

تکنولوژی آسفالت ماستیک-سنگی

مقدمه

لایه های آسفالتی از زمان های گذشته در اروپا بخاطر مقاومت مناسب در مقابل بارهای ترافیکی شدید و همچنین شرایط بد آب و هوایی مورد استفاده قرار گرفته است.

بر اساس افزایش رو به رشد بارهای ترافیکی و همچنین افزایش تناژ حمل و نقل جاده ای در مرزها و مناطق مختلف اروپا مطالبه از لایه های مختلف روسازی به صورت فزاینده ای افزایش یافته است.

با توجه به نیاز به سطح آسفالتی با دوام بالا و ماندگاری دراز مدت و همچنین مقاومت در مقابل نیروهای وارده از طرف چرخ آسفالت ماستیک-سنگی توانسته است به نیاز های فوق جواب قابل قبولی داده باشد.

اگر آسفالت ماستیک-سنگی به صورت مناسب و با دقت اجرا شود مزایای قابل توجهی نسبت به روسازی های متداول آسفالتی دارا می باشد. پایداری بالای آن ناشی از نوع توزیع اندازه دانه ها می باشد که این بر طبق اصول دانه بندی منفصل می باشد. انعطاف پذیری بالای آن نیز ناشی از مقدار بیشتر ماده چسبنده، که نیازمند استفاده از مواد افزودنی پایدار سازی مانند فیبر های سلولزی مانند TECHNOCEL (الیاف نرم) و TOPCEL (فیبر های گلوله ای) می باشد.

کاربردهای موفق در زمینه استفاده از آسفالت ماستیک-سنگی به مشخصات مناسب سنگ وملات قیری مربوط می باشد بطوری که استفاده از نسبت اختلاط نامناسب و همچنین استفاده از سنگ دانه های نامناسب می تواند اثرات شدید و سریعی را روی عملکرد این گونه آسفالت بجا بگذارد.

در این مقاله اصول اولیه ای از نحوه ساخت آسفالت ماستیک-سنگی، اجزا و ساخت و سازها و قرار دادن آن مورد بررسی قرار می گیرد.

1- ظهور آسفالت ماستیک-سنگی

آسفالت ماستیک-سنگی در حدود دهه 60 در آلمان بوسیله آزمایشگاه Zichner of the Strabag-Bau AG برای جلوگیری از خسارات ناشی اتومبیل های با چرخ های میخ دار و همچنین پایداری بالا در ترافیک های سنگین و همچنین دمای بالا توسعه داده شد.

در ابتدا برای تعمیر آسفالت های سابیده شده مورد استفاده قرار گرفته شد. برای تعمیر نواحی صدمه دیده استفاده از تکنیک آسفالت ترکیب شده با شن به صورت مناسبی عمل می کند. ترکیب آسفالت-ترکیبی از

شن، پرکننده و قیر که زمانی که حرارت ببیند به صورت توده ای روان تبدیل می شود- بر روی سطح قرار می گیرد و سپس بوسیله سنگ های در اندازه شن و با کیفیت بالا پخش می شود.

باتوجه به عدم صرفه اقتصادی روش بالا در مقیاس های بزرگ، کارهایی برای مقرون به صرفه کردن تولید و استفاده در پروژه ها انجام شد که منجر به تولید آسفالتی متشکل از 70 در صد مصالح درشت دانه خرد شده و 30 در صد وزن ملات قیری که در یک مرحله ریخته می شد شد. استفاده از الیاف آزیستی با وزنی در حدود 7 تا 7.5 درصد به عنوان ماده چسبنده در مواردی که دانه بندی مواد بسیار درشت است می تواند جلوی جدا شدگی را بگیرد.

در سال 1968 این آسفالت به عنوان ضد میخ معرفی شد و برای اولین بار در مسیر های عمومی مورد استفاده قرار گرفت. در 1984 نتایج موفقیت آمیز استفاده از آسفالت ماستیک-سنگی منجر انتخاب این روش به عنوان پروژه استاندارد تولید در قوانین ZTVbit-StB 84 آلمان شد.

به علت دوام و مقاومت بالای این سطح، استفاده از این ترکیب اهمیت بالای را بدست آورد همچنین برای تمامی سطح های ترافیکی که در تماس با ترافیک سنگین و شرایط نامناسب جوی قرار دارد مناسب دانسته شد. مقررات اختصاصی در زمینه آسفالت ماستیک-سنگی نه تنها در اورپا بلکه در تمامی نقاط دنیا به صورت فزاینده ای مورد قبول قرار گرفته است.

2- تعاریف

قوانین و مقررات در مورد ساخت راه های آسفالتی در آلمان ویرایش 2001 که در حال حاضر در آلمان به صورت کاربردی اجرا می شود آسفالت ماستیک-سنگی را به صورت زیر تعریف می کند:

(آسفالت ماستیک-سنگی شامل مصالح سنگی با دانه بندی ناپیوسته، قیر مورد استفاده در راهسازی به عنوان چسب و افزودنی های پایدار ساز می باشد)

موارد زیر تفاوت های موجود با آسفالت های متداول مانند بتن آسفالتی می باشد:

1- مقدار بالای مصالح درشت دانه شکسته

2- دانه بندی ناپیوسته

3- مقدار قیر بالا

4- پوسته ضخیم ملات، که با افزودنی های drain-inhibiting پایدار میشود.

