

MISTURAS SMA, UMA SOLUÇÃO SEGURA E COM QUALIDADE

Emilio Moreno Martínez¹, Francisco Lucas Ochoa², Hélio Nunes³

¹ RLESA Espanha. Repsol Technology Lab, A-5 km18. 28931 Móstoles (Espanha) emorenoma@repsol.com

² RLESA Espanha. Méndez Álvaro, 44 28045 - Madrid (Espanha) fjlucaso@repsol.com

³RLESA Portugal, Av. José Malhoa, 16 B – 8º, 1099-091, LISBOA. hnunes@repsol.com

Sumário

Atualmente existe uma grande necessidade de assegurar a circulação rodoviária com soluções tecnicamente fiáveis. Num pavimento betuminoso é importante que o material aplicado assegure propriedades como a durabilidade, a flexibilidade, um bom coeficiente de atrito, etc.

Neste sentido, uma das técnicas que se está a utilizar com maior frequência corresponde à adopção de misturas tipo SMA (Stone Mastic Asphalt), que estão normalizadas a nível europeu na norma EN 13108-5. Na presente comunicação faz-se uma abordagem às características principais das ditas misturas, seus constituintes, propriedades e aplicações.

Palavras-chave: SMA; Segurança; Durabilidade; Economia.

1 INTRODUÇÃO

A procura da máxima segurança rodoviária converteu-se no principal objectivo do sector da construção de estradas. Efetivamente, a sociedade requer esta qualidade como a principal para o respeito da vida humana. Se a esta característica lhe somarmos o conceito da durabilidade, colocar-nos-emos num caminho ótimo no sentido da melhoria das nossas redes de comunicação rodoviária.

Estas propriedades costumam-se encontrar nos materiais e estruturas bem projetados, e que se realizam com componentes de qualidade comprovada. No caso dos pavimentos betuminosos existem várias misturas asfálticas que alcançam um bom compromisso de segurança e durabilidade. Entre elas destacam-se as misturas utilizando ligantes modificados com polímeros, que contam normalmente com uma determinada descontinuidade na sua curva granulométrica conferindo rugosidade à superfície.

Uma das misturas com mais sucesso neste sentido é a tipologia SMA (*Stone Mastic Asphalt*), que já se vem utilizando de forma assídua em muitos países europeus e que, na sua concepção, nasceu nos anos 60 na Alemanha. Estas misturas consistem na combinação de um agregado com esqueleto mineral grosseiro, o mais monogranular possível, e um mástique composto por agregado fino, muito rico em ligante betuminoso, preferencialmente modificado com polímeros.

2 COMPOSIÇÃO DAS MISTURA SMA

Normalmente, as misturas SMA são constituídas por:

- Um agregado grosseiro, britado, de dimensão máxima 11, 16 ou 22 mm dependendo da espessura da camada e de dimensão maior que 4 ou 6 mm.
- Uma areia fina, preferencialmente de dimensão máxima 2 ou 4 mm
- Um pó mineral de qualidade comprovada, como cimento, filer calcário comercial, etc.
- Um betume, normalmente modificado, preferencialmente de alto desempenho e com alta viscosidade.
- Também se utilizam com frequência fibras.

A composição habitualmente é de 65-75 % de agregado grosseiro, 25-35 % de areia e até 6-7 % de filer. De betume adiciona-se, por norma, entre 5.5-8.0 %. Se se utilizam fibras ou outros aditivos, a quantidade a utilizar dependerá do tipo de aditivo e da função que estes tenham na mistura (melhoradores de adesividade, etc.). No caso das fibras, por norma são utilizadas em quantidades até 0.5 %. Evidentemente, a qualidade dos materiais utilizados deve ser a melhor, para assegurar o bom comportamento da mistura (dureza, polimento, qualidade de agregados, betume, etc.)

