

Químicos para a Indústria da Borracha



Luis Antonio Tormento

2a Edição
Abril/2014

LT Químicos
Av. Pedro Severino Jr., 366 Cj. 35
04310-060 – São Paulo – SP
Tel: (11) 5581-0708

Sumário

Tópico	Página
Introdução	3
Sobre a LT Químicos	4
MBT	5
MBTS	8
ZMBT	10
CBS	12
TBBS	15
MBS	18
DCBS	21
TMTD	23
ZDMC	25
ZDEC	27
ZDBC	30
DTDM	33
CTP	35
TMQ	38
SP	41
IPPD	43
6PPD	45
Apêndice I: Vulcanização	48
Apêndice II: Química da oxidação e do antioxidante	53

Introdução

O objetivo deste manual é fornecer informações gerais do uso dos principais químicos para borracha, sua função e seu efeito nos compostos e artefatos de borracha.

Esta série de textos compila as informações disponíveis sobre aceleradores, antioxidantes e retardantes com o objetivo de auxiliar o químico e o formulador na seleção do melhor sistema de vulcanização ou proteção para vários tipos de artefatos e aplicações.

Esperamos que este manual se torne uma ferramenta útil e interessante para ser dividida e compartilhada dentro de nosso mercado.

Luis Tormento
LT Químicos

Sobre a LT Químicos

A LT Químicos está presente no mercado de borracha, na revenda de nossos produtos ou atuando como agente de várias empresas do setor.

A LT Químicos atua em vários segmentos: comercializa matéria-prima para os setores de borracha ou plástico e equipamentos para rebarbação de artefatos de borracha.

A LT Químicos iniciou suas atividades em 1997, com o objetivo de oferecer produtos e tecnologias inovadores aliados a um excelente atendimento técnico. Ao longo dos anos seu portfólio de produtos foi crescendo, sua atuação em outros mercados também foi expandindo.

A LT Químicos está presente nos seguintes mercados e indústrias:

- Indústria da borracha
- Indústria plástica
- Indústria de tintas
- Químicos para varias aplicações.

A LT Químicos oferece tecnologia para:

- Rebarbação de borrachas e plásticos
- Limpeza de moldes
- Tintas
- Aplicações em borrachas e plásticos

MBT

- É um acelerador semi ultrarrápido para NR, SBR, BR, NBR e outras borrachas diênicas com alta insaturação.
- Dispersa rapidamente em compostos de borracha
- Age como um leve peptizante para NR e CR.
- É um retardador de vulcanização acelerada em compostos de borracha acelerados com (TMTD/ TMTM) / ditiocarbamatos (ZDEC, ZDBC) ou acelerador ETU como aceleradores principais.
- Mesmo em quantidades relativamente pequenas, o MBT mostra significativo efeito na redução da atividade dos tiurams e ditiocarbamatos .
- Também funciona como um retardador de composições baseadas em CR.

O MBT na vulcanização:

- tem um amplo espectro de vulcanização e é muito ativo acima de 115°C.
- confere uma característica de vulcanização constante para a borracha de poliisopreno (NR, por exemplo) e seus compostos exibem capacidade de suportar maior tempo de vulcanização.
- No entanto, o MBT causa pré-vulcanização por natureza; por outro lado, sua taxa e estado de vulcanização obtidos são comparativamente inferiores aos aceleradores de sulfenamida como CBS e TBBS.

Assim, quando utilizado isoladamente, comparativamente, o MBT apresenta propriedades mais baixas de tração e resiliência. No entanto, em combinações com outros aceleradores são observadas melhorias marcantes.

- Com o uso de MBT, quantidades normais de óxido de zinco e ácido esteárico são necessárias como ativadores de vulcanização baseada no enxofre .

Quando utilizado sozinho, o MBT mostra má resposta ao baixo teor de enxofre no sistema de vulcanização. No entanto, em combinação com outros aceleradores básicos como TMTM e TMTD favorece a formação de bons sistemas de vulcanização com qualquer teor de enxofre.

- O MBT pode ser ativado para melhorar a taxa e o estado de vulcanização utilizando baixos teores de aceleradores básicos como: DOTG, DPG, TMTM, TMTD, e ZDC.

O MBT pode causar pequena pré-vulcanização, reversão e resistência ao envelhecimento, especialmente quando utilizamos aceleradores de ativação tipo ditiocarbamatos (booster).

- Os sistemas de vulcanização utilizando MBT podem ser retardados por meio de pequenas quantidades do retardador CTP, ou outros, como anidrido ftálico, ácido salicílico, etc.

A adição de maior quantidade de ácido esteárico ou substituição parcial do MBT por sulfenamidas, também são ferramentas utilizadas para controlar a pré-vulcanização (scorch).

- MBT como retardador: no caso de borracha com teor de instauração (por exemplo, IIR / EPDM) e vulcanizados com tiurams ou ditiocarbamatos; o MBT age como um retardador.

Em compostos de borracha EPDM a dosagem de MBT é mantida abaixo de 2,5-3,0 phr para evitar eflorescência dos aceleradores tipo ditiocarbamatos.

- MBT geralmente é evitado em compostos de borrachas halogenadas com carga preta devido à sua tendência de pré-vulcanizar; no entanto, o mesmo pode ser utilizado em compostos coloridos para acelerar a vulcanização.

O MBT, por si só, não descolore vulcanizados coloridos; no entanto ligeiro efeito de amarelamento é observado quando produtos coloridos são expostos à luz solar.

O efeito do MBT em descolorir produtos coloridos é mínimo.

- O MBT e outros aceleradores da classe tiazol são particularmente preferidos em aplicações de borrachas fixadas em superfícies metálicas, devido a ausência de aminas livres.

APLICAÇÕES:

O MBT e suas combinações com aceleradores de ativação (booster) são usados extensivamente em compostos de NR, SBR, NR/SBR/BR, NBR, IIR, EPDM e outros compostos a base de borrachas sintéticas utilizadas na fabricação de pneumáticos de motocicletas e motonetas, câmaras de ar de butil, pneumáticos e câmaras de bicicletas, correias, materiais de recauchutagem, calçados, produtos vulcanizados com ar quente, mangueiras, cabos e diversos moldados e extrudados de borracha.

Dosagens Típicas de MBT							
Produto	Borracha	Acelerador/Enxofre (phr)					
		MBT	MBTS	MBS	TMTD	ZDEC	S
Motocicletas, motonetas e pneumáticos	NR-SBR/BR	0,8-1,0**	-	-	0,07-0,15	-	2,2-2,75*
Câmaras	IIR	0,5	-	-	1,0	0-0,2	1,5
Rodagem de bicicletas	NR-RR	0,6**	0,3	-	0,1-0,15	-	2,0-2,5
	NR/SBR/BR	0,8**	0,4	-	0,1-0,2	-	2,2
Cobertura - correia transportadora	NR	0,7**	0,25	-	0-0,15	-	2,75*
	SBR	1,0**	0,4	-	0-0,2	-	2,2
Correias de transmissão							
Uso geral	NR	0,3	-	0,8	-	-	3,0
Resistente ao calor	NR	0,5	-	-	2,0-2,5	-	0,3
Correia em V							
Base	NR	0,2	-	0,6**	-	-	3,0
Almofada (Cushion)	NR	0,4	-	0,6**	-	-	2,4
Recapagem							
Almofada – Vulcanização Quente	NR	0,2	-	0,7*	-	-	2,4*
Almofada – Vulcanização Fria	NR	1,0	-	0,7*	TMTM 0,2	-	2,4*
Solução vulcanizante	NR	0,6	0,4	-	-	-	4,0*
Calçados							
Sola DV	NR-SBR	0,8	-	-	0,2-0,3	-	2,0
Sola Microcelular	NR-SBR	0,6	-	-	0,1-0,2	-	2,2
Sola Neolite	NR-SBR	0,7	0,3	-	0,1-0,2	-	2,5
Vulcanizados com ar quente							
Tecido emborrachado e Lâminas de borracha	NR	0,8	-	-	-	0,3-0,4	2,5
Cabos	NR	1,0	-	-	TMTM – 0,2-0,3	-	1,2
	SBR	1,5	-	-	TMTM – 0,2-0,3	-	1,0

Nota: * Enxofre Insolúvel (base 100% ativa)

** Inibidor de pré-vulcanização pode ser incorporado de 0,2-0,5 phr para assegurar resistência à pré-vulcanização.

Sistemas de vulcanização com MBT para artefatos de EPDM					
Acelerador	Sistema de Vulcanização (phr)				
	A	B	C	D	E
MBT	0,5	1,5	1,5	2,0	1,5
TMTD	1,5	0,8	1,0	0,8	0,8
ZDEC	-	-	-	0,8	-
ZDBC	-	2,5	2,5	1,0	-
CBS	-	-	1,0	-	-
TeDEDC	-	-	1,0	-	0,8
DPTTS	-	-	-	-	0,8
S	1,5	2,0	1,8	2,0	0,5
Características do Sistema de Vulcanização					
A	Baixo custo, média taxa de vulcanização, propriedades físicas satisfatórias, pode manchar				
B	Uso geral, Muito boa taxa de vulcanização e propriedades do vulcanizado, Não manchante				
C	Baixa deformação permanente, rápida taxa de vulcanização, boas propriedades do vulcanizado, Não manchante.				
D	Baixo custo, rápida taxa de vulcanização, Boas propriedades do vulcanizado, não manchante				
E	Uso geral, taxa de vulcanização muito rápida e excelentes propriedades do vulcanizado, tão manchante mas com pré-vulcanização				

MBTS

- É um acelerador semi ultrarrápido para NR, SBR, NBR BR e outras borrachas com alta insaturação.
- Dispersa rapidamente em compostos de borracha e age como um retardador em compostos a base CR (Dependendo do tipo de CR usado).
- É um retardador de vulcanização em compostos de borracha utilizando tiurams (TMTM / TMTD) como acelerador principal e reduz a eflorescência do tiuram.
- Tem ampla faixa de vulcanização e é mais seguro do que o MBT nas temperaturas de processamento de compostos de borracha.
- É muito ativo em temperaturas acima de 140°C, conferindo características de vulcanização constantes para borrachas de “poliisopreno” (por exemplo, NR).
- Os compostos acelerados com MBTS, mesmo quando utilizados em combinação com outros aceleradores de ativação (booster) apresentam muito boa resistência à tração e boa resiliência.

Quantidades normais de óxido de zinco e ácido esteárico são necessárias como ativadores de vulcanização baseados no enxofre com o uso de MBTS.

- Os sistemas de vulcanização acelerados com MBTS podem ser ativados por meio de quantidades pequenas de DOTG, DPG, TMTM, TMTD, ZDEC, etc. Quando um ditiocarbamato for utilizado para ativar o sistema acelerante, os sistemas de vulcanização acelerados com MBTS podem ser usados para melhorar a taxa e o estado de vulcanização com boa resistência à pré-vulcanização, à reversão e a resistência ao envelhecimento.

Se necessário, os sistemas baseados em MBTS podem ser retardados com CTP ou outro retardador ácido. A resposta ao CTP dos sistemas de vulcanização com base tiazol é um pouco lenta em relação aos aceleradores classe sulfenamida.

- O MBTS pode ser utilizado seguramente para produzir produtos de borracha não descolorantes e não manchantes e é particularmente adequado para a união borracha-metal.
- O MBTS mostra maior efeito de retardamento, quando comparado com o MBT em compostos de IIR (Por exemplo, tubos de butil / extrudados, etc.) .
Serve como um agente oxidante para GMF/ Dibenzo GMF formando grupos nitrosos para rápida reticulação de borrachas diênicas.
O MBTS também é usado em compostos á base de borracha butílica halogenada.

As dosagens de MBTS são mantidas abaixo de 3,0 phr para evitar a eflorescência de tiurams / ditiocarbamatos em compostos de borrachas de EPDM.