ایده اصلی روش ملات ماستیک-سنگی به شرح زیر می باشد:

ترکیب مصالح سنگی که بر اساس اصول دانه بندی ناپیوسته تهیه می شود، اسکلت درشت و محکمی را از مصالح شکسته به وجود می آورد. بنابر این بار ترافیک می تواند بوسیله مصالح درشت دانه جذب شود و جزء به جزء فشار در اسکلت سنگدانه جذب (recovery) شود. بنابر این همیشه فضای کافی برای مقدار بیشتر ملات وجود دارد که بوسیله قیر پر شده و بوسیله افزودنی های زهکش کننده درونی پایدار می شود. این چسب باعث تبدیل مصالح درشت دانه شکسته به ساختاری پایدار، با لایه بندی محکم میشود و فضاهای خالی را به مقادیر کنترل شده و دلخواه تبدیل می کند.

مزایای زیر به دست می آید.

مقدار بیشتر مصالح درشت دانه شکسته + دانه بندی ناپیوسته	<ul style="list-style-type: none"> ✓ پایداری بالا ✓ اسکلت خود پایدار مصالح درشت دانه شکسته ✓ اثر جذب عالی بار ✓ امکان استفاده از مقدار بالای ملات
--------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



مقاومت بالا در مقابل تغییر شکل

لایه کلفت از قیر و ملات + افزودنی های پایدار ساز	<ul style="list-style-type: none"> ✓ صلبیت و سفت شدگی بالای ملات از تغییر شکل های افقی در اسکلت مصالح درشت دانه شکسته جلوگیری می کند و باعث تراکم در اثر بارهای وارده ترافیکی می شود. ✓ ایجاد سنگدانه های مقاوم و صلب حتی در شرایط با رطوبت بالا ✓ جلوگیری از کهولت زود رس قیر در اثر اکسیداسیون ✓ چسبندگی زیاد ✓ جلوگیری از خارج شدن قیر در پروسه های تولید، حمل و نقل و laying مخلوط ✓ چسب سبب پایداری همسان در مخلوط می شود.
--------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



مقاومت بالا در مقابل گذشت زمان و خستگی
مقاومت بالا در مقابل سایش

3- اجزای ترکیب

در آلمان آسفالت ماستیک-سنگی با دانه بندی سنگدانه ای S 0/11 و S 0/8. (S به معنی پایداری فوق العاده زیاد در مقابل بارهای ترافیکی بالا است) و نیز 0/8 و 0/5 برای موارد استاندارد بکار می رود.

ترکیبات آسفالت ماستیک-سنگی					
- ZTV Asphalt - StB 01 -					
آسفالت ماستیک-سنگی		0/11 S	0/8 S	0/8	0/5
1. سنگدانه معدنی					
چپینگ عالی		High quality chippings ¹⁾		High quality chippings	
سنگ شکسته عالی		High quality crushed sand		High quality crushed sand	
پودر سنگ		Stone dust		Stone dust	
ماسه طبیعی				Natural sand	
Content [mass-%]					مقدار وزنی %
دانه بندی سنگدانه	[mm]	0/11	0/8	0/8	0/5
قسمت > 0,09 mm		9 - 13	10 - 13	8 - 13	8 - 13
قسمت < 2,0 mm		75 - 80	75 - 80	70 - 80	60 - 70
قسمت < 5,0 mm		60 - 70	55 - 70	45 - 70	≤ 10
قسمت < 8,0 mm		≥ 40	≤ 10	≤ 10	-
قسمت < 11,2 mm		≤ 10	-	-	-
نسبت ماسه شکسته به ماسه طبیعی		1:0	1:0	≥ 1:1	≥ 1:1
2. بیندر					
نوع بیندر		50/70 (PmB 45) ¹⁾	50/70 (PmB 45) ¹⁾	70/100	70/100 (160/220)
مقدار بیندر	[mass-%]	≥ 6,5	≥ 7,0	≥ 7,0	≥ 7,2
3. افزودنی های پایدار کننده					
مقدار در مخلوط	[mass-%]	0,3 - 1,5	0,3 - 1,5	0,3 - 1,5	0,3 - 1,5
4. مخلوط					
<i>Marshall compacted asphalt specimen</i>					
دمای تراکم	[°C]	135 ± 5	135 ± 5	135 ± 5	135 ± 5
درجه تخلخل	[Vol-%]	3,0 - 4,0	3,0 - 4,0	2,0 - 4,0	2,0 - 4,0
5. لایه					
ضخامت لایه	[cm]	3,5 - 4,0	3,0 - 4,0	2,0 - 4,0	1,5 - 3,0
در موارد خاص		(2,5 - 5,0)	(2,0 - 4,0)	-	-
وزن لایه	[kg/m ²]	85 - 100	70 - 100	45 - 100	35 - 75
در موارد خاص		(60 - 125)	(45 - 100)	-	-
درجه تراکم	[%]	≥ 97	≥ 97	≥ 97	≥ 97
فضای خالی	[Vol-%]	≤ 6,0	≤ 6,0	≤ 6,0	≤ 6,0
1) In special cases					
2) When manufacturing asphalt specimen with PmB use temperature of 145 ± 5°C					

-کمترین حدود اختلاط سنگدانه ها و فضای خالی.