A chave desta está no seu fuso granulométrico, é necessária uma descontinuidade entre o agregado grosseiro e o agregado fino para que se possa introduzir uma grande quantidade de mástique muito flexível. Assim, estas misturas funcionam em compressão por fricção do agregado grosseiro e em tração pelo alto conteúdo de mástique flexível.

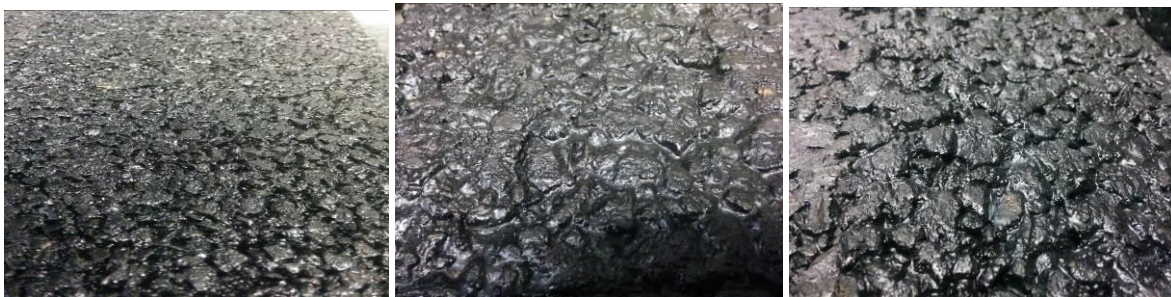


Fig.1. Imagem do acabamento duma mistura SMA

A representação de uma curva granulométrica típica é:

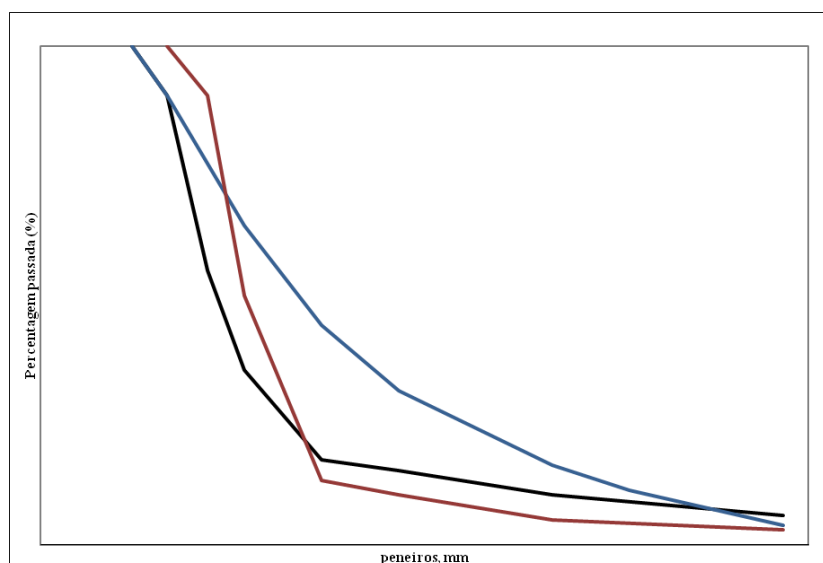


Fig.2. Curva granulométrica mistura SMA, mistura densa e mistura porosa

Como se pode observar, existe um grau de descontinuidade na gama 2 a 6 mm. Esta descontinuidade produz um conteúdo em vazios considerável que, por sua vez, é ocupado pelo mástique. Esta estrutura é cumulativamente flexível e, ao mesmo tempo, dado o seu grau de fricção interna, de grande resistência. No caso da curva da mistura porosa, sucede algo parecido, existe uma descontinuidade de 4 mm ou até menor, mas neste caso há muito menos filer e betume, pelo que se cria uma rede de vazios. Numa mistura convencional densa, não existe descontinuidade, pelo que existe um limite ao conteúdo de betume a incorporar. Pode observar-se que das três misturas, a SMA é a que mais filer contém, precisamente para poder formar o mástique com o betume que preencha os vazios da descontinuidade.