APLICAÇÕES:

O MBTS e suas combinações com os aceleradores de ativação são utilizadas em NR, SBR, misturas SBR-NR/BR, NBR, IIR, EPDM, e outros compostos a base de borracha sintética, utilizados para a fabricação de pneumáticos de motocicletas e motonetas,

câmaras de butil, pneumáticos e câmaras de bicicletas, correias, recauchutagem, calçados, produtos vulcanizados com ar quente e diversos produtos moldados e extrudados.

Dosagens Típicas de MBTS							
Produto	Borracha	Acelerador/Enxofre (phr)					
		MBTS	MBT	MBS	TMTD	ZDEC	S
Motocicletas, motonetas e pneumáticos	NR-SBR/BR	1,0-1,2**	-	-	0,1-0,2	-	2,2-2,75*
Câmaras	IIR	0,3-0,4	-	-	1,0	0-0,2	1,5
	BIIR	0,5	-	-	-	0,1	0,5
Rodagem de bicicletas Invólucro	NR-RR	0,8-1,0**	-	-	0,1-0,2	-	2,0-2,5
	NR/BR	1,0-1,2**	-	-	0,1-0,2	-	2,2
	NR	1,0-1,2**	-	-	0,1-0,2	-	2,5-3,0
Cobertura correia transportadora	NR	0,8**	0,2	-	0-0,15	-	2,75*
	SBR	1,2-1,5**	-	-	0,1-0,2	-	2,2
Correia de transmissão							
Uso geral	NR	0,3	-	0,8	-	-	3,0
Resistente ao calor	NR	0,4	-	-	2,0-2,5	-	0,3
Correia em V							
Base	NR	0,2	-	0,6**	-	-	3,0
Almofada (Cushion)	NR	0,4	-	0,6**	-	-	2,4
Recapagem							
Almofada – Vulcanização Quente	NR	0,2	-	0,7*	-	-	2,4*
Almofada – Vulcanização Fria	NR	0,6	0,4	-	TMTM 0,2	-	2,4*
Solução vulcanizante	NR	1,2	-	-	-	-	4,0*
Calçados							
Sola DV	NR-SBR	0,7	0,3	-	0,1-0,2	-	2,2
Sola Microcelular	NR-SBR	1,0	-	-	0,1-0,2	-	2,3
Sola Neolite	NR-SBR	1,0	-	-	0,1-0,2	-	2,5
Vulcanizados com ar quente							
Tecido emborrachado e laminas de borracha	NR	0,4	0,4	-	-	0,3	2,5
Cabos	NR	1,0	-	-	TMTM 0,3	-	1,2
	SBR	1,6	-	-	TMTM 0,3	-	1,0
Produtos diversos	NR	0,8-1,0	-	-	0-0,2	-	2,4
Moldados e Extrudados	SBR	1,2-1,5	-	-	0-0,2	-	2,2
	NBR	1,2-1,5	-	-	0-0,2	-	1,5
	EPDM	3,0	-	-	0,75	ZDBC 1,5	0,5
<p>O MBTS é também utilizado nos seguintes compostos/produtos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interior de pneumáticos Clorobutil (Pneumáticos Bias): MBTS-0,75 + Alkyl phenol disulfide-1,2 + ZnO-5,0 - Interior de pneumáticos Bromobutil (Radial): MBTS-1,25 + ZnO-3,0 + S-0,4 - Câmara OTR Bromobutil: MBTS-1,2 + TMTD-1,7 + ZnO-4,0 - Revestimento de tanque Bromobutil: MBTS-1,0 + TMTD-0,5 + ZnO-5,0 + S-0,5 							
<p>Nota: * Enxofre Insolúvel (base 100% ativa)</p> <p>** Inibidor de pré-vulcanização pode ser incorporado de 0,2-0,5 phr para assegurar resistência a pré-vulcanização.</p>							

ZMBT

-É um acelerador semi ultrarrápido para NR, SBR, NBR, BR e outras borrachas diênicas.

- Sua crítica temperatura de vulcanização é de aproximadamente 120°C e compostos de borracha seca ou base látex são vulcanizadas rapidamente a 125°C.

O estado de vulcanização desenvolvido pelo ZMBT é ligeiramente inferior ao MBT; no entanto, a segurança à pré-vulcanização é muito mais elevada e, portanto pode ser usado no lugar do MBT para controlar a pré-vulcanização.

- É usado principalmente na composição de látex com o ZDC / ZDBC para melhorar o estado de vulcanização.

O ZMBT melhora as características de envelhecimento dos vulcanizados base látex NR e não afeta a estabilidade dos compostos a base de látex NR.

É facilmente dispersado em água na presença de agentes dispersantes (por exemplo, sal de sódio polimerizado de alquil naftaleno ácido sulfônico) ; é usado geralmente como uma dispersão a 50% em água para aplicações em compostos de látex.

Tem um efeito estimulante sobre a NR látex devido a sua natureza tixotrópica e esta propriedade favorece a formação da espuma de látex NR.

Quando esta propriedade não é desejada, o efeito tixotrópico pode ser eliminado por agitação.

Quando utilizado para a fabricação de espuma de látex, as combinações de ZMBT e de ZDEC produzem espuma de látex com alto módulo de compressão, vulcanizáveis a 110°C.

Pode-se reduzir a dosagem de óxido de zinco nos componentes de espuma de látex para a otimização / ajuste do período de gelificação.

- Quando o ZMBT é usado em composições e borracha, são necessárias quantidades normais de óxido de zinco e ácido esteárico; no entanto, a dosagem de óxido de zinco pode ser consideravelmente reduzida para aplicações específicas.

- O ZMBT pode ser ativado por pequenas quantidades de aceleradores básicos, tais como TMTM, TMTD, DPG, ZDC, etc., ou mesmo por outros materiais básicos.

Se necessário, podem ser utilizados retardadores ácidos ou CTP para reduzir (retardar) o início da vulcanização.

- Sistemas de vulcanização com alta quantidade de acelerador – baixo enxofre com base no ZMBT oferecem excelente resistência ao calor aos vulcanizados de NR.

O ZMBT também funciona como um retardador eficaz para a vulcanização de sistemas baseados em tiurams e ditiocarbamatos como aceleradores primários.

O método recomendado para a preparação da dispersão a 50% de ZMBT para a composição de látex é dado abaixo:

Ingrediente	Base Seca	Base Úmida
ZMBT, pbw	50	50
Solução a 10% de agente dispersante, pbw	1	10
Solução a 10% de KOH, pbw	0,5	5
Caulim macio, pbw	0,5	0,5
Água, pbw	-	34,5
Total	52,0	100,0
Nota: Agente Dispersante: sal de sódio polimerizado de alquil naftaleno ácido sulfônico		

MÉTODO:

Carregue o ZMBT, o agente de dispersão e uma parte da água; moa até formar uma pasta.

Adicionar o caulim macio, a quantidade restante de água, a solução de KOH a 10% e moer em moinho de bolas por 24 a 48 horas, dependendo dos requisitos do produto a ser fabricado.

APLICAÇÕES:

- O ZMBT (em combinação com o ZDEC) é usado principalmente em composições de látex de NR / borracha sintética para a fabricação de espuma de látex, espuma com fibra de coco, revestimento de tapetes, fios de látex, separadores de bateria e outros produtos a base de látex.

- O ZMBT em combinação com aceleradores de ativação, é usado em compostos à base de borracha seca para a fabricação de solas e saltos de calçados, calçados vulcanizados por ar quente e outros produtos moldados e extrudados.

Dosagens Típicas de ZMBT							
Produto	Borracha	Acelerador/Enxofre (phr)					
		ZMBT	ZDEC	ZDBC	TMTD	DPG	S
Produtos de Látex							
Espuma de látex	Látex NR	1,0	1,0	-	-	0,6	2,0
Colchões de látex	Látex NR	1,0	1,0	-	-	-	2,0
Base de carpete expandida	Látex						
a. Baixa densidade	NR-SBR	1,0	0,5	-	-	-	1,5
b. Alta Densidade	NR-SBR	1,5	1,5	-	-	-	2,5
Fios de Látex							
a. Translúcidos	Látex NR	1,5	-	0,25	-	-	1,75
b. Resistente ao calor	Látex NR	1,5	-	0,5	DPTT 2,0	-	-
c. Uso geral	Látex NR	1,0	0,6	-	-	-	1,75
Separadores de bateria	Látex NR	1,0	1,0	-	-	-	40,0
Luva doméstica	Látex NR	1,0	0,2	-	-	1,2	2,5
Preservativos	Látex NR	0,75	-	0,75	-	-	0,75
Produtos fundidos de látex	Látex NR	0,70	0,70	-	-	-	1,40
Produtos de Borracha Sólida							
Almofada amortecedora (Vulcanização quente)	NR	1,0	-	-	0,5	-	Ins. S 2,8
Revestimento de borracha	NR-SBR	2,5	1,0	-	-	-	2,5
Artefatos Moldados							
Uso geral	NR/SBR	0,8-1,2	-	-	0-1,5	-	1,6-2,2
Resistente ao calor	NR/SBR	1,5	-	-	0,5	-	0,5
Resistente a alta temperatura	NR/SBR	3,0	-	-	0,1	-	1,0
Produtos translúcidos	NR/IR	0,6	-	0,2	-	-	1,0-1,5
Produtos extrudados	NR	1,2	-	-	-	0,3-0,4	1,8-2,2
Cabos	NR-SBR	3,0-3,5	-	-	0,15	-	1,2
Nota: Inibidor de pré-vulcanização pode ser incorporado de 0,2-0,5 phr para assegurar resistência à pré-vulcanização							

CBS

- É um acelerador sulfenamida de ação retardada para NR, SBR, BR, NBR e outras borrachas diênicas vulcanizadas por sistema doador de enxofre / enxofre.

- Quantidades normais de óxido de zinco e ácido esteárico são necessárias para todos os aceleradores de sulfenamida.

No entanto, a dosagem excessiva de ácido esteárico não oferece vantagens adicionais, como no caso dos tiazóis.

A dosagem normal do CBS está na faixa de 0,5-1,0 phr para sistemas de vulcanização convencional; 1,5-2,0 phr para sistemas Semi-EV de vulcanização e 3,0-5,0 phr para sistemas EV de baixo teor de enxofre.

O CBS é usado na dosagem de 1,0 phr como retardador eficaz para a vulcanização chamada sem enxofre (sulphurless) ,com aceleradores tipo tiuram.

- O CBS é muito ativo acima da temperatura de vulcanização de aprox. 140°C; conseqüentemente, oferece muita segurança de processamento e pré-vulcanização durante as operações de processamento e composição de borrachas (por exemplo, a extrusão, calandragem, etc.)

- O CBS melhora a vida de armazenamento dos compostos de borracha processados em relação a aceleradores tipo tiazol.

- O CBS e outros aceleradores tipo sulfenamidas são preferidos quando cargas de negros de fornalha são utilizadas na composição da banda de rodagem (que são básicos por natureza e geram substancial calor durante a etapa de processamento de compostos de NR / BR / SBR).

No entanto, o processamento prolongado e repetido acima de 120°C deve ser evitado, especialmente na ausência de quantidade adequada de CTP, para minimizar o risco de “queimar”.

- O CBS e outros aceleradores tipo sulfenamida são geralmente incorporados no composto de borracha no final do ciclo de mistura, quando a temperatura está acima do ponto de fusão do acelerador e assegura a dispersão adequada.

No entanto, a geração de calor excessivo deve ser evitada para prevenir a decomposição dos aceleradores tipo sulfenamida. No caso, os aceleradores tipo sulfenamida são acrescentados em uma fase posterior; recomenda-se o uso na forma de um masterbatch.

- Quando utilizado isoladamente, o CBS apresenta taxa de vulcanização mais rápida (acima de 140°C), maior estado de vulcanização e moderado efeito quando comparado com aceleradores tipo tiazol.