-بیشترین مصالح درشت دانه بزرگتر از 2 میلیمتر.

-کمترین مقدار فیلر و چسب (ببند).
-برای شرایط ترافیکی سنگین فقط از ماسه شکسته استفاده شود.

3.1 مصالح دانه ای معدنی

فقط مصالح با کیفیت بسیار خوب، ماسه شکسته با کیفیت عالی بعلاوه پودر سنگ و احتمالا ماسه معمولی (فقط برای 0/5 and 0/8) باید مورد استفاده قرار بگیرد.

در 0/11 و 0/8 S باید مصالح با کیفیت بسیار بالا و همچنین ماسه شکسته در تمام سطوح و بسیار خوب به جای ماسه طبیعی استفاده شود.

به طور کلی مصالح درشت دانه شکسته در اسکلت خود-نگهدار در مقابل مقدار زیادی بار قرار دارند.

سنگدانه ها به خاطر حرکت بارهای ترافیکی به مرور زمان دچار خرابی می شوند که می توان این مشکل را بوسیله استفاده از چپس های با کیفیت بالا یعنی: مقاومت بالای مصالح حیاتی می باشد. مقدار شکستگی $SZ_{8/12} \leq 18$ قابل توصیه می باشد. گذشته از این، ایجاد سطح زبر بر روی آسفالت نیز به وسیله مصالح با مقاومت بالا در مقابل صیقلی شدن امکان پذیر می باشد.

3.2 چسب ها

به طور کلی، انواع مختلف قیر های راهسازی به عنوان عامل چسبنده مورد استفاده قرار می گیرد. زیر بارهای بسیار زیاد و حالت های خاص مثلا برای چسباندن سنگدانه های سنگین قیر پلیمری (PMB 45) می تواند به جای قیر 50/70 قرار بگیرد.

3.3 افزودنی های پایدار کننده

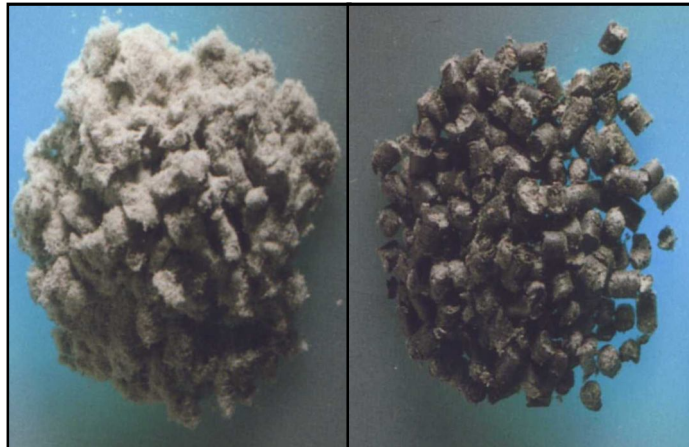
افزودنی های پایدار کننده مواد مخلوط با قیر می باشند که مخلوط را به صورت یکنواختی پایدار می کند. در ابتدای تولید این گونه آسفالت از الیاف های آزیستی استفاده می شد. در حالی که آزیست به طور کامل برای این روش مناسب بود به علت مشکلات ناشی از آن در سلامت و محیط زیست ممنوع شد. امروزه، انواع مختلف محصولات به عنوان افزودنی پایدار کننده مورد استفاده قرار می گیرند.

انواع اصلی افزودنی های پایدار کننده که در ZTV Asphalt-StB 01 عنوان شده است در سه گروه زیر طبقه بندی می شود:

-الیاف (الیاف سلولزی، الیاف معدنی، الیاف شیمیایی)

-پودر و مواد گردی شکل (اسید سیلیکون-پرکننده های مخصوص)

-پلاستیکها (پودر ها و قرص های پلیمری)



در آلمان فیبر های سلولزی مانند
TECHNOCEL (الیاف سلولزی) و
TOPCEL (قرص هایی که از الیاف خالص
TECHNOCEL تولید می شوند) به عنوان
موارد موفق به اثبات رسیده است

الیاف سلولز که به عنوان افزودنی پایدار کنند
مورد استفاده قرار می گیرد دارای سهمی
بیش از 95 در صدی در بازار آلمان می باشد

↑
TECHNOCEL®

↑
TOPCEL®

الیاف TECHNOCEL به وسیله ایجاد یک ساختار سه بعدی در ملات، با تک ملکول های سطح ترکیب شده و سنگدانه ها را در فیبر نگه می دارد. بنابراین دو عمل تضمین میشود - جذب بالای چسب از یک سو و توانایی عملکرد کامل چسب در طرف دیگر.