A descontinuidade criada, para além de produzir vazios preenchidos com mástique, confere rugosidade na superfície da mistura, pelo que tem boas propriedades de resistência ao deslizamento.

3 PROPRIEDADES DAS MISTURAS SMA

As principais propriedades das misturas SMA são as seguintes:

- Flexibilidade/Elasticidade. Devido à grande quantidade de betume presente, são misturas dotadas de uma grande flexibilidade. Isto traduz-se em que são capazes de resistir a grandes tensões e movimentos sem produzir fissuras, tanto longitudinalmente como transversalmente, e com um grande poder de recuperação.
- Resistência. São misturas que devido ao alto atrito interno do agregado, são capazes de resistir a cargas sem problemas.
- Deformação plástica. Também o esqueleto específico do agregado grosseiro na mistura, provoca com que disponha de uma alta resistência às deformações plásticas provocadas pelo tráfego.
- Impermeabilidade. Estas misturas, devido ao alto conteúdo de mástique com uma relação filer/betume relativamente grande, têm conteúdos de vazios baixos, o que lhes confere impermeabilidade relativamente à água.
- Fadiga. São misturas extraordinariamente resistentes à fadiga, especialmente se o ligante utilizado for betume modificado com polímeros. Isto traduz-se em tempos de vida útil do pavimento mais prolongados.
- Coesão interna. Possuem uma grande coesão interna devido ao mástique presente na mistura e, que aglutina e une de maneira muito eficaz o conjunto
- Resistência à descamação (*Scuffing*)/Coesão superficial. A diferença para outras misturas descontínuas, é que são capazes de resistir muito bem aos esforços tangenciais do tráfego que ocorrem nas zonas de curvas, inversão, rotundas, etc, Isto deve-se à já mencionada grande coesão interna da mistura.
- Resistência às baixas temperaturas. Devido à elevada presença de mástique e especialmente com a utilização de betumes modificados, apresentam muita resistência às contrações térmicas. Também devido a serem bastante fechadas, à diferença de outras misturas descontínuas, podem aplicar-se em climas frios com presença de neve e gelo.
- Resistência ao deslizamento. Apesar do conteúdo em vazios ser baixo, superficialmente, devido à descontinuidade, oferece uma boa macrotextura e microtextura, se bem que a microtextura tarde um certo tempo em manifestar-se.
- Escorrimento do ligante/*Run off*. Devido ao alto conteúdo em ligante e às temperaturas utilizadas na sua fabricação, por vezes, existe o risco de escorrimento do ligante. Este factor indesejado soluciona-se com a adição de fibras que reforçam a sua resistência, ou aumentando a relação filer/betume, tendo em conta que não afete a trabalhabilidade.
- Durabilidade. Estas misturas são extraordinariamente duradouras. O alto conteúdo de ligante (alta espessura de película) e a sua grande resistência à fadiga, torna-as uma das misturas com maior tempo de vida comparativamente com outra para uma mesma aplicação.
- Absorção de ruído. Estas misturas têm um poder de absorção abaixo de outras misturas descontínuas, mas bastante superior ao das misturas convencionais.

No seguinte quadro pode observar-se o comportamento das misturas SMA em diferentes propriedades:

Quadro 1. Propriedades e comportamento das misturas SMA

	Má	Média	Boa	Excelente
ELASTICIDADE				
RESISTÊNCIA				
MÓDULO				
FADIGA				
IMPERMEABILIZAÇÃO				
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA				
COESÃO				
RESISTÊNCIA A BAIXA T ^a				
RESISTÊNCIA DESLIZAMENTO				
DURABILIDADE				
ABSORÇÃO DE RUÍDO				

4 CAMPOS DE UTILIZAÇÃO DAS MISTURAS SMA

O principal campo de utilização destas misturas é em camadas de desgaste, normalmente com misturas SMA-8 e SMA-11. Nestas circunstâncias, aplicar-se-iam todas as propriedades descritas anteriormente. Também se utilizam como camadas intermédias, de forma que compõem camadas anti-reflexão devido à sua grande elasticidade. Neste caso, as misturas empregues costumam ser SMA-16 ou inclusivamente SMA-22.