Vulcanizados com base no CBS ou outros aceleradores tipo sulfenamida apresentam um odor típico de “amina”, exibem maiores propriedades de força-tensão e melhor resistência à fadiga por flexão em comparação com os tiazóis.

- O CBS e outros aceleradores tipo sulfenamida podem ainda ser ativados usando pequenas proporções de tiurams ou aceleradores de ditiocarbamato com um bom compromisso na segurança de processamento, resistência à reversão e resistência ao envelhecimento.

O uso de DPG / DOTG como acelerador de ativação é geralmente evitado, devido sua tendência de conferir maior acúmulo de calor nos compostos de borracha em comparação com sistemas de vulcanização ativadas por tiuram.

O CTP é um inibidor de pré-vulcanização muito eficaz para a sulfenamida e sistemas ativados com sulfenamidas , sem qualquer ação sobre a taxa de vulcanização.

A melhoria na segurança à pré-vulcanização é diretamente proporcional à dosagem de CTP e, portanto, a quantidade mínima necessária para a obtenção de segurança a pré-vulcanização pode ser facilmente determinada.

O uso de excessiva dosagem de CTP deve ser evitada para evitar atraso no início da vulcanização, além de afetar o estado de vulcanização até certo ponto.

- O CBS e outros aceleradores tipo sulfenamida se decompõem rapidamente na presença de vapor ; portanto, é preferido para a produção de produtos de borracha vulcanizados em vapor aberto que requeiram rápido início de vulcanização para a retenção da forma. No entanto, devido ao atraso no início da vulcanização na ausência de umidade, os aceleradores tipo sulfenamida não são preferenciais para produtos vulcanizados em ar quente.

- O CBS por si só não mancha. No entanto, quando quantidades elevadas são utilizadas, ligeiro efeito de amarelamento pode ser observado em compostos de borracha coloridos ou brancos quando expostos a luz solar.

APLICAÇÕES:

O CBS sozinho ou em combinação com pequenas quantidades de acelerador de ativação, é muito utilizado em compostos de NR, SBR, NR / BR, mistura NR / BR / SBR, NBR e outros compostos de borracha sintética, utilizados para a fabricação de pneumáticos de automóveis, pneumáticos de motocicleta, correias (transporte, transmissão, V e ventiladores), a recauchutagem de pneumáticos e materiais de reparação, calçados, mangueiras, cabos, produtos moldados por injeção e compressão/transferência, bem como produtos de borracha extrudados.

Dosagens Típicas de CBS							
Produto	Borracha	Acelerador/Enxofre (phr)					
		CBS	MBTS	TMTD	TMTM	CTP	S
Pneumáticos de automóveis Rodagem	NR	0,5-0,7	-	-	-	0,10-0,15	2,4*
	NR-BR	1,2	-	-	0-0,25	0,10-0,15	1,5*
	SBR-BR	1,4	-	-	0-0,25	0,10-0,20	1,7*
	NR-SBR	0,8	-	-	0-0,10	0,10-0,15	2,0*
	NR	0,7-0,8	-	-	0-0,20	0,15-0,20	2,4*
	NR-SBR	1,0	-	-	0-0,20	0,15-0,20	2,2*
	NR-BR	1,0-1,2	-	-	0-0,10	0,15-0,20	2,2*
Rodagem bicicletas							
Rodagem	NR-RR	1,0	-	0,1-0,15	-	0,1-0,2	2,4
	NR-SR	1,2	-	0,15-0,20	-	0,10-0,20	2,0
Correia transportadora							
Uso Geral	NR	0,7	0,2	-	-	0,15	2,4
	NR-SBR	1,2	-	-	-	0,15	1,75
	NR-SBR	1,5	-	0,5	-	0,25	0,50
Resistente ao calor							
Correia de transmissão	NR	0,8	-	0,1	-	0,15	3,0
Correia em V							
Base	NR	0,6	0,2	-	-	0,2	3,0
Almofada	NR	0,75	0,1	-	-	0,15	2,4
Fricção	NR	0,75	0,1	-	-	0,15	2,4
Recapagem							
Vulcanização quente	NR	0,6	-	-	-	0,20	2,4*
	NR-BR	0,9	0,3	-	-	0,15	1,7*
Pré-Vulcanizado	NR-BR	0,9	0,3	-	-	0,10	1,6
Almofada – Vulcanização quente	NR	0,7	-	-	-	0,15	2,5*
Calçados							
Sola DV	NR-SBR	1,0	0,3	0,1	-	0,1	2,0
Solas e saltos	NR-SBR	1,0	0,3	0,1	-	0,1	2,0
Mangueiras							
Tubo	NR	0,8-1,0	-	0,1	-	0,1	2,2
	NR-SR	1,0-1,2	-	0,2	-	0,1	1,5
	NBR	1,5	-	0,5	-	0,1	1,5
Cobertura	NBR	0,7	-	0,1	-	0,15	1,8
	NR	0,8	-	0,1	-	0,15	2,2
Cabos	NR	1,0	-	0,2	ZDEC 0,2	0,15	1,2
Injetados	NR	0,6	-	-	-	0,3	2,4
Moldados e extrudados							
	NR	0,7	-	0,15	-	0,1	2,2
	NR-SeEV	1,5	-	0,5	-	0,1	1,4
	NR-EV	3,0	-	-	-	-	0,5
	SBR	1,0	-	0,2	-	0,1	2,2
	SBR-SeEV	2,0	-	0,5	-	0,1	0,75
	SBR-EV	1,5	-	3,0	-	0,2	0,3
	NBR	1,0	-	0,15	-	0,1	1,5
	NBR-SeEV	1,0	-	1,0	-	-	1,0
	NBR-EV	2,0	-	3,0	-	-	0,3

Nota: * Enxofre Insolúvel (base 100% ativa)

TBBS

- É um acelerador tipo sulfenamida com ação retardada para compostos de NR, SBR, BR, NBR e outras borrachas diênicas vulcanizadas por enxofre/doador de enxofre.
- Apresenta estabilidade de armazenamento muito boa em comparação com outros aceleradores tipo sulfenamida.

- A dosagem normal de TBBS está na faixa de 0,5-1,0 phr em sistemas de vulcanização convencional; 1,5-2,0 phr para sistemas de vulcanização Semi-EV e 3,0-4,0 phr para sistemas de vulcanização tipo EV com baixo teor de enxofre.

- É muito ativo acima de 140°C, e oferece melhor segurança de processamento em comparação com o CBS.

Quando utilizado isoladamente, apresenta rápida taxa de vulcanização acima de 160°C, que é quase igual a do CBS. No entanto, o estado de vulcanização conseguido com o TBBS é aproximadamente 10% maior (mas menor do que nos aceleradores tipo tiazol).

Para minimizar o risco de queima, processamento prolongado e repetido a mais de 125°C, deve ser evitado na ausência de quantidade adequada de CTP.

Vulcanizados de borracha sintética vulcanizados com TBBS apresentam superior módulo, superior resistência à tração, resistência e propriedades elásticas comparáveis a outros aceleradores base sulfenamida.

- Como outros aceleradores sulfenamida, o TBBS é normalmente incorporado no composto de borracha ao final do ciclo de mistura, quando a temperatura do material está acima do ponto de fusão do TBBS, para assegurar a adequada dispersão e dissolução do acelerador.

No caso, em que o TBBS deva ser acrescentado, numa fase posterior, é recomendável o uso de um masterbatch.

- O sistema de vulcanização baseado no TBBS pode ainda ser ativado com o uso de pequenas quantidades de tiuram ou aceleradores de ditiocarbamato; no entanto, os tiurams (TMTM, TMTD) são preferidos.

Ativação utilizando tiurams ou ditiocarbamatos está associada a um comprometimento da segurança de processamento, a resistência à reversão e resistência ao envelhecimento.

O uso de DPG / DOTG como aceleradores secundários geralmente deve ser evitado.

O CTP é um inibidor de vulcanização altamente eficaz com TBBS, mostrando resposta cerca de 10% melhor em relação ao CBS.

A melhoria da segurança de processamento está em proporção linear à quantidade de CTP usada: assim, a dosagem exata do CTP para obtenção da segurança de processamento almejada pode ser facilmente determinada.

O uso de quantidade excessiva de CTP deve ser evitado.

- O TBBS e outros aceleradores tipo sulfenamida se decompõem rapidamente na presença de vapor; portanto, é preferido para a produção de produtos de borracha

vulcanizados em vapor aberto que requeiram rápido início de vulcanização para a retenção da forma.

No entanto, devido ao atraso no início da vulcanização na ausência de umidade, os aceleradores de sulfenamida não são preferidos para produtos vulcanizados em ar quente.

- O TBBS por si só não mancha; contudo, com a utilização de quantidades elevadas, pode-se observar um leve efeito de amarelamento em compostos branco / coloridos quando expostos a luz solar.

APLICAÇÕES

- O TBBS sozinho ou em combinação com pequenas quantidades de aceleradores de ativação, é muito utilizado em NR, SBR, mistura NR / BR / SBR, NBR e outros compostos de borracha sintética, utilizados para: fabricação de rodagens de pneumáticos de passeio, laterais, carcaças, pneumáticos e câmaras de bicicletas, correias e correias em V, recauchutagem de pneumáticos e materiais de reparo, calçados, mangueiras, cabos, produtos moldados por injeção e vários moldados por compressão / transferência, bem como produtos de borracha extrudados.

Dosagens Típicas de TBBS							
Produto	Borracha	Acelerador/Enxofre (phr)					
		TBBS	MBTS	TMTD	TMTM	CTP	S
Pneumáticos de automóveis Rodagem	NR	0,4-0,6	-	-	-	0,10-0,15	2,4*
	NR-BR	1,2	-	-	0-0,2	0,12	1,6*
	SBR-BR	1254	-	-	0-0,2	0,10-0,20	1,6*
	NR-SBR	0,75	-	-	0-0,10	0,10-0,15	2,0*
	NR	0,6-0,7	-	-	0-0,20	0,15-0,20	2,4*
	NR-SBR	0,9	-	-	0-0,20	0,15-0,20	2,2*
	NR-BR	1,0	-	-	0-0,10	0,15-0,20	2,2*
Rodagem bicicletas							
Rodagem	NR-RR	0,8	-	0,1-0,15	-	0,1-0,15	2,4
	NR-SR	1,1	-	0,1-0,15	-	0,10-0,15	2,0
Correia transportadora							
Uso Geral	NR	0,6	0,2	-	-	0,12	2,4
	NR-SBR	1,2	-	-	-	0,12	1,75
	NR-SBR	1,4	-	0,5	-	0,2	0,50
Resistente ao calor							
Correia de transmissão	NR	0,7	-	0,1	-	0,15	3,0
Correia em V							
Base	NR	0,5	0,2	-	-	0,15	3,0
Almofada	NR	0,6	0,1	-	-	0,12	2,4
Fricção	NR	0,7	-	-	-	0,12	2,4
Recapagem							
Vulcanização quente	NR	0,5	-	-	-	0,15	2,4*
	NR-BR	0,8	0,3	-	-	0,15	1,7*
Pré-Vulcanizado	NR-BR	0,8	-	-	-	0,12	1,6
Almofada – Vulcanização quente	NR	0,8	0,3	-	-	0,1	2,5*
Calçados							
Sola DV	NR-SBR	0,9	0,3	0,1	-	0,1	2,0
Solas e saltos	NR-SBR	0,9	-	0,2	-	0,1	2,2
Mangueiras							
Tubo	NR	0,8	-	0,1	-	0,1	2,2
	NR-SR	1,1	-	0,2	-	0,1	1,5
	NBR	1,3	-	0,5	-	0,1	1,5
Cobertura	NBR	0,7	-	0,1	-	0,15	1,8
	NR	0,7	-	0,05	-	0,15	2,2
Cabos	NR	1,0	-	0,2	ZDEC 0,2	0,15	1,2
Injetados	NR	0,5	-	-	-	0,3	2,4
Moldados e extrudados							
	NR	0,6	-	0,15	-	0,1	2,2
	NR-SeEV	1,5	-	0,5	-	0,1	1,4
	NR-EV	3,0	-	-	-	-	0,5
	SBR	1,0	-	0,2	-	0,1	2,2
	SBR-SeEV	2,0	-	0,5	-	0,1	0,75
	SBR-EV	1,5	-	3,0	-	0,2	0,3
	NBR	1,0	-	0,15	-	0,1	1,5
	NBR-SeEV	1,0	-	1,0	-	-	1,0
	NBR-EV	2,0	-	3,0	-	-	0,3