بر اساس گزارش های رسیده از انجمن حمل و نقل آلمان در مورد مشخصات و اثرات افزودنی های پایدار کننده در آسفالت ماستیک-سنگی (SMA)، الیاف سلولزی بیشترین تقویت در چسب را ایجاد می کند.

الیاف سلولزی اتصال کاملی را حتی در ضخامت های بالای لایه چسب ایجاد می کند. تنها در حدود 0/3 درصد لازم است برای آنکه ویسکوزیته چسب به اندازه ای افزایش یابد که بتواند با مواد دیگر به راحتی ترکیبی یکنواخت بدون هیچگونه نشانه ای از خروج چسب ایجاد کند.

3.4 ترکیب

در جهت به دست آوردن ترکیب مشخصی از آسفالت ماستیک-سنگی (SMA) باید عمل اختلاط با توجه به طرح اختلاط مشخصی انجام شود.

چهارچوب کلی برای طراحی و طرح اختلاط آسفالت S 0/11 به صورت زیر ارائه می شود:

75 تا 80 درصد وزن-مصالح درشت دانه شکسته بزرگتر از 2 میلیمتر	→	ساختار مصالح درشت دانه شکسته سخت و بادوام
در محدوده 2/5 میلیمتر	→	دانه بندی ناپیوسته
بزرگتر مساوی 6/5 در صد وزنی	→	* مقدار بالای چسب
0/3 تا 0/4 درصد وزنی	→	افزودنی های پایدار کننده

جدول زیریک نوع از طرح اختلاط متداول برای S 0/11 را که بواسطه کامل بودن در طرح اختلاط مشخص شده است نشان می دهد.

آنالیز های الک ها و نحوه انتخاب ترکیب سنگدانه ها ، همچنین مشخصات اختلاط را بر حسب تغییر مختلف مقادیر چسب در روش آزمایش مارشال مشاهده می شود.

* در حالت مصالح کانی با مقاومت بسیار بالا(وزن مخصوص بزرگتر از $2/8 \text{ g/cm}^3$)

طرح اختلاط آسفالت: آسفالت قیری-سنگی S 0/11

انالیز الیک سنگدانه ها

اندازه سنگدانه	1	2	3	4	5	6
> 31.5 mm						
22.4 - 31.5 mm						
16.0 - 22.4 mm						
11.2 - 16.0 mm					9.6	
8.0 - 11.2 mm				9.2	80.3	
5.0 - 8.0 mm			3.2	76.6	9.4	
2.0 - 5.0 mm		7.0	91.5	14.2	0.7	
0.71 - 2.0 mm		47.1	4.8	0.0	0.0	
0.25 - 0.71 mm	3.9	26.7	0.5	0.0	0.0	
0.09 - 0.25 mm	13.5	10.3	0.0	0.0	0.0	
< 0.09 mm	82.6	8.9	0.0	0.0	0.0	100.0
ریزتر زیر اندازه	0.0	0.0	5.3	14.2	10.1	0.0
اندازه نرمال	82.6	93.0	91.5	76.6	80.3	100.0
رشت تر بالای اندازه	17.4	7.0	3.2	9.2	9.6	0.0

پارامتر های ساخت:

1) انالیز دقیق الیک

سنگدانه	اندازه سنگدانه های تولیدی	جرم %
1	فیلر سنگ آهکی 0/0,09	10.7
2	دیاباز ماسه شکسته با کیفیت عالی 0/2	14.0
3	سنگریزه با کیفیت عالی-quartzporphyry 2/5	12.0
4	سنگریزه با کیفیت عالی-quartzporphyry 5/8	17.0
5	سنگریزه با کیفیت عالی-quartzporphyry 8/11	46.0
6	الیاف سلولزی(TOPCEL)	0.3
		100%

2) ماسه خورد شده 100%

3) سنگریزه با کیفیت بالا

4) افزونی با کیفیت بالا

رد شده از الیک %	باقیمانده روی الیک %	حجم شامل	
		توده	درصد
> 31.5 mm			
31.5 mm			
22.4 mm	0.0	زیر دانه	
16.0 mm	4.4		75.3
11.2 mm	38.5	> 2 mm	
8.0 mm	17.7		
5.0 mm	14.7		
2.0 mm	7.3		
0.71 mm	4.1	ماسه	14.4
0.25 mm	3.0		
< 0.09 mm	10.3	پر کننده	10.3

5) درصد بالای

از مصالح برشت دانه شکسته

6) دانه بندی نامیوسته

اسکلت سنگدانه

ماکزیم وزن مخصوص سنگدانه:

2.704 g/cm³

نتایج آزمایش

طرح اختلاط

مشخصات خصوصی طرح

شماره ترکیب	I	II	III
نوع بیندر	B 50 / 70		
مقدار بیندر [mass-%]	6.4	6.7	7.0
حداکثر وزن مخصوص آسفالت [g/cm ³]	2.449	2.438	2.428
وزن مخصوص حجمی (marshall compacted asphalt specimen) [g/cm ³]	2.337	2.358	2.360
فضای خالی (marshall compacted asphalt specimen) [Vol.-%]	4.6	3.3	2.8
مقاومت مارشال (C°60) [kN]	7.1	6.4	5.5
جاری شدن مارشال (C°60) [mm]	4.2	4.6	5.1
فضای خالی سنگدانه ها (VMA) [Vol.-%]	19.10	18.60	18.80
فضای خالی پر شده با بیندر (VFB) [%]	75.90	82.30	85.10

7) مقدار بالای چسب

توصیه ها:

بر اساس نتایج تست مارشال
مما برای ساخت و ساز ترکیب شماره 2 را پیشنهاد می کنیم

مقدار چسب 6-7 درصد

مقدار خلل و فرج 3.3 درصد

برای بدست آوردن بهترین ترکیب سنگدانه ها و مقدار بهینه قیر باید توجه خاصی به مقادیر فضای خالی در سنگدانه (VMA) بشود. با نگاهی به فضای خالی سنگدانه ها در نمونه کوبیده شده می توان رابطه بین تغییر ساختاری و اسکلت سنگدانه و انتخاب مقدار چسب تعیین کرد. فضای خالی سنگدانه ها با افزایش مقدار چسب و تراکم مشخص کاهش می یابد این کاهش تا زمانی انجام می شود که سنگدانه ها به سفت ترین حالت خود برسند. افزایش مقدار چسب سبب باز شدن سنگدانه ها از هم و و باعث از بین رفتن تراکم می شود در نتیجه مقادیر فضای خالی سنگدانه (VMA) دوباره افزایش می یابد.

مقدار بهینه قیر در محدوده کمترین مقادیر فضای خالی سنگدانه ای (VMA) می باشد. تجربیات نشان داده است که مقدار فضای خالی سنگدانه 18 تا 21 درصد مناسب ترین حجم می باشند.

برای جلوگیری از بوجود آمدن مشکلات در زمان نگهداری آسفالت ماستیک-سنگی با مقادیر بالای قیر باید رفتار زهکشی و خارج شدن قیر از آسفالت مورد بررسی قرار بگیرد. روش آزمایش Schellenberg/von der Weppen binder drain down test روش مناسبی در جهت محاسبه مقدار زهکشی و نشت در آسفالت می باشد همچنین برای محاسبه همگن بودن آسفالت نیز مورد استفاده قرار می گیرد.

چگونگی انجام روش Schellenberg / von der Weppen در تست زهکشی و نشت

مقدار 1000 گرم آسفالت ماستیک-سنگی با دمای تولید 135 (+/-)5 درجه سانتی گراد در یک بشر قرار داده و وزن می شود.

سر پوشی بر روی بشر قرار داده و در آن از قبل گرم شده ای با دمای 170 (+/-)1 درجه برای مدت 60 (+/-) دقیقه قرار داده می شود. بعد از مدت کوتاهی بشر را از داخل آن خارج و خالی کرده و وزن می کنند. اندازه جداشدگی تفاوت بین مقدار وزن اولیه مخلوط و مقدار باقیمانده در داخل بشر به صورت درصد مربوط به وزن ترکیب می باشد.

مقادیر بیشتر باقی مانده در داخل بشر نشانه پایداری کمتر است.

این آزمایش نشان می دهد که آیا افزودنی های پایدار کننده توانسته اند چسب و ملات آسفالت را در داخل سنگدانه ها نگهداری کنند و جلوی خروج آنها را بگیرند؟. مقادیر باقیمانده در حدود 0.1-0.2 به عنوان مقادیر شاخص قابل توجه می باشد.

در کاربری 0.3 تا 0.4 درصد الیاف سلولزی، می توان ضریب اطمینان کافی در جهت پایداری و همگنی مخلوط و نبودن انحراف در برنامه را بدست آورد.

یکی دیگر از ارزیابی ها که بر روی مخلوط انجام می شود محاسبه مقادیر مقاومت در مقابل تغییر شکل مخلوط آسفالت به وسیله آزمایش مقاومت رد چرخ بر روی جاده می باشد(تست اثر چرخ بر جاده).

4. تولید آسفالت ماستیک-سنگی

یک سری اقدامات احتیاطی و مراقبتی باید در زمان تهیه و استفاده از این نوع آسفالت در مقایسه با آسفالت های دیگر انجام شود.

بعلت درصد کم سنگدانه های ریز و ماسه در داخل مخلوط، سنگدانه های درشت و زبر خیلی بیشتر در کوره داغ می شوند. که مانع تشکیل یک لایه پایدار و ضخیم چسب بر روی سنگ شکسته می شود. از این رو کوره باید در دمایی تنظیم شود که سنگدانه بیش از حد به داغ نشود و همچنین دمای سنگدانه ها باید تا حد امکان در تمام زمان تولید ثابت نگه داشته شود. دمایی که در مرحله نهایی مخلوط بدست می آید نباید از 180 درجه سانتیگراد بیشتر شود.