Como desgaste, podem aplicar-se em todo o tipo de vias, especialmente apreciadas onde se requeira um compromisso entre resistência ao deslizamento e grande resistência a esforços tangenciais, além de uma grande durabilidade. Assim, em auto-estradas, onde os mínimos a exigir de atrito são altos, e existem fortes esforços superficiais em curvas, etc., são muito indicadas e utilizadas, especialmente pela durabilidade das suas propriedades.

Para camadas intermédias, o alto grau de elasticidade conferido torna-as perfeitas para pavimentos com altas necessidades de flexibilidade, não somente em situações de pavimentos rígidos ou semi-rígidos nas bases; também se utilizam como parte integrante de pavimentos de alta flexibilidade em construção nova.

5 FABRICAÇÃO, CONTROLO E COLOCAÇÃO EM OBRA

A fabricação destas misturas passa obrigatoriamente por centrais que estejam dotadas de bons elementos de controlo: dosificação das frações de agregado e de ligante; temperaturas, etc. É importante que o agregado armazenado não tenha segregações nem contaminações, e que as fracções de agregado estejam claramente segregadas. Costuma ser mais aconselhável o uso de centrais descontínuas, pelo seu maior controlo das amassaduras.

As temperaturas utilizadas são altas, dada a utilização normalmente de ligantes modificados e a relação filer/betume é alta. As temperaturas devem ser controladas exaustivamente e fixar-se-ão em função da relação f/b, da natureza do ligante, da distância ao local de espalhamento, etc. Devem evitar-se sobreaquecimentos para evitar danificar o ligante e evitar o seu escorrimento (pode-se controlar o escorrimento de forma fácil através do

método de ensaio EN 12697-18 pelo sistema Schellenberg). Uma temperatura de mistura normal, utilizando ligantes modificados, pode situar-se próxima dos 180 °C. Para evitar os riscos de escorrimento e obter um melhor comportamento da mistura, recomendam-se betumes modificados de alta viscosidade e utilização de fibras.

É possível reduzir as temperaturas de trabalho com ligantes modificados específicos de baixa temperatura e/ou técnicas semi-quentes. Normalmente estas técnicas ou produtos logram uma diminuição das temperaturas em 25-30 °C. Isto é importante nos casos em que a distância da central de fabricação ao local de aplicação seja considerável já que a perda de temperatura pode afetar a qualidade do espalhamento e compactação.

Durante o espalhamento há que controlar a rasante, as juntas, as espessuras, etc., e especialmente a aplicação de uma rega de colagem, preferencialmente com emulsão de betume modificado.

Na compactação utilizam-se normalmente cilindros de rolos metálicos. Por outro lado, é importante prestar atenção à aderência deste material aos elementos de transporte (caixas dos camiões) e de compactação, utilizando se for necessário, produtos anti-aderência.



Fig.3. Imagens do espalhamento e compactação de uma mistura SMA-16

No Quadro 2, indica-se uma fórmula de trabalho típica.

Quadro 2. Exemplo da fórmula de trabalho SMA

Componente	% em massa
Agregado 6/12	56
Areia 0/4	33
Cimento	4
Betume PMB AV	6.7
Fibra	0.3
Temperatura de mistura	180-190 °C
Temperatura de compactação	170-180 °C

A formulação e os ensaios de controlo sobre esta mistura são os seguintes:

- Curva granulométrica, tipicamente com uma descontinuidade, neste caso situada entre 2 e 4 mm.

