰-۳ مصالح سنگی

کیفیت مصالح سنگی خرده آسفالت RAM، RAP و مصالح سنگی جدید و مخلوط نهایی حاصل از آنها برحسب این‌که نوع لایه آسفالتی، اساس قیری، آستر و یا رویه باشد باید دانه‌بندی طرح اختلاط و نیز مشخصات و آزمون‌های کنترل کیفیت آنها با جدول ۱۰-۲ برابری داشته باشد.

۱-۱۰-۴ مخلوط آسفالتی

مشخصات و آزمون‌های کنترل کیفی مخلوط آسفالت نهایی بازیافت گرم و آسفالت گرم جدید مصرفی در این فرآیند باید با ضوابط و معیارهای آیین‌نامه بند ۲-۲۰، بند ۲-۱۹ و مشخصات فنی خصوصی پروژه و جدول ۱۰-۳ مطابقت داشته باشد.

محدودیت مصرف آسفالت گرم بازیافتی برحسب درصد خرده آسفالت مصرفی، برای قشرهای اساس قیری، آستر و رویه باید با جزییات کامل در مشخصات فنی خصوصی پروژه قید شود.

۱-۱۰-۵ سایر آزمون‌ها

علاوه بر آزمون‌های کنترل مشروحه فوق چنانچه در مراحل طراحی، ساخت و اجراء انجام آزمون‌های دیگری به تشخیص مشاور ضروری باشد، باید با توجه به حفظ کامل مسئولیت مشاور طرح در استفاده از استانداردهای ملی و بین‌المللی، اجراء شود.

جدول ۱۰-۱ مشخصات و آزمون‌های کنترل کیفیت مواد قیری و جوان‌سازهای مصرفی در بازیافت گرم

ردیف	مشخصات / آزمون	عنوان	ISIRI	ASTM	AASHTO
۱	مشخصات	قیرهای خالص رده‌بندی شده با درجه نفوذ	۱۲۵۰۵	D 946	M 20
۲	مشخصات	قیرهای خالص رده‌بندی شده با آزمون کندروانی برحسب پواز	۱۲۵۰۵	D 3381	M 226
۳	مشخصات	مشخصات قیر در روسازی ممتاز و رده‌بندی شده براساس عملکرد	---	D 6373	MP1
۴	مشخصات	قیرهای محلول زودگیر	۱۲۵۰۵	D2028	M81
۵	مشخصات	قیرهای محلول کندگیر	۱۲۵۰۵	D2027	M82
۶	مشخصات	قیرآبه‌های آنیونیک	۱۲۵۰۵	D977	M140
۷	مشخصات	قیرآبه‌های کاتیونیک	۱۲۵۰۵	D2397	M208
۸	مشخصات	جوان‌سازهای مصرفی برای بازیافت گرم	---	D4552	R14
۹	مشخصات	جوان‌سازهای امولسیون برای بازیافت گرم و سرد درجا و کارخانه‌ای	---	D5505	---
۱۰	مشخصات	قیرهای خالص اصلاح شده با پلیمرهای نوع I	---	D5976	---
۱۱	مشخصات	قیرهای خالص اصلاح شده با پلیمرهای نوع II	---	D5840	---
۱۲	مشخصات	قیرهای خالص اصلاح شده با پلیمرهای نوع III	---	D5841	---
۱۳	مشخصات	قیرهای خالص اصلاح شده با پلیمرهای نوع IV	---	D5892	---
۱۴	مشخصات	قیرهای خالص اصلاح شده با پودر لاستیک	۱۲۵۰۵	D6114	---
۱۵	آزمون	قیرهای خالص اصلاح شده با مواد شیمیایی	۱۲۵۰۵	D6154	---
۱۶	آزمون	تهیه مخلوط قیر سخت شده با جوان‌سازها با کندروانی	---	D4887	---
۱۷	آزمون	تعیین در آزمایشگاه - در بازیافت گرم آسفالت	---	D4887	---
۱۸	آزمون	نمونه‌برداری از مواد قیری	---	D140	T40
۱۹	آزمون	درجه نفوذ مواد قیری	---	D5	T49
۲۰	آزمون	قابلیت کشش مواد قیری	۲۹۵۵	D113	T51
۲۱	آزمون	نقطه نرمی قیر	۲۹۵۱	D36	T53
۲۲	آزمون	وزن مخصوص قیر با پیکنومتر	---	D70	T228
۲۳	آزمون	آزمون قیرآبه‌ها	---	D244	T59
۲۴	آزمون	حلالیت قیرها در تری‌کلرواتیلن	---	D2042	T44
۲۵	آزمون	کندروانی سینماتیک	۱۲۸۵۵	D2170	T201
۲۶	آزمون	کندروانی با روش (واکیوم کاپیلاری) برحسب پواز	۱۲۸۵۱	D2171	T202
۲۷	آزمون	اثر حرارت و هوا با روش فیلم نازک قیر	---	D1754	T170
۲۸	آزمون	اثر حرارت و هوا با روش لایه نازک متحرکی از قیر	۱۱۸۹۸	D2872	T240
۲۹	آزمون	جداکردن مواد چهارگانه قیر	---	D4124	---
۳۰	آزمون	نقطه اشتعال قیر با ظرف سر بسته	---	D93	T73