افزودنی های پایدار ساز باید به صورت دقیق بر اساس نوع سفارش به مخلوط اضافه شود. تنها باید از افزودنی هایی استفاده نمود که سبب ناهمگنی مخلوط نشود. نحوه توزیع قیر در مخلوط نیز یکی از موارد مهم بحساب می آید. دیگرام زیر در مورد اضافه کردن الیاف به ترکیب می باشد. زمان، روش و ترتیب مخلوط کردن به صورت زیر توصیه می شود.

➔ مدت مخلوط کردن و ترتیب افزودن مواد خاص در داخل میکسر

.....	5 - 15" sec.	تقریباً. 20 sec.	5 - 10 sec.
سنگدانه های معدنی	سنگدانه های معدنی and TECHNOCEL/TOPCEL	قیر	بعد از مخلوط

<----- دوره مخلوط کردن مرطوب -----> | <----- دوره پیش اختلاط خشک ----->

گذشته از این موارد زیر نیز باید مورد توجه قرار بگیرد:

- ✓ پیش اختلاط خشک قبل از ترکیب باید در تمامی موارد انجام شود.
- ✓ الیاف باید به صورت خشک نگهداری شوند و در مقابل جذب رطوبت که سبب کلوخه شدن و توزیع نامناسب الیاف می شود به طور کامل محافظت شوند.
- ✓ مدت زمان نهایی مخلوط کردن باید حداقل 50 ثانیه باشد.

الیاف می تواند به صورت های زیر تهیه و به مخلوط اضافه شود :

بسته بندی

اضافه کردن به صورت دستی یا با استفاده از مکانیزم های مشخص انجام می گیرد. در این روش می توان الیاف نرم را به مانند الیاف ساچمه ای با مقادیر مشخص اضافه نمود.

انتقال دادن در کیسه های بزرگ و سیلوها

اضافه کردن کردن به وسیله سیستم توزیع مکانیزه.

الیاف نرم به وسیله سیستم ثقلی ریخته می شود. الیاف ساچمه ای برای هر دو مکانیزم ریختن ثقلی و حجمی مناسب می باشد.

5. آماده سازی آسفالت ماستیک-سنگی

قوائد زیر باید برای آماده سازی و تراکم مورد توجه قرار بگیرد:

- دمای مخلوط باید در بستر حداقل 150 درجه سانتی گراد باشد.
- آماده سازی به صورت پیوسته یکی از ارکان حیاتی آسفالت می باشد.
- به طور کلی نیاز به غلطک زنی وجود دارد .
- برای لایه های ضخیم (بیشتر یا سه برابر اندازه بزرگترین دانه) غلطک هایی با عملکرد بالا باید مورد استفاده قرار بگیرد.
- حداقل 2 غلطک در هر لایه و هر لاین باید مورد استفاده قرار بگیرد.
- می توان از غلطک های استاتیک و یا لرزنده تک محور سنگین یا سه محور استفاده نمود. (وزن عملیاتی بیش از 9 تن)

- تراکم لرزه ای باید به صورت زیر انجام شود:
 - دمای مخلوط باندازه کافی بالا و بدنبال غلطک استاتیک.
 - با حداکثر 3 گذر. (passes)
 - تراکم لرزه ای نباید در موارد زیر انجام شود:
 - در زمین های غیر انعطاف پذیر (بتنی و سنگی)
 - در لایه هایی با ضخامت کمتر از 2 سانتی متر و در دمای کمتر از 100 درجه سانتی گراد این کار ممکن است باعث شکستی و خورد شدن سنگدانه ها بشود.
 - غلطک لاستیکی تنها در بعضی درجه استفاده می شود. مخصوصا در زمانی که دمای مخلوط بسیار بالا می باشد و تعداد زیادی غلطک از روی آسفالت عبور کرده باشد این عمل ممکن است سبب جمع شدن ملات متراکم روی سطح آسفالت بشود.
- برای افزایش سطح گیر داری اولیه پاشیدن سنگ ریزه لازم است. برای اطمینان از مقدار درگیری مناسب موارد زیر توصیه می شود:

➤ $1 - 2 \text{ kg/m}^2$ غبارچیپینگ بسیار مرغوب $2/5 \text{ mm}$ یا

➤ $0.5 - 1 \text{ kg/m}^2$ چیپینگ ماسه شکسته $1/3$ میلیمتر.

مصالح پخش شده باید در سطح ملات فرو رود.

پخش مصالح باید بوسیله دیسک های پرتاب کننده که به غلطک متصل است انجام گیرد. پخش مصالح با دیسک پرتاب کننده سوار به کامیون یا trailer gritters توصیه نمی شود. چون این کار باعث به وجود آمدن فشار به لایه های نا متراکم شده و ممکن است سبب نشست مسیر بشود.

خرده سنگ ها باید روی سطح گرم و پس از پاس دوم غلطک پخش شود. در غیر این صورت مقدار زیادی از مصالح آزاد روی سطح می ماند که باید با جاروهای مکشی جمع آوری شوند.

6. کاربرد ها

این نوع آسفالت به صورت کامل در مقابل ترافیک سنگین و آب و هوای سخت قابل استفاده می باشد.