Nota: * Enxofre Insolúvel (base 100% ativa)

MBS

- É um acelerador sulfenamida de ação retardada para NR, NR-BR, NR-SBR e outros compostos a base de borracha sintética com alta insaturação, reforçados com negro tipo fornalha de partícula fina, propenso à geração excessiva de calor durante operação de processamento.
- Quantidades normais de óxido de zinco e ácido esteárico são necessárias para a ativação de vulcanização de compostos com base em MBS.
- É usado na dosagem de 0,5-1,0 phr para os sistemas de vulcanização convencional; 1,5 a 2,0 phr para sistemas de vulcanização Semi-EV e 3,8 ou mais phr para sistemas de vulcanização EV com baixo teor de enxofre.
- É muito ativo acima de 140°C, e oferece melhor segurança de processamento em comparação com o CBS e o TBBS.
- Em comparação com outros aceleradores sulfenamida, os compostos de borracha vulcanizados com o MBS apresentam excelente vida útil e retenção da atividade de vulcanização durante armazenagem prolongada.
- Na temperatura de vulcanização, o MBS apresenta retardo no início da vulcanização junto com a taxa de vulcanização mais rápida e um bom efeito plateau.
A densidade de reticulação obtida utilizando o MBS é de aproximadamente 6-8% inferior ao CBS e 12-15% inferior ao TBBS, quando comparado em igual dosagem a essas sulfenamidas.
- O aumento progressivo na quantidade do MBS, como acelerador sulfenamida, mostra melhorias na pré-vulcanização, taxa de vulcanização e estado de vulcanização.
- Vulcanizados acelerados com MBS apresentam maior módulo, excelentes propriedades em condições dinâmicas e menor acúmulo de calor sob tensão dinâmica.
- Sistemas de vulcanização semi-EV acelerados com MBS conferem melhor resistência ao calor e ao envelhecimento.
- MBS é normalmente incorporado em compostos de borracha no final do ciclo de mistura.
Caso o MBS deva ser acrescentado numa fase posterior, basta que o composto de borracha esteja aquecido entre 80-85°C para atingir excelente dispersão e dissolução do MBS.
- MBS é um acelerador sulfenamida baseado em aminas secundárias (Morfolina); portanto, é extremamente sensível à ativação por DPG, DOTG, TMTM e ZDEC bem como pelo inibidor de pré-vulcanização CTP.
Assim, quando for necessária a ativação ou o uso de CTP para o retardamento do sistema de vulcanização, quantidades muito pequenas destes produtos podem produzir a resposta desejada.
Quando usado em pequenas quantidades, o MBS também ativa a taxa de vulcanização; no entanto, os aceleradores tipo tiuram (TMTM / TMTD) e ditiocarbamatos são

geralmente preferidos como aceleradores de ativação para conseguir as propriedades desejadas.

- Como outros aceleradores tipo sulfenamida, o MBS também se decompõe rapidamente na presença de vapor e pode ser usado para a fabricação de produtos vulcanizados em vapor aberto, exigindo início mais rápido de vulcanização; no entanto, a mesma vantagem não é oferecida para produtos vulcanizados com ar quente na ausência de aceleradores de ativação.

- MBS é um excelente acelerador para vulcanizar compostos de EPDM quando se necessita longa segurança de processo e mais rápida taxa de vulcanização.

Um sistema de vulcanização com 3,5 phr de MBS e 1,5 phr de enxofre pode ser usado para vulcanizar produtos como defensas de docas, onde se necessita longo período de pré-vulcanização, excelente vida útil de armazenamento e vulcanizações mais rápidas.

- MBS é um retardador eficaz para sistemas de vulcanização EV com tiuram.

A incorporação do MBS reduz a tendência de afloramento nos vulcanizados com tiuram e contribui para melhorar o estado de vulcanização se o enxofre for incorporado em pequenas quantidades.

- Os vulcanizados com base no MBS têm um odor típico da amina e amargor; portanto, o MBS é geralmente evitado na fabricação de produtos de borracha destinados para contato repetido com alimentos ou medicamentos.

APLICAÇÕES:

O MBS sozinho ou em combinação com pequenas quantidades de acelerador de ativação é muito utilizado em compostos de NR, SBR, NR-BR/SBR, NBR e outros compostos de borracha sintética, utilizados para: fabricação de pneumáticos de automóveis, recauchutagem de pneumáticos, e correias transportadoras e de transmissão, produtos de borracha com espessas secções transversais, produtos moldados de borracha, calçados de borracha, produtos moldados por injeção, cabos e diversos moldados e extrudados de borracha.

Dosagens Típicas de MBS						
Produto	Borracha	Acelerador/Enxofre (phr)				
		MBS	MBTS	TMTD	CTP	S
Pneumáticos de ônibus e caminhões						
Rodagem	NR-BR	1,1-1,2	-	-	0,15-0,20	1,5-1,6*
Lateral	NR-BR	0,9-1,0	-	-	0,15-0,20	1,8-2,0*
Invólucro	NR-SBR	0,8-1,2	-	-	0,15-0,20	2,0-2,4*
Correia transportadora						
Uso Geral	NR	0,6-0,8	0,1-0,3	-	0,10-0,20	2,3-2,5
Resistente ao calor	NR-SBR	1,5	-	0,5	0,15-0,20	0,5-0,7
Correia em V						
Base	NR	0,5	0,2	-	0,10-0,20	3,0
Almofada	NR	0,5	0,2	-	0,15-0,20	2,4
Fricção	NR	0,5	0,2	-	0,15-0,20	2,75
Recapagem						
Vulcanização quente	NR	0,5	-	-	0,15	2,4*
Pré-Vulcanizado	NR-BR	0,8	-	-	0,15	2,0*
Almofada – Vulcanização quente	NR	0,2	-	0,10	1,6	-
Calçados						
Sola DV	NR-SBR	0,8	0,4	0,10	0,10	2,0
Solas e saltos	NR-SBR	0,8	-	0,2	0,10	2,2
Injetados	NR	0,7	-	-	0,25	2,4
Moldados e extrudados	NR	0,7-0,8	-	0-0,2	0,10-0,20	2,2-2,5
	NR-SeEV	1,5-2,0	-	0,3-0,5	0,10-0,20	0,8-1,0
	NR-EV	2,5-3,0	-	0,5-0,6	-	0,3-0,5
	SBR	1,0-1,2	0,20	0,1-0,2	-	2,0-2,2
	SBR-SeEV	1,5-2,5	-	0,50	-	0,7-1,0
	SBR-EV	1,5	-	2,5-3,5	-	0,3-0,5
	NBR	1,0-1,2	0,2	0,1-0,2	-	1,5
	NBR-SeEV	1,2-1,5	-	0,5-0,7	-	0,75
	NBR-EV	2,0	-	3,0-4,0	-	0,3

Nota: * Enxofre Insolúvel (base 100% ativa)

DCBS

- É um acelerador tipo sulfenamida com ação retardada para compostos de NR, NR-BR e NR-SBR reforçados com negro de fumo tipo fornalha de partículas finas.
- Entre todos os aceleradores da classe sulfenamida, o DCBS confere o maior retardo para o início da vulcanização.
- Exibe excelente estabilidade na armazenagem e se dispersa facilmente em compostos de borracha.

- Quantidades normais de óxido de zinco e ácido esteárico são necessárias para a ativação da vulcanização de compostos acelerados com DCBS.

- DCBS é usado na dosagem de 0,6-0,9 phr em sistemas convencionais de vulcanização baseados em compostos de NR e na dosagem de 1,1-1,5 phr em compostos à base de NR / BR e NR / SBR com níveis normais de enxofre.

Para compostos usados na cinta da carcaça de pneumáticos radiais, uma quantidade mais elevada de DCBS (até 2,0 phr), é usada juntamente com maior quantidade de enxofre insolúvel (até 4,5 phr), para atingir a resistência desejada com o uso de agente de ligação a base de sal de cobalto.

- DCBS é muito ativo acima de 140°C, e oferece melhor segurança de processamento em comparação com outros aceleradores de sulfenamida.

- DCBS confere ótimas propriedades de fluxo no molde, como a taxa de tempo / tempo de vulcanização e muito bom efeito plateau.

- É o acelerador mais adequado para artefatos com secção transversal espessa e compostos que requeiram estabilidade de armazenamento do composto cru baseado em NR, NR/borracha sintética e reforçados com negros de fumo de partículas finas.

- Os vulcanizados com base no DCBS têm maior resistência à tração, juntamente com boa resiliência e resistência ao craqueamento por flexão.

No entanto, o DCBS apresenta de 25 a 30% maior tempo de vulcanização e 12-15% menor "estado de vulcanização" em relação ao MBS no mesmo composto, em igual dosagem e condições de vulcanização.

- A taxa de vulcanização mais lenta do DCBS é uma vantagem particular, onde maior adesão/ligação seja de importância primária (por exemplo, cabo de aço reforçado de pneumáticos radiais, componentes de borracha com metal, etc.)

- Como outros aceleradores sulfenamida, o DCBS geralmente é incorporado na borracha ao final do ciclo de mistura, quando a temperatura do composto está acima do ponto de fusão do DCBS.

Para minimizar o risco de pré-vulcanização, deve ser evitado o processamento prolongado ou repetido do composto, em temperatura acima de 125°C .

Se necessário, o CTP pode ser usado em níveis pré-determinados para melhoria da segurança de processamento.

Se o composto for acelerado em uma etapa posterior recomenda-se o uso de um masterbatch do DCBS.

- DCBS é muito sensível à ativação por aceleradores secundários básicos como DPG, DOTG, TMTM, TMTD, ZDC, bem como ao inibidor de pré-vulcanização CTP.

No entanto, o DCBS não é adequado para vulcanização com vapor ou ar quente, devido a sua atividade de ação retardada.

- DCBS não floresce em quantidades normais e reduz a tendência ao afloramento nos vulcanizados acelerados com tiuram/ditiocarbamato como ocorre com o MBS.

- Vulcanizados a base de DCBS têm odor típico de amina e um sabor amargo e, portanto, o DCBS deve ser evitado para a fabricação de produtos destinados para uso repetido em contacto com os alimentos / medicamentos.

APLICAÇÕES:

DCBS é muito utilizado em compostos de NR, NR-BR, SBR, NR, SBR reforçados com negros de fumo de partículas finas e que trabalham em aplicações dinâmicas como: pneumáticos radiais, correias, camelbacks, correias direcionadoras, pneumáticos OTR e recauchutados, amortecedores, moldados de forma complexa, artefatos borracha-metal e produtos moldados exigindo longos tempos de fluxo.