Quadro 3. Exemplo curva granulométrica SMA

Peneiros, (mm)	Fuso SMA11	Fórmula de Trabalho (% passada)	
16	100	100	
11.2	90-100	98	
8	55-80	65	
4	22-33	27	
2	20-30	23	
0.5	12-20	15	
0,063	6-10	9.0	

- Ensaios sobre a mistura, normalmente indicados nas especificações ou recomendações.

Quadro 4. Ensaios de controlo da mistura SMA e exemplo de resultados

Ensaio	Norma EN	Resultado
Densidade máxima ρ_m g/cm ³	12697-5	2,484
Densidade Volumétrica ρ_v g/cm ³	12697-6	2,408
Densidade aparente ρ_b g/cm ³		2,428
Conteúdo de vazios em ar V_m , % ρ_b , aparente	12697-8	3.3
Conteúdo de vazios em ar V_m , % ρ_v , volumétrica		3.9
Sensibilidade à água, Resistência média (ITS) provetes húmidos, MPa	12697-12	1,777
Resistência média (ITS) provetes secos, MPa		1,821
Relação de resistência à tracção indirecta, (ITSR) %		98
Ensaio de rodagem	12697-22	0.025
WTS ar		
PRD, %		
RD, mm		
Escorrimento de ligante, método Schellenberg, %	12697-18	0.1

Como se pode observar dos valores obtidos nos ensaios de controlo e formulação, o conteúdo de vazios é baixo e a sensibilidade à água é muito boa (devido ao alto conteúdo de mástique), e a deformação do ensaio de pista excelente (devido ao esqueleto mineral).

Podem realizar-se ensaios adicionais, que põem em evidência a grande flexibilidade desta mistura, por exemplo:

Quadro 5 .Ensaio adicionais e exemplo de valores da mistura SMA

Ensaio	Norma	Resultado
Rigidez,MPa	EN 12697-26	1891
Estabilidade, kN	ASTM D6927	12.9
Deformação, mm		7.2
Razão Marshall, kN/mm		1.8
Deformação vertical sob força máxima, mm. Ensaio de propagação de fissuras	EN 12697-44	1.29
Microdeformações a um milhão de ciclos, ϵ_6	EN 12697-24	153

Neste caso, o módulo é relativamente baixo e a razão Marshall também, enquanto que no ensaio de propagação de fissuras, a deformação do provete à carga máxima é consideravelmente alta, indicativos de alta flexibilidade. No ensaio de fadiga, as microdeformações a um milhão de ciclos são muito aceitáveis e mostram uma durabilidade significativa.

6 CONCLUSÕES

- As misturas SMA são uma solução muito atrativa para os pavimentos, mantendo um nível de segurança rodoviária durante um tempo prolongado.
- Nas misturas SMA somam-se vários efeitos positivos; durabilidade-flexibilidade-segurança, etc. São misturas com um alto potencial no futuro, já que o quociente entre tempo de serviço/custo é muito positivo frente a outras soluções.
- Já existe uma sistemática de aplicação, de ensaio e de especificação para estas misturas, e a sua utilização começa a ser mais frequente.

7 REFERÊNCIAS

1. EN 13108-5, Bituminous mixtures – Material specifications – Part 5: Stone mastic asphalt
2. EN 12697-5, Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Determination of the maximum density
3. EN 12697-6, Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Determination of bulk density of bituminous specimens
4. EN 12697-8, Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Determination of void characteristics of bituminous specimens
5. EN 12697-12, Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Determination of the water sensitivity of bituminous specimens
6. EN 12697-18, Bituminous mixtures - Test methods - Binder drainage
7. EN 12697-22, Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Wheel tracking
8. EN 12697-24, Bituminous mixtures - Test methods - Resistance to fatigue
9. EN 12697-26, Bituminous mixtures - Test methods - Stiffness
10. EN 12697-44, Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Crack propagation by semi-circular bending test
11. ASTM D6927, Standard test method for Marshall stability and flow of asphalt mixtures