پوشش ضخیم قیری سنگدانه ها باعث تقویت چسبندگی شده و یک گذر بادوام و محکم را فراهم می کند. به علت زبری های زیاد سطح این آسفالت قابلیت بسیار بالایی در جهت زهکشی آب ها دارا می باشد.

کاربرد های آن نه تنها در راه های پر رفت و آمد و بزرگراه ها می باشد بلکه در موارد دیگری مانند روی سطوح دال پلها، فرودگاهها، پیست های اتومبیل رانی، ترمینال های حمل کالا و مکان های صنعتی مورد استفاده قرار بگیرد. علاوه بر این، این نوع آسفالت برای امور تعمیر و نگهداری و بهسازی راههای موجود نیز قابل استفاده می باشد.

این نکته یکی از اصلی ترین مزایای این نوع آسفالت می باشد. قابلیت استفاده آسان در ضخامت های کم و بی قاعده را دارا می باشد (پر کردن جای چرخ ها) و همچنین اسکلت سنگدانه های آن دوام بالا را تضمین می کند.

7. تجربیات

در حالت کلی می توان بیان نمود که آسفالت ماستیک-سنگی عملکرد درخشانی را در تمامی ترافیک ها از خود نشان داده است.

بهرحال، باید بیان نمود که بعضی مشکلات و خرابی هایی نیز در سال های اخیر رخ داده است. تحقیقات نشان داده است که این مشکلات ناشی از اشتباهات در طراحی، ساخت و یا اجرا به وجود آمده است. مشکلات ناشی از

- اختلاط نادرست، تمرکز ملات و فرسودگی در سطح
- حمله کردن آب به جاده
- ظرفیت گیرداری ناکافی است.

مشکلات با انتخاب مواد و مصالح مرغوب و مناسب اجرای صحیح و تراکم مورد نظر قابل حل می باشد.

همگنی مخلوط باید در تمامی مراحل اعم از ساخت، حمل و نقل، اجرا تضمین شود. در اکثر مواقع عدم اختلاط کامل منجر به قیرزدگی می شود. علت های احتمالی: افزودنی های پایدار کننده نامرغوب یا دمای بالا و نامناسب مخلوط می باشد. تجربیات نشان داده است که فیبر های سلولزی تقریباً به صورت 100 درصد می تواند حتی در دماهای بالا از قیرزدگی جلوگیری کند.

غلظت ملات در مرحله نهایی ساخت ممکن است به علت مقدار زیاد ملات نسبت به سنگدانه در مخلوط باشد.

فضای خالی بیش از 7 تا 8 درصد سبب نفوذ آب و ترک خوردگی ناشی از آب در بدنه راه شود. برای جلوگیری از این اتفاق باید مقدار ملات به حد کافی باشد.

برای مطمئن بودن از عدم لغزش در آب و هوای بارانی باید از مصالح با مقاومت سایشی بالا استفاده شود.

8. مقایسه آسفالت ماستیک-سنگی با بتن آسفالت های متداول

بتن آسفالتی به عنوان یکی از متداول ترین ترکیبات که برای پوشش سطح مورد استفاده قرار می گیرد برای نیاز های متداول و مسیر های استاندارد مناسب بوده و برای انواع ترافیک های مختلف استفاده می شود. بنابراین این در شرایط و نیاز های متداول آسفالت ماستیک-سنگی در حال رقابت با بتن آسفالت های متداول می باشد. در واقع برگ برنده در مورد این آسفالت نسبت به آسفالت های متداول در دوام بالا در سطح جاده و برتری در جاده هایی با ترافیک سنگین و شرایط بد آب و هوایی می باشد.

در مقایسه با بتن آسفالتی سطح مسیر دارای دوام و پایداری بالاتری بوده همچنین حمل و نقل و ریختن و اجرا کردن در محل نیز بوسیله دستگاه های متداول مورد استفاده در بتن آسفالتی قابل اجرا می باشد.

اصلی ترین تفاوت بین آسفالت ماستیک-سنگی با بتن آسفالتی مقادیر بسیار بالای مصالح درشت دانه شکسته شده می باشد. دانه بندی ناپیوسته و مقدار زیاد ملات قیر و مقدار بالای نشت که بوسیله افزودنی کنترل می شود بنابراین این به خاطر تفاوت زیاد در ترکیبات آنها دارای اصول متفاوتی نیز می باشند.