Dosagens Típicas de DCBS					
Produto	Borracha	Acelerador/Enxofre (phr)			
		DCBS	MBTS	TMTM	S
Pneumáticos					
Cintas de aço de pneumáticos radiais	NR	2,0	-	0,10	4,5*
Rodagem OTR	NR	0,8-1,0	-	-	2,78
	NR-BR	1,2-1,5	-	0-0,10	1,6-1,8*
Recapagem					
Vulcanização quente	NR	0,8-1,2	-	-	2,2-2,5*
	NR-BR	1,0-1,2	-	-	1,6-1,8*
Almofada	NR	1,0	0-0,15	-	2,78
Cordões de aço de correias					
Compostos de cobertura	NR	1,8-2,0	-	-	4,5*
Moldados diversos					
Seções espessas	NR	0,6-0,8	0-0,1	-	2,58*
	NR-BR/SBR	1,0-1,4	0-0,1	-	1,8-2,0*
Moldados intrincados	NR	0,8-1,0	-	0,10-0,15	2,0-2,5*
Extrudados de alta dureza	NR	0,6-0,8	0-0,2	-	2,5*

Nota: * Enxofre Insolúvel (base 100% ativa)

TMTD

TMTD é um acelerador ultrarrápido para NR, SBR, BR, NBR e outras borrachas com alta insaturação.

- É o acelerador primário preferido para vulcanizar borrachas de baixo teor de insaturação como borracha butílica (IIR) e EPDM.

- É amplamente utilizado como acelerador secundário com aceleradores classe tiazol/sulfenamida para a obtenção de maior taxa de vulcanização e maior densidade de reticulação com segurança de processamento.

- TMTD contém aproximadamente 13% de enxofre disponível para reticulação e, portanto, pode ser usado em sistemas com baixo teor de enxofre para a vulcanização de borrachas diênicas.

TMTD não libera enxofre livre durante a vulcanização em sistemas livres de enxofre e os vulcanizados têm excelente resistência ao calor e a compressão.

- TMTD é muito ativo em temperaturas acima de 120°C e em particular, em compostos a base na NR.

- Quando utilizado isoladamente, apresenta tempo de pré-vulcanização muito curto, rápidas taxas de vulcanização e módulo marchante com desenvolvimento de alta densidade de ligações cruzadas em condições normais ou com altos níveis de enxofre. A diminuição do teor de enxofre melhora o nível de segurança de processamento e ajuda no controle da taxa de vulcanização, bem como a densidade de reticulação em compostos de SBR.

- TMTD exibe rápida pré-vulcanização e características de vulcanização em ampla faixa de vulcanização e efeito plateau.

Sistemas de vulcanização Semi-EV, EV (baixo teor de enxofre / menos enxofre) baseados em TMTD são frequentemente usados em compostos de NBR para atender as severas exigências de resistência ao calor e óleo dos vulcanizados, com baixos valores de deformação por compressão.

No caso do policloropreno e outros compostos de borracha halogenada, o TMTD atua como um retardador.

- Quantidades normais de óxido de zinco e ácido esteárico são necessárias para sistemas acelerados por TMTD; e pequenas quantidades de aldeído amina, DPG, DOTG, ZDEC, etc., podem ainda ativar a taxa de vulcanização.

No entanto, muitas vezes é desejado o retardamento de sistemas de vulcanização baseados em TMTD; e isto pode ser conseguido com o uso de aceleradores de classe sulfenamida ou tiazol, onde retardadores ácidos não são eficazes.

Sulfenamida e aceleradores tiazol controlam a pré-reticulação e a tendência a florescer de sistemas Semi-EV/EV baseadas em TMTD, sem afetar significativamente a densidade de ligações cruzadas e oferecendo práticos ciclos de vulcanização.

- Como um acelerador secundário, o TMTD é muito eficaz com aceleradores tiazol e sulfenamida para obter rápidas taxas de vulcanização e boa resistência a pré-vulcanização - e os vulcanizados apresentam menor acúmulo de calor quando comparado aos sistemas sulfenamida ativados por DPG/DOTG.

- TMTD é o acelerador secundário preferido em comparação com outros aceleradores básicos como DPG, ZDEC.

- TMTD e/ou ZDEC são não manchantes, não descolorantes e também não dão gosto aos vulcanizados; portanto, muitas vezes são preferidos para a fabricação de produtos de borracha destinados a uso em contacto com os alimentos/medicamentos.

Deve-se notar que as normas e regulamentos da FDA estão sujeitos à alteração; portanto, antes da produção comercial de produtos de borracha faz-se necessário a consulta às autoridades competentes.

APLICAÇÕES:

TMTD como um acelerador primário ou secundário em combinação com sulfenamidas / tiazóis, etc. é usado extensivamente em compostos de NR, SBR, NR-SBR/BR, NBR, IIR, EPDM e outros compostos a base de borracha sintética para a manufatura de: pneumáticos e câmaras de automóveis, pneumáticos e câmaras de motocicletas, correias de transporte / transmissão, materiais de recauchutagem, calçados, produtos vulcanizados por ar quente e diversos produtos de borracha moldados e extrudados.

Dosagens Típicas de TMTD								
Produto	Borracha	Acelerador/Enxofre (phr)						
		TMTD	MBTS	CBS	ZDEC	ZDBC	DPG	S
Pneumáticos de automóveis	IIR	1,0-2,0	0,3-0,4	-	0,2	-	-	1,5-2,0
	NR	2,0-2,5	1,0-1,3	-	-	-	-	0,5
Câmaras OTR	BrIIR	1,7	1,2	-	-	-	-	ZnO 4,0
Pneumáticos de motocicletas	NR	0,1-0,2	-	0,8-1,0	-	-	-	2,4
	NR-SBR	0,2	-	1,0-1,2	-	-	-	1,8-2,0
Invólucro	NR	0,2-0,3	1,0	-	-	-	-	2,5
	NR	0,05	0,7	-	-	-	0,25	2,5
Rodagem bicicletas	NR	0,1-0,2	-	0,8-1,0	-	-	-	1,5-1,7
Moldados e Extrudados Vulcanização convencional	NR	0,5-0,7	-	0,3	-	-	-	2,0-2,5
	NR	0,1-0,2	0,7-1,0	-	-	-	-	2,0-2,5
	SBR	0,1-0,2	1,2-1,4	-	-	-	-	2,0-2,2
	SBR	0,1-0,2	-	1,0-1,2	-	-	-	2,0-2,5
	NBR	0,2-0,4	1,2-1,4	-	-	-	-	1,5
	NBR	0,2-0,4	-	1,2-1,4	-	-	-	1,5
	EPDM	1,5	0,5	-	-	-	-	1,5
	EPDM	0,8	2,0	-	0,8	1,0	-	2,0
	EPDM	0,8	1,5	-	-	2,5	-	2,0
	Vulcanização Semi EV	NR	0,5	-	1,5	-	-	-
SBR		0,5	-	2,0	-	-	-	0,75
NBR		1,5	-	1,0-1,2	-	-	-	1,0
Vulcanização EV	NR	2,5-3,0	-	1,0-1,5	-	-	-	0-0,3
	SBR	3,0-4,0	-	1,0-1,2	-	-	-	0-0,3
	NBR	3,0-4,5	-	1,0-1,2	-	-	-	0-0,3
Ebonite vulcanização rápida	NR/SBR/NBR	3,0-4,0	-	-	-	-	-	20-40
Contato com alimentos	NR/SBR/NBR	0,5-0,7	-	-	0,2-0,4	-	-	1,5-2,0

ZDMC

- ZDMC é um acelerador ultrarrápido primário ou secundário, para uso em compostos de borracha natural e sintética.

Também encontra aplicações como acelerador primário ou secundário em compostos de látex vulcanizados com enxofre.

- ZDMC é muito ativo em temperaturas acima de 100°C.

- ZDMC, como acelerador primário, oferece mais rápida taxa de vulcanização, módulo superior, mas menor tempo de pré-vulcanização; portanto, encontra aplicações em produtos de vulcanização contínua, como: cabos, perfis, tubos, etc.

- ZDMC também é usado como acelerador secundário a 0,1-0,3 phr juntamente com 1,0 phr de aceleradores tipo tiazol ou sulfenamida age aumentando a taxa e o estado de cura de compostos baseados em borracha natural e sintética.

- Para borrachas diênicas, quantidades normais de óxido de zinco e ácido esteárico como ativadores são necessárias para sistemas de vulcanização baseados em ZDMC.

- ZDMC dispersa bem em compostos de látex ou borracha sólida e não se decompõe na ausência de enxofre.

Deve-se observar que os vulcanizados com aceleradores de ditiocarbamato podem apresentar fracas propriedades de envelhecimento, na ausência de antioxidantes.

- Borrachas de baixo teor de insaturação como borracha butílica e EPDM, podem ser vulcanizadas utilizando o ZDMC como acelerador secundário em dosagens relativamente altas, juntamente com um acelerador primário tipo tiuram.

Em tais compostos os aceleradores da classe tiazol agem como modificadores da taxa de vulcanização.

- Aceleradores altamente básicos / amínicos ativam a taxa de vulcanização de sistemas acelerados com ZDMC.

- ZDMC é usado em compostos de EPDM de baixo teor de enxofre com propriedade de baixa deformação e não manchantes juntamente com ZDBC, TMTD, DPTT e DTDM. Um sistema típico de vulcanização de tais compostos a base de EPDM pode ser da seguinte forma:

ZDMC: 0,8 phr;

ZDBC: 0,8 phr;

DPTT: 0,8 phr;

DTDM: 1,75-2,0 phr.

- Quando usado como acelerador primário em compostos de látex natural, o ZDMC não produz o efeito de espessamento, mesmo após armazenamento prolongado e os produtos são livres de odor, sabor e coloração.

ZDMC não causa qualquer pré-vulcanização do látex natural em temperatura ambiente, mas oferece uma rápida taxa de vulcanização acima de 100°C.

Compostos de látex natural à base de ZDMC têm boa estabilidade de armazenamento a temperatura ambiente, taxa segura de vulcanização em temperaturas de vulcanização e um amplo efeito plateau para restringir a reversão.

APLICAÇÕES:

ZDMC encontra aplicações na fabricação de compostos de látex branco e de cor clara, produtos à base de látex como: espumas, base para tapete, produtos dipados, fios de látex, tecidos emborrachados, etc. e compostos de borracha moldados e extrudados coloridos para calçados, isolações de fios e cabos, perfis, tubulações e vários produtos à base de EPDM.

Dosagens Típicas de ZDMC						
Produto	Borracha	Acelerador/Enxofre (phr)				S
		ZDMC	ZDBC	ZMBT		
Como acelerador primário	Látex NR	0,5-1,5	-	-		2,0-2,5
Como combinação	Látex NR	0,5-0,8	0,1-0,3	-		1,5-2,0
Como combinação	Látex NR	0,5-1,5	-	0,2-0,5		1,5-2,0
Adesivo	Látex NR	1,0-1,5	-	-		2,0
Base de carpete	Látex NR	1,2-1,5	-	1,5		1,25
Luvas para eletricidade	Látex NR	1,2-1,5	-	-		1,25
Luvas domésticas	Látex NR	1,0	-	-		0,5
Bexigas	Látex NR	1,0	-	-		1,0
Látices PV						
Baixo módulo	Látex NR	0,3	-	-		0,25
Médio módulo	Látex NR	0,6	-	-		1,0
Alto módulo	Látex NR	1,0	-	-		2,0
Produtos derramados	Látex NR	1,0-1,5	-	-		1,5-2,5
Tubos de látex	Látex NR	1,2	-	-		1,0
Espumas de látex	Látex NR	1,0-1,5	-	1,0		2,0-2,5
Dosagens Típicas de ZDMC						
Borrachas sólidas						
Produto	Borracha	Acelerador/Enxofre (phr)				S
		ZDMC	MBT	TMTD	CBS	
Contato com alimentos	NR	0,5	-	0,1	-	2,0
	SBR	0,7	-	0,2	-	1,5
Produtos coloridos	NR	0,5	0,4	-	-	2,0
	SBR	0,7	0,4	-	-	1,7
Cabos (Vulcanização CV)	NR/SBR	1,2-1,5	0,8	-	0,8	1,0
Produtos vulcanizados a ar quente	NR/SBR	1,0	0,5	-	-	1,5
Produtos vulcanizados a vapor	NR/SBR	0,3	-	-	0,8	1,25
Borrachas Stereo	NR	0,5	-	-	1,2	1,5
Esponjados	NR	1,0	0,3	-	1,5	1,2
Vulcanização LCM	NR	0,5	0,3	-	-	1,2
Vulcanização LCM (80:20)	NR/EPDM	0,5	1,5	-	-	1,8

ZDEC

- ZDEC é um acelerador ultrarrápido muito utilizado para compostos a base de látex NR e também encontra aplicações como acelerador primário ou secundário em compostos de borracha sólida vulcanizados com enxofre.