جدول ۱۰-۲ مشخصات و آزمون‌های کنترل کیفیت مصالح سنگی مصرفی در آسفالت گرم

ردیف	مشخصات / آزمون	عنوان	ISIRI	ASTM	AASHTO
۱	مشخصات	مصالح سنگی درشت‌دانه برای مخلوط‌های آسفالتی	---	D692	---
۲	مشخصات	مصالح سنگی ریزدانه برای مخلوط‌های آسفالتی	---	D1073	M29
۳	مشخصات	فیلر مصرفی در آسفالت گرم	---	D242	M17
۴	مشخصات	دانه‌بندی باز و پیوسته مخلوط‌های آسفالتی گرم و سرد	---	D3515	---
۵	آزمون	نمونه‌برداری از مصالح	۱۱۲۶۷	D75	T2
۶	آزمون	دانه‌بندی فیلر	---	D546	T37
۷	آزمون	تعیین درصد مواد رد شده از الک ۲۰۰	---	C117	T11
۸	آزمون	دانه‌بندی مصالح درشت‌دانه و ریزدانه	۴۹۷۷	C136	T27
۹	آزمون	وزن واحد حجم مصالح	---	C29	T19
۱۰	آزمون	وزن مخصوص و جذب آب مصالح درشت‌دانه	---	C127	T85
۱۱	آزمون	وزن مخصوص و جذب آب مصالح ریزدانه	۴۹۸۰	C128	T84
۱۲	آزمون	مقاومت در برابر سایش با آزمون لوس آنجلس	۴۴۸	C131	T96
۱۳	آزمون	مقاومت در برابر یخ‌زدن و ذوب‌شدن	---	---	T103
۱۴	آزمون	مقاومت در برابر سولفات سدیم و منیزیم	۴۴۹	C88	T104
۱۵	آزمون	ارزش ماسه‌ای	---	C2419	T176
۱۶	آزمون	درصد رطوبت مصالح	۴۹۸۳	C566	T255
۱۷	آزمون	کلوخه‌های رسی و ذرات سست	۴۹۷۸	C142	T112
۱۸	آزمون	ذرات سبک	۴۹۸۴	C123	T113
۱۹	آزمون	ضریب دوام مصالح	---	D3744	T210
۲۰	آزمون	تعیین درصد سنگدانه‌های پولکی و سوزنی	۱۱۲۶۹	D4791	---
۲۱	آزمون	تعیین درصد شکستگی مصالح سنگی	۱۱۵۶۸	D5821	---
۲۲	آزمون	تعیین ضریب شکل و بافت سنگدانه	---	D3398	---
۲۳	آزمون	تعیین ضریب گوشه‌داری مصالح سنگی ریزدانه	---	C1252	TP33

جدول ۱۰-۳ مشخصات و آزمون‌های کنترل کیفیت مصالح سنگی مصرفی در آسفالت گرم

AASHTO	ASTM	ISIRI	عنوان	مشخصات / آزمون	ردیف
M156	D995	---	مشخصات کارخانه آسفالت برای تولید آسفالت گرم	مشخصات	۱
---	D3515	---	مخلوط‌های آسفالت گرم	مشخصات	۲
T168	D979	۱۶۸۸	نمونه‌برداری مخلوط‌های آسفالتی	آزمون	۳
T164	D2172	---	جداسازی قیر از مخلوط‌های آسفالتی (تعیین درصد قیر)	آزمون	۴
---	D6307	---	جداسازی قیر از مخلوط‌های آسفالتی با روش سوزاندن	آزمون	۵
T30	D5444	---	دانه‌بندی مصالح سنگی بعد از جداسازی قیر در مخلوط آسفالتی	آزمون	۶
T170	D1856	---	بازیافت قیر مخلوط‌های آسفالتی با روش Abson	آزمون	۷
---	D5404	---	بازیافت قیر مخلوط‌های آسفالتی با روش Rotavapor	آزمون	۸
T110	D1461	---	تعیین درصد آب و مواد فرار مخلوط‌های آسفالتی	آزمون	۹
T165	D1075	---	اثر آب بر چسبندگی مخلوط آسفالتی متراکم	آزمون	۱۰
T167	D1074	---	مقاومت فشاری مخلوط آسفالتی	آزمون	۱۱
---	D3497	---	مدول دینامیکی مخلوط آسفالتی	آزمون	۱۲
T283	D4867	---	اثر رطوبت بر مخلوط آسفالتی	آزمون	۱۳
---	D4123	---	آزمون کششی غیر مستقیم و مدول برجهندگی مخلوط آسفالتی	آزمون	۱۴
T245	D1559	---	مقاومت مارشال با قالب‌های کوچک	آزمون	۱۵
---	D5581	---	مقاومت مارشال با قالب‌های بزرگ	آزمون	۱۶
T287	D4125	---	تعیین درصد قیر مخلوط آسفالتی با روش هسته‌ای	آزمون	۱۷
T172	D290	---	بازرسی کارخانه آسفالت	آزمون	۱۸
T209	D2041	۱۲۶۵۱	تعیین حداکثر وزن مخصوص نظری با روش رایس	آزمون	۱۹
T166	D2726	---	تعیین وزن مخصوص مخلوط آسفالتی متراکم	آزمون	۲۰
T275	D1188	---	تعیین وزن مخصوص مخلوط آسفالتی متراکم با پوشش پارافین	آزمون	۲۱
T230	---	---	تعیین درصد کوبیدگی آسفالت	آزمون	۲۲