آسفالت ماستیک-سنگی

↓ SMA

بتن آسفالتی



مشخصات	شامل سنگدانه های معدنی که مخلوط شده است با مقادیر زیادی مصالح درشت دانه شکسته با دانه بندی ناپیوسته (سنگریزه شکسته باکیفیت، ماسه شکسته باکیفیت، احتمالاً ماسه طبیعی، پرکننده)، قیر راه سازی به عنوان چسب و افزودنی های پایدار ساز	شامل سنگدانه های دانه بندی شده مخلوط (سنگریزه شکسته باکیفیت، ماسه شکسته باکیفیت، احتمالاً ماسه طبیعی، پرکننده) و قیر راه سازی به عنوان چسب
منحنی درجه بندی		
اصول اصلی ساخت		
مقادیر سنگدانه های درشت	۷۳ - ۸۰ [Mass.-%]	۵۰ - ۶۰ [Mass.-%]
مقادیر ماسه و پرکننده	۲۰ - ۲۵ [Mass.-%]	۴۰ - ۵۰ [Mass.-%]
مقدار پرکننده	۹ - ۱۳ [Mass.-%]	۶ - ۱۰ [Mass.-%]
نسبت ماسه شکسته به ماسه معمولی	۱:۰	≥ ۱:۱
نوع چسب	۵۰/۷۰ (PmB ۴۵)	۵۰/۷۰ (۷۰/۱۰۰)
کمترین مقدار چسب	> ۶,۵ [Mass.-%]	۵,۲ - ۷,۲ [Mass.-%]
افزودنی های پایدار ساز	۰,۳ - ۱,۵ [Mass.-%]	-
مقدار خلل و فرج	۳ - ۴ [Vol.-%]	۳ - ۵ [Vol.-%]
ضخامت لایه	۲,۵ - ۴,۰ cm	۴,۰ - ۵,۰ cm
وزن لایه	۶۰ - ۱۲۵ [kg/m ²]	۹۵ - ۱۲۵ [kg/m ²]

آماده سازی آسفالت ماستیک-سنگی از بتن آسفالتی پیچیده تر بوده و احتیاج به پوشاندن سطح با عوامل گیرداری دارد. به همین دلیل هزینه اجرای آن نسبت به بتن آسفالتی بیشتر است اما از هزینه اجرای gussasphalt کمتر می باشد..

در ارزیابی جنبه های اقتصادی نمی توان فقط به EURO/m² کار نگاه نمود باید مقدار عمر طرح و کارایی آن نیز مورد توجه قرار بگیرد. در یک مقایسه مناسب اقتصادی باید به فاکتورهای مانند قابلیت استفاده در سالها و نرخ زوال و استهلاک نیز توجه کامل شود.

در مورد زیر نمونه ای از این مقایسه در مورد هزینه بهره وری در مورد دو آسفالت 0/11 S یکی بتن آسفالتی و دیگری آسفالت ماستیک-سنگی انجام شده است:

مثال:

طول مسیر :	1000m
عرض مسیر :	3,75 m
ضخامت لایه:	4 cm
0/11S: (آسفالت ماستیک-سنگی) وزن لایه	100 kg/m ²
0/11S: (بتن آسفالتی) وزن لایه	95 kg/m ²

	SMA 0/11 S	0/11 S بتن آسفالتی
مساحت [m ²]	3750	3750
مقدار آسفالت [to]	375	356,25
[EURO/to] قیمت به ازای هر تن	30 - 40	25 - 35
[EURO/m ²] قیمت به ازای هر متر مکعب	3 - 4	2,40 - 3,30
[EURO/m ²] قیمت به ازای هر متر مکعب بخش شده	5	4
[EURO/m ²] هزینه کل برای هر متر مکعب	8 - 9	6,40 - 7,30
[year] عمر قابل استفاده	16	11
[EURO/m ² u. year] فاکتور استهلاک	0,5 - 0,5625	0,582 - 0,664
[EURO/m ² u. year] متوسط فاکتور استهلاک	0,531	0,623

عملکرد مناسب و قیمت مناسب سبب شده است که آسفالت ماستیک-سنگی به طور فوق العاده ای اقتصادی و مقرون به صرفه باشد.

9. نتیجه گیری

همان طور که نشان داده شده آسفالت ماستیک-سنگی دارای مزایای زیادی در مسیر هایی با ترافیک بالا می باشد. کشور های مختلف دنیا علاقه بسیار زیادی را در استفاده از این تکنولوژی نشان داده اند که در حال حاضر سبب استفاده از این تکنولوژی در اقصی نقاط دنیا مورد استفاده قرار گرفته است.

پایداری بالای این نوع آسفالت به خاطر دانه بندی ناپیوسته آن با مقدار زیادی مصالح درشت دانه خرد شده می باشد. انعطاف پذیری آن ناشی از مقدار بالای چسب (قیر) که نیاز مند افزودنی پایدار کننده ای مانند الیاف سلولزی می باشد. الیاف سلولزی باعث یکپارچگی مقدار بالای چسب با مقدار بالای سنگدانه ها در جسم مخلوط می شود. (ملات مسلح).

مراحل انجام کار در این روش تفاوت های زیادی با روش بتن آسفالتی متداول نداشته و به جز در مرحله ایجاد گیر داری در سطح در تمامی مراحل مانند روش بتن آسفالتی بوده است. فقط اجرای این روش مستلزم دقت و مهارت کافی می باشد.

اجزای مناسب همراه با یک طراحی مناسب، تولید صحیح و اجرای بادقت اصول اصلی در جهت جلوگیری از ایجاد خرابی و شکست در مسیر می باشد و سطحی را به وجود می آورد که دوام بالایی در شرایط مختلف جوی و ترافیک های بالا داشته باشد.