- ZDEC é muito ativo em temperaturas acima de 100°C.

- Como acelerador primário em compostos de borracha natural, exibe tendência a pré-vulcanização, taxas rápidas de vulcanização, altíssima densidade de reticulação, mas pobre resistência à reversão.

No entanto, o ZDEC não afeta a estabilidade dos compostos a base de látex NR.

- Quantidades normais de óxido de zinco e ácido esteárico como ativadores são necessárias como ativadores de vulcanização para compostos de borrachas diênicas acelerados com ZDEC.

- ZDEC dispersa bem em compostos à base de látex ou borracha seca.

Deve-se observar que os vulcanizados com todos os tipos de aceleradores de ditiocarbamato podem apresentar fracas propriedades de envelhecimento na ausência de antioxidantes.

- Borrachas de baixo teor de insaturação como borrachas butílica e EPDM podem ser vulcanizadas utilizando ZDEC como acelerador secundário em dosagens relativamente altas, juntamente com aceleradores primários tipo tiuram.

Os aceleradores tipo tiazol atuam como modificadores da velocidade de vulcanização de tais compostos.

- Aceleradores altamente básicos / amínicos ativam a taxa de vulcanização de sistemas de vulcanização baseados em ZDEC e que são utilizados para a fabricação de adesivos auto-curáveis.

No entanto, nos compostos de borracha seca, o ZDEC é usado principalmente como um acelerador de ativação e confere efeito sinérgico com aceleradores tipo tiazol.

- Em caso de sistemas de vulcanização baseados em sulfenamida o ZDEC é um acelerador de ativação muito ativo e, mesmo em quantidades muito pequenas é altamente efetivo.

Onde o ZDEC é usado como acelerador primário, aceleradores como MBTS e TMTD em quantidades de 0,05 - 0,1 phr atuam como retardadores..

- ZDEC tem uma solubilidade limitada em compostos de borracha; portanto, o excesso de ZDEC tende a eflorar à superfície do vulcanizado.

- ZDEC não mancha e não descolore mesmo com exposição à luz e é adequado para a fabricação de produtos transparentes; no entanto o ZDBC é o acelerador mais preferido para esta finalidade. Vulcanizados a base de ZDEC / TMTD podem ser utilizados para aplicações em contato com alimentos, mas estão limitados a 1,2% em peso do produto acabado.

(Como as normas e regulamentos da FDA estão sujeitos a alteração, solicita-se esclarecimentos junto às autoridades competentes, antes da produção comercial de produtos de borracha).

A composição e método para preparação da dispersão de 50% do ZDEC para a composição de látex seguem abaixo:

Ingrediente	Base Seca	Base Úmida
ZDEC, pbw	50	50
Solução a 10% de agente dispersante, pbw	1	10
Solução a 10% de KOH, pbw	0,5	5
Caulim macio, pbw	0,5	0,5
Água, pbw	-	34,5
TOTAL	52,0	100

Nota: Agente Dispersante: sal de sódio polimerizado de alquil naftaleno ácido sulfônico

MÉTODO:

Carregue o ZDEC, o agente de dispersão e uma parte da água , moendo até formar uma pasta.

Adicionar o caulim macio, a quantidade restante de água, a solução de KOH a 10% e moer em moinho de bolas por 24 a 48 horas, dependendo dos requisitos do produto a ser fabricado.

APLICAÇÕES:

- COMPOSIÇÕES DE LÁTEX

O ZDEC é muito utilizado para a fabricação de produtos a base de látex natural/sintético, tais como: espuma, espuma com fibra de coco, fios de látex, tubos de látex, látices pré-vulcanizados, luvas cirúrgicas, luvas domésticas e luvas industriais, preservativos, bicos, balões, elásticos, base para tapete, adesivos, etc.

- COMPOSTOS DE BORRACHA:

O ZDEC só é usado na fabricação de produtos de borracha brancos / coloridos, como componentes de calçados, juntas, guarnições, mangueiras, correias, esponjas, borrachas expandidas, tecidos emborrachados, mantas de borracha, borrachas Stereo, aplicações de contato com alimentos, etc.

DOSAGENS TÍPICAS:

Dosagens típicas de ZDEC usadas na composição de látex: consultar a tabela dada para o ZMBT.

Aplicações adicionais de ZDEC na composição de látex, bem como na composição de borracha seca são sugeridas abaixo:

Dosagens Típicas de ZDEC							
Produto	Borracha	Acelerador/Enxofre (phr)					
		ZDEC	ZMBT	MBT	TMTD	CBS	S
Produtos de látex							
Luvas cirúrgicas	Látex NR	0,75	0,2	-	-	-	1,0
Luvas para eletricidade	Látex NR	1,5	-	-	-	-	1,25
Luvas domesticas	Látex NR	1,0	-	-	-	-	1,25
Espuma de látex	Látex NR	1,0	1,0	-	-	-	2,0
Espuma de coco	Látex NR	1,0	1,0	-	-	-	2,0
Fios elásticos	Látex NR	0,5	1,0	-	-	-	1,8
Produtos dipados	Látex NR	1,0	0,2	-	-	-	1,0-1,2
Adesivos	Látex NR	1,0	-	-	-	-	-
Base para carpete	Látex NR	1,5	1,5	-	-	-	2,0
Balões	Látex NR	0,6	-	-	-	-	0,7
Látices PV							
Baixo módulo	Látex NR	0,25	-	-	-	-	0,25
Médio módulo	Látex NR	0,5	-	-	-	-	1,0
Alto módulo	Látex NR	1,0	-	-	-	-	2,0
Produtos derramados	Látex NR	1,0-1,5	-	-	-	-	1,5-2,5
Tubos de látex	Látex NR	1,2	0,2	-	-	-	1,0
Borracha sólida							
Aplicações com alimentos	NR	0,3	-	-	0,1	-	2,0
	SBR	0,5	-	-	0,2	-	1,5
Moldados coloridos	NR	0,5	0,2	-	-	-	2,0
	SBR	0,7	0,3	-	-	-	1,7
Moldados e Extrudados	EPDM	0,75	-	0,5	1,5	-	1,5
	IIR	0,5-1,0	-	0,5	1,5-2,0	-	2,0
Cabos	NR, SBR	1,0	-	0,7	-	0,7	1,0
Vulcanizados em ar quente	NR, SBR	0,7	-	0,5	-	-	1,5
Vulcanizados com vapor	NR, SBR	0,15	-	-	-	1,0	1,25
Borrachas Stereo	NR	0,25	-	-	-	1,5	1,5
Borracha esponjosa	NR	1,0	-	0,25	-	-	1,2
Vulcanização LCM	NR	0,4	-	0,20	-	1,5	1,2
	NR-EPDM						

ZDBC

- ZDBC é um acelerador ultrarrápido não manchante e não descolorante, muito utilizado como acelerador primário ou como acelerador de ativação em compostos a base de látex NR/sintético; é também utilizado para compostos de borracha sólida para a fabricação de compostos transparentes ou coloridos livres de manchamento por enxofre.

- ZDBC como um acelerador primário, é muito ativo acima de 70°C em compostos de látex e NR.

É mais rápido que o ZDMC ou o ZDEC.

No entanto, em compostos de borracha o ZDBC é um acelerador mais lento quando comparado com o ZDMC / ZDEC em igual dosagem, devido ao seu maior peso molecular.

Como outros aceleradores tipo ditiocarbamato, o ZDBC exibe pré-vulcanização, taxa de vulcanização mais rápida e maior densidade de reticulação; porém, em combinação com um tiazol, o ZDBC produz vulcanizados isentos de manchamento e com boa resistência ao envelhecimento, na presença de antioxidantes.

- Em compostos à base de látex NR, o ZDBC é eficaz na ausência de óxido de zinco, produzindo produtos acabados com excelente transparência; no entanto, o óxido de zinco e o ácido esteárico são geralmente incluídos em compostos de borracha seca em quantidades normais como ativadores de vulcanização.

ZDBC dispersa facilmente em compostos de látex, bem como em compostos de borracha seca e não se decompõe na ausência de enxofre.

- ZDBC é muito utilizado em sistemas de vulcanização base enxofre para compostos de borracha EPDM em níveis de 1,5-3,0 phr, juntamente com outros aceleradores como MBT / TMTD / DPTT para fabricar produtos sem eflorescência.

- Se necessário, o ZDBC pode ainda ser ativado pela adição de pequenas proporções de dibutilamina - por exemplo, para a vulcanização a temperatura ambiente.

O MBTS funciona como um retardador eficaz para sistemas baseados em ZDBC, sem afetar a atividade de vulcanização a temperaturas mais elevadas.

- ZDBC também é usado como um antioxidante eficaz na fabricação de adesivos hot melt (AMH), elastômeros termoplásticos (TPEs), cimentos e adesivos de borracha não vulcanizada.

- As proporções e método recomendados para a preparação da dispersão a 50% do ZDBC para compostos de látex seguem abaixo:

Ingrediente	Base Seca	Base Úmida
ZDBC, pbw	50	50
Solução a 10% de agente dispersante, pbw	1	10
Solução a 10% de KOH, pbw	0,5	5
Caulim macio, pbw	0,5	0,5
Água, pbw	-	34,5
TOTAL	52,0	100
Nota: Agente Dispersante: sal de sódio polimerizado de alquil naftaleno ácido sulfônico		

MÉTODO:

Carregar o ZDBC, o agente de dispersão e uma parte da água; moendo até formar uma pasta.

Adicionar o caulim macio, a quantidade restante de água, a solução de KOH a 10% e moer em moinho de bolas por 24 a 48 horas, dependendo dos requisitos do produto a ser fabricado.

APLICAÇÕES:

- COMPOSIÇÕES DE LÁTEX:

ZDBC é muito utilizado na fabricação de produtos de látex NR/SR, tais como luvas cirúrgicas, fios de látex, preservativos, látex pré-vulcanizado, para produtos transparentes resistentes ao calor, bicos de alta transparência e tiras de borracha, balões, etc.

- COMPOSTOS DE BORRACHA:

O ZDBC é usado na fabricação de produtos moldados transparentes de NR / IR, brancos ou coloridos, calçados, tubulações transparentes, revestimento de tecidos, adesivos de borracha e cimento, etc., e como acelerador secundário para a fabricação de compostos de EPDM livres de manchamento e produtos extrudados de borracha.

Dosagens Típicas de ZDBC								
Produto	Borracha	Acelerador/Enxofre (phr)						
		ZDBC	ZMBT	TMTD	DPTT	TETD	ETU	S
Produtos de látex								
Fios de látex								
Uso geral	Látex NR	0,25	1,5	-	-	-	-	1,7
Resistente ao calor	Látex NR	1,5	1,8	-	1,8	-	-	-
Luvas cirúrgicas								
Descartáveis	Látex NR	0,75	-	-	-	-	-	0,5
Esterilizáveis	Látex NR	1,0	-	-	0,5	-	-	0,25
Preservativos								
Desmoldagem úmida	Látex NR	0,8	0,8	-	-	-	-	0,8
Desmoldagem seca	Látex NR	0,6	1,2	-	-	-	-	1,0
Látices PV								
Transparentes	Látex NR	0,5	-	-	-	-	-	1,0
Resistente ao calor	Látex NR	1,0	-	-	2,5	-	1,0	-
Elásticos	Látex NR	0,75	-	-	-	-	-	0,75
Bexigas (Balões)	Látex NR	0,75	-	-	-	-	-	0,75
Superfícies esportivas	Látex NR	1,5	1,5	-	-	-	-	1,6
Borrachas sólidas								
Não manchantes	EPDM	2,0-2,5	-	0,5	0,8	-	-	2,0
Moldados e Extrudados	EPDM	2,0-2,5	1,0	1,5	1,0	-	1,0	1,8
	EPDM	1,0	-	2,0	0,8	0,8	-	2,0
NR-EPDM (80:20)	NR-EPDM	0,7-1,0	-	1,7	-	-	-	1,2
Transparente	NR, IR	0,5-0,7	-	-	-	-	-	1,25-1,5
Moldados coloridos	NR	0,6	-	0,2-0,3	-	-	-	2,0
	SBR	0,75	-	0,2-0,3	-	-	-	1,8
Tecidos emborrachados	NR	0,6	-	0,4	-	-	-	1,8
Adesivos auto-curáveis dois componentes	NR	2,0-4,0	-	-	-	-	-	1,0
Antioxidante HMA, TPES	-	0,2-0,3	-	-	-	-	-	-
Antioxidante em adesivos não vulcanizados	-	0,5	-	-	-	-	-	-

DTDM

-É um doador de enxofre, com 27% de enxofre termo-lábil, que é liberado na temperatura de vulcanização, promove a formação de ligações mono e disulfídicas e apresenta excelente estabilidade térmica.

- Como um doador de enxofre o DTDM é mais eficaz do que o TMTD em virtude da excelente segurança à pré-vulcanização, maior densidade de reticulação, vulcanizados livre de afloramento, características de vulcanização melhoradas e, portanto, preferido para compostos à base de borracha com sistemas Semi EV e EV para a vulcanização de NR, IR, SBR, NBR, EPDM e IIR.

Pode ser usado como substituto parcial ou total do enxofre em sistemas de vulcanização com base em Sulfenamida, Tiazol e Tiurams.

- Aceleradores tipo sulfenamida são mais eficazes com DTDM.

O TMTD é comumente usado em pequena proporção como ativador de sistemas de vulcanização baseados em DTDM.

A substituição parcial de enxofre por DTDM confere mais tempo de scorch, taxas de vulcanização mais rápidas e melhor estabilidade no armazenamento de compostos não vulcanizados (verdes), juntamente com excelente resistência à compressão e ao calor.

- Como um guia para substituir o enxofre por DTDM, as quantidades recomendadas são:

Sistemas convencionais de vulcanização: 0,5 a 1,0 phr,

Sistema de vulcanização Semi-EV: 1,0-2,0 phr,

Sistema de vulcanização eficiente: 2,0-5,0 phr.

- DTDM melhora a resistência à reversão e resistência ao calor de compostos de borracha projetados para vulcanizar em alta temperatura; também aumenta a produtividade sem perda significativa em propriedades físicas.

- DTDM é não manchante e, portanto, pode ser usados em compostos brancos e coloridos.

- DTDM não efloresce em compostos não vulcanizados e assim, mantêm a adesividade necessária para a construção de produtos de borracha de multicamadas / têxteis / metais, como pneumáticos de automóvel, correias transportadoras, correias em V, mangueiras, etc.

As características de não eflorescimento do DTDM também são úteis para produtos com melhor aparência estética.

- A eficácia do DTDM é prejudicada pela presença de materiais ácidos no composto. Cuidados devem ser tomados ao formular compostos, evitando a utilização de materiais ácidos como o alcatrão de pinheiro, argila ácida, etc.

A dosagem de ácido esteárico, deve ser mantida inferior a 2,0 phr.

APLICAÇÕES:

O DTDM é muito utilizado como doador de enxofre em NR, SBR, NR / BR/ NBR e outros compostos de borracha diênicas para sistemas de vulcanização Semi EV / EV ;

também é muito usado na fabricação de pneumáticos, tubos, recauchutados, correias transportadoras resistentes ao calor e correias de transmissão, produtos de borracha espessos, produtos de borracha moldados por compressão ou injeção, produtos coloridos ou transparentes e diversos produtos extrudados de borracha.

Dosagens Típicas de DTDM							
Produto	Borracha	Acelerador/Enxofre (phr)					
		DTDM	TBBS	CBS	MBT/MBTS	TMTD	S
Rodagem de pneumáticos de passeio	NR	0,5	0,5-0,7	-	-	-	2,08
	NR-BR	0,5	1,0	-	-	1,0	1,2*
	NR-SBR	0,5	0,7	-	-	-	1,2-1,5*
	SBR-BR	0,5	-	1,0-1,5	-	-	1,2-1,5*
Cobertura de cinta	NR	1,0	0,8	-	-	-	3,0*
Recauchutagem (Ônibus e Caminhões) Convencional	NR	0,5	0,6	-	-	-	2,0*
	NR-BR	0,5	0,8-1,0	-	-	-	1,0-1,2*
	Pré-Vulcanizado	NR-BR	0,5	0,8-1,0	-	-	1,0-1,2
	Rodagem OTR	NR	0,6-0,8	0,6-0,8	-	-	1,5-1,7
Câmaras de automóveis	IIR	0,7	-	-	0,5	1,0	1,2
	NR	0,7	-	0,8-1,0	-	0,5-0,7	0,5
Correias transportadoras (cobertura) Uso geral	NR	0,5	-	0,6-0,8	-	-	1,8-2,0
	NR-SBR	0,5	-	0,8-1,0	-	-	1,5
	Resistente ao calor	NR-SBR	1,0	-	1,0	-	1,0
	NR-SBR	2,0	-	1,0	-	1,0	-
Correia em V (Base)	NR	0,5	-	0,8	-	-	2,0-2,2
Mangueiras Automotivas Tubo – Vulcanização EV	NR/SBR	0,8	-	-	1,5	1,2-1,5	-
	NBR	1,0	-	1,0	-	1,0	-
Cobertura – Vulcanização EV	NR	1,0	-	-	1,5	1,5	-
	NBR	1,5	-	-	1,5	1,5	-
Injetados Vulcanização EV	NR	1,0	-	1,0	-	1,5	-
	SBR/NBR	1,0	-	1,0	-	1,5	-
Coxins – Vulcanização EV	NR	1,0	-	1,0	-	0,2	-
Produtos coloridos Industriais	NR	1,0	-	-	1,0	1,5	-
	SBR	1,5	-	-	1,5	1,5	-
Moldados e Extrudados	NR-SEV	0,5	-	0,8	-	-	1,5
	NR-EV	1,0	-	1,0	-	1,0	-
	SBR-SEV	0,8	-	1,0	-	0,5	1,0
	SBR-EV	1,0	-	1,0	-	1,5	-
	NBR-SEV	0,8	-	1,0	-	0,8	0,8
	NBR-EV	2,0	-	2,0	-	2,0	-
Nota: * Enxofre Insolúvel (base 100% ativa)							
Produto	Borracha	Acelerador/Enxofre (phr)					
		DTDM	ZDBC	ZDEC	MBTS	TMTD	S
Tubo transparente	NR	1,0	0,6	-	-	0,6	-
Moldados e extrudados	EPDM-SEV	1,0	-	0,8	1,5	0,8	1,0
	EPDM-EV	2,0	1,0	0,8	1,5	0,8	-

CTP

- É um inibidor de pré-vulcanização ideal para NR, IR, NR-BR, SBR, NR-SBR, SBR-BR, NBR, CR e outros sistemas de vulcanização para compostos de borrachas diênicas. Apenas quantidades muito pequenas (por exemplo, 0,05-0,15 phr) podem melhorar a segurança à pré-vulcanização de compostos de NR acelerados com sulfenamida.

- Não desativa os antidegradantes da classe PPD e elimina problemas de porosidade associados com o uso de retardantes.

- É um inibidor eficaz com quase todos os tipos de aceleradores e em todos os compostos com borrachas diênicas.

- Confere uma resposta linear e previsível e é muito sensível em borrachas diênicas aos aceleradores tipo sulfenamida.

Uma ordem aproximada de resposta conferida pelo CTP para diferentes borrachas segue a seguinte ordem:

NR > NBR > SBR > IIR > EPDM > CR

-Pode ser utilizado efetivamente em compostos a base de misturas NBR / PVC, borrachas poliacrílicas e poliuretanos vulcanizados com enxofre.

- É mais eficaz com quantidades de enxofre entre 1,5-3,0 phr.

Em quantidades mais baixas de enxofre, a resposta depende do tipo de acelerador usado. Em quantidades muito elevadas de enxofre (ebonites, por exemplo), a resposta oferecida pelo CTP é muito fraca.

- CTP não é eficaz com peróxidos orgânicos, resinas e vulcanizados por óxidos metálicos.

- É muito importante determinar a dosagem exata de CTP necessária para produzir o nível desejado de pré-vulcanização em condições fabris para cada composto de borracha.

Esta dosagem pode ser obtida através da realização de experimentos de laboratório, seguido de produção fabril e avaliação da resistência dos compostos à pré-vulcanização, bem como outras propriedades do vulcanizado.

Ajustes mais finos na dosagem de CTP devem ser realizados para alcançar a pré-vulcanização desejada.

Deve ser evitada excessiva dosagem de CTP (maior do que a mínima necessária para evitar queima): o excesso de CTP atrasa o tempo de vulcanização e isto pode afetar as propriedades do vulcanizado tais como o estado de vulcanização, a resistência à compressão, etc.

Quando usado na dosagem ideal, o CTP não causa qualquer efeito negativo sobre as propriedades do vulcanizado tais como resistência à tração, módulo, resiliência, geração de calor, resistência à compressão ou deformação permanente, resistência de ozônio e propriedades de resistência ao calor do vulcanizado.

O CTP não provoca manchamento por migração ou contato, mas pode manchar artefatos de borracha brancos.

Quando quantidades muito altas de CTP são usadas (por exemplo, mais de 0,4 phr), podem aparecer manchas de ftalimida na superfície, além de causar leve redução no estado de vulcanização e alterações em algumas propriedades.

O estado de vulcanização pode ser ajustado por um pequeno aumento no acelerador ou enxofre - por exemplo, 0,07-0,1 phr.

A eflorescência é solúvel em água e pode ser facilmente removida.

- O CTP é uma ferramenta eficaz para superar as limitações de processo.

Por exemplo:

- A incorporação do CTP permite a adição dos curativos em um estágio inicial da mistura, permitindo com isto melhor dispersão de curativos, ciclo de mistura menor, redução do consumo de energia, redução do trabalho e investimento de capital.

- Permite o uso de maiores velocidades durante o processamento, mistura, calandragem e extrusão, permitindo aumentar a produtividade e reduzir o custo de processamento.

- Permitir o uso de altas temperaturas de injeção e ciclos de vulcanização mais curtos para o aumento da produtividade.

- Permitir a recuperação de compostos de borracha com leve pré-vulcanização e a recuperação de composto parcialmente queimado para a redução de sucata.

- Melhorar a estabilidade de armazenamento de compostos já acelerados à temperatura ambiente - particularmente os compostos de vulcanização rápida.

- O CTP é geralmente incorporado junto com aceleradores e enxofre em misturador interno/cilindro misturador, durante a fabricação dos compostos.

Em caso de compostos de vulcanização rápida/retrabalho, o CTP é adicionado em moinho frio.

APLICAÇÕES:

CTP é muito utilizado na fabricação de quase todos os produtos de borracha vulcanizados por enxofre.

Não é usado na composição de látex e produtos destinados ao contato com alimentos ou medicamentos.

Dosagens típicas:

- Dosagens típicas de CTP necessárias para produzir o necessário atraso na pré-vulcanização (scorch) dependerá do tipo de borracha, cargas de reforço, a seleção do tipo e quantidade de acelerador, do teor de enxofre, etc., utilizados nas formulações e nas operações de transformação a serem realizadas para a fabricação do produto.

- Como afirmado anteriormente, as dosagens do CTP tem que ser ajustadas para atingir apenas o nível desejado de segurança e tempo de fluxo para o preenchimento do molde.

- Em relação às temperaturas de processamento ou velocidade, a temperatura ambiente, temperatura da água e modificações no processo de transformação de máquinas, podem influenciar as dosagens CTP consideravelmente.

A seguir estão dosagens típicas de CTP para vários produtos.

Dosagens Típicas de CTP					
Produto	Borracha	Acelerador/CTP/Enxofre (phr)			
		Acelerador Primário	Acelerador Secundário	CTP	S
Rodagens de Caminhões e Ônibus					
Convencional	NR	TBBS: 0,5-0,7	-	0,10-0,15	2,3-2,7
Radial	NR-BR	TBBS: 1,1-1,5	-	0,10-0,20	1,2-1,5
Cobertura	NR-BR	TBBS: 1,3-1,5	-	0,10-0,20	1,2-1,5
Base	NR	TBBS: 0,5-0,7	-	0,10-0,15	2,2-2,5
Lateral caminhão	NR-BR	TBBS: 0,8-1,0	-	0,10-0,15	2,0-2,2
Carcaça caminhão	NR	TBBS: 0,7-0,8	-	0,10-0,20	Insol. S: 2,5
Cobertura cordão de aço	NR	DCBS: 2,0	TMTM: 0,1-0,12	0,10-0,15	Insol. S: 4,5
Rodagem passeio	NR-BR	CBS: 1,2	TMTM: 0,10	0,10-0,15	2,0
	SBR-BR	CBS: 1,5	TMTM: 0,20	0,10-0,15	1,8
Lateral passeio	NR-SBR	CBS: 1,3	TMTM: 0,10-0,15	0,10-0,15	1,8
Carcaça passeio	NR	CBS: 1,0-1,2	TMTM: 0-0,10	0,10-0,20	Insol. S: 2,2
Rodagem bicicleta	NR-RR	CBS: 1,0	TMTD: 0,10-0,15	0,10-0,20	2,4
	NR-BR	CBS: 1,2	TMTD: 0,10-0,15	0,10-0,15	2,0
Carcaça bicicleta	NR	CBS: 1,0	TMTD: 0,20-0,25	0,15-0,20	2,5
Recauchutagem					
Vulcanização quente	NR	TBBS: 0,8-1,0	-	0,10-0,15	Insol. S: 2,5
	NR-BR	TBBS: 0,8-1,0	-	0,10-0,15	Insol. S: 2,0
Pré-Vulcanizado	NR-BR	TBBS: 1,0-1,2	-	0-0,10	1,5-1,7
Cobertura correia transportadora					
Uso geral	NR	TBBS: 0,8	MBTS: 0,2	0,10-0,20	2,2-2,4
Resistente ao calor	NR-SBR	CBS: 1,2-1,4	-	0,15-0,20	1,5
Base	NR	CBS: 0,6-0,8	MBTS: 0,2	0,10-0,20	3,0
Almofada	NR	CBS: 0,7-0,8	MBTS: 0,3	0,10-0,15	2,4
Fricção	NR	CBS: 0,7-0,8	-	0,10-0,15	2,6
Calçados					
Solas DV / saltos	NR-SBR	CBS: 0,8-1,0	TMTD: 0,10-0,20	0,10-0,15	2,0-2,2
Mangueiras					
Tubo	NR-SBR	CBS: 0,7-1,0	MBTS: 0,3	0,15-0,20	2,0-2,4
	NBR	CBS: 1,0-1,2	TMTD: 0,10-0,20	0,15-0,20	1,5
Cobertura	NR	CBS: 0,7-1,0	TMTD: 0,0-0,20	0,15-0,20	2,2-2,5
Cabos	NR	CBS: 1,0	TMTD: 0,3	0,10-0,20	1,2-1,3
Injetados	NR	CBS: 0,8	-	0,20-0,30	1,2-1,3
Moldados e extrudados	NR	CBS: 0,7	TMTD: 0,10-0,20	0,0-0,15	2,2
	NR-SEV	CBS: 1,5	TMTD: 0,5	0,0-0,15	1,5
	SBR	CBS: 1,2	TMTD: 0,10-0,20	0,0-0,10	2,2
	SBR-EV	CBS: 2,0	TMTD: 0,5	0,0-0,10	0,75
	NBR	CBS: 1,0-1,2	TMTD: 0,15	0,0-0,10	1,5
	NBR_SEV	CBS: 1,0	TMTD: 1,0	0,0-0,10	1,0

TMQ

- É um potente e barato antioxidante tipo manchante, muito utilizado em compostos a base de borracha NR, IR, SBR, BR, NBR e borrachas diênicas exceto CR (Policloropreno).

- Sendo um antioxidante resinoso polimerizado na forma de “pastilhas”, é fácil de ser manuseado, dispersa bem em compostos de borracha em temperaturas de processamento normal.

- É classificado como um tipo manchante, de baixa volatilidade, e um antioxidante polimérico com elevada potência.

- Quando utilizado sozinho em nível de 0,5-2,0 phr, oferece excelente proteção contra o envelhecimento oxidativo em temperatura ambiente, em longo prazo, bem como em temperaturas elevadas.

Também oferece proteção contra a degradação causada pelo ozônio em condições estáticas, bem como condições dinâmicas.

Não oferece proteção à fadiga por flexão. Contra a fadiga por flexão o TMQ é utilizado em combinação com um antidegradante da classe para fenilenodiamina (IPPD ou 6PPD)

O TMQ também é eficaz contra a degradação catalisada por íons metálicos.

O TMQ não floresce mesmo em quantidades elevadas nem influencia o processamento, pré-vulcanização ou características dos compostos de borracha vulcanizados; porém, quantidades muito altas de TMQ podem resultar em ligeiro atraso de vulcanização.

O grau de manchamento/descoloração causada por TMQ é comparativamente menos grave do que outros antioxidantes como a amina PBNA ou condensados de acetona difenilamina (BLE).

A volatilidade muito baixa do TMQ impede "a perda de antioxidantes" durante o processo de mistura e outras operações e sua estrutura polimérica oferece a vantagem de possuir baixa taxa de migração (em comparação com outros antioxidantes aminicos); isto garante a permanência do TMQ no composto de borracha.

A alta potência do TMQ oferece vantagem de custo já que apenas pequenas quantidades (geralmente 50 a 60% de outros antioxidantes, como a acetona ou PBNA ou difenilamina condensada) são suficientes para obter a desejada proteção a longo prazo, contra o calor e ao envelhecimento oxidativo, bem como a resistência a reversão durante vulcanização prolongada.

O TMQ não interfere na reticulação por peróxidos orgânicos de compostos com NR, SBR, NBR, EPDM, etc. para aplicações especiais.

Ele ativa a pré-vulcanização e vulcanização de compostos à base de policloropreno, afetando a estabilidade de armazenamento e o fluxo no molde.

As dosagens utilizadas de TMQ utilizadas para diversas aplicações são geralmente 0,5-2,0 phr e o TMQ apresenta um efeito plateau de sua atividade antioxidante entre 1,5-2,0 phr para a maioria das borrachas.

Combinações de TMQ e antidegradantes da classe PPD (por exemplo, IPPD, 6PPD) na proporção de 1:1 a 0,5-1,0 phr fornecem excelente proteção contra quase todas as forças de degradação sob condições normais de funcionamento da maioria dos produtos de borracha natural ou sintética.

Aplicações onde os vulcanizados de borracha são expostos a condições severas de degradação (por exemplo, pneumáticos de automóveis, correias, recauchutados, etc.), a proporção de TMQ x PPD é aumentada para 1:2 ou superior.

O TMQ não afeta as propriedades de adesão do composto de borracha a têxteis/metals; portanto, é um antioxidante ideal para compostos de borracha, onde a retenção da adesividade e força de ligação são imprescindíveis.

O TMQ pode ser usado como um antioxidante eficaz em compostos de látex NR resistentes ao de calor, em níveis de 0,3-0,5 phr ,onde a cor transmitida pelo TMQ esteja dentro dos limites aceitáveis mesmo após o envelhecimento.

O TMQ é moído em moinho de bolas junto com outros materiais para a preparação de dispersões utilizadas em compostos de látex.

Como alternativa, uma dispersão a 20% de conteúdo ativo de TMQ pode ser preparada separadamente, utilizando dosagem normal de agente de dispersão e técnica de moagem em moinho de bolas.

APLICAÇÕES:

O TMQ é muito utilizado na fabricação de pneumáticos para caminhões e ônibus, pneumáticos de passageiros, pneumáticos OTR, pneumáticos de automóveis de dois e três eixos, pneumáticos e câmaras para motocicletas, recauchutagem de pneumáticos e materiais de reparo, correias de transporte, correias em V, correias de transmissão, flaps para pneumáticos, mangueiras, cabos, retentores, juntas, diversos produtos moldados e extrudados, espuma de látex, cilindros descascadores de arroz, etc.

Dosagens típicas:

As dosagens típicas e as combinações de TMQ com outros degradantes em diversas aplicações estão listadas abaixo.

Dosagens Típicas de TMQ					
Produto	Borracha	Antioxidante/Antiozonante/ Cera, phr			
		TMQ	6PPD	SP	Cera
Pneumáticos de caminhões					
Rodagem (pneumáticos frontais – transversal)	NR_BR	1,0	2,5-3,5	-	0,7-1,0
Rodagem (pneumáticos traseiros – transversal)	NR	1,0	3,0-3,5	-	0,7-1,0
Rodagem (radial)	NR-BR	1,0	3,0-3,5	-	0,7-1,0
Lateral (transversal)	NR-BR	1,0	2,7-3,0	-	1,5-2,0
Lateral (radial)	NR-BR	1,0	3,0-4,0	-	1,5-2,0
Carcaça (transversal)	NR	1,0	0,7-1,0	-	-
Carcaça (radial)	NR	1,0	0,7-1,0	-	-
Pneumáticos de passeio (radial)					
Rodagem	NR-BR-SBR	1,0	2,5-3,0	-	1,5
	SBR-BR	1,0	2,5-3,0	-	1,5
Lateral	NR-BR	1,0	3,0-3,5	-	1,0
Carcaça	NR/NR-SBR	1,0	0,5	-	-
Pneumáticos motocicletas/motonetas					
Rodagem	SBR-BR	1,0	1,75-2,0	-	1,0
Carcaça	NR-SBR	1,0	0,5	-	-
Câmaras passeio	IIR	-	0,5	-	-
	NR	1,0	1,0	-	1,0
Flaps	NR/NR-RR	1,0	0,5	-	1,0*
Rodagem de bicicletas	NR-RR	1,0	0,5	-	1,0*
	NR-BR-RR	1,0	0,5	-	1,0*
Recauchutagem					
Vulcanização quente	NR/NR-BR	1,0	0,5-0,75	-	0,5
Vulcanização fria	NR-BR	1,0	1,0	0,5-0,75	0,5
	SBR-BR	1,0	1,0	-	0,7
Almofada de borracha	NR	1,0	-	-	-
Cobertura correia transportadora	NR	1,0-1,5	1,0-1,5	-	0,5-0,7
	NR-SBR	1,0-1,5	1,0-1,5	-	0,5-0,7
Correias em V					
Base	NR	1,0	1,0	-	-
Almofada	NR	1,0	0,5	-	-
Correia de transmissão					
Uso geral	NR	1,0	0,5	-	-
Resistente ao calor	NR	2,0	1,0	-	-
Sandálias (negras)	NR	0,3	-	1,0	0,5
Botas	NR	1,0	0,5	-	-
Solas e saltos	NR-SBR	1,0	0,5	-	-
Mangueiras	NR/SBR/NBR	0,7-1,0	0,5	-	1,0
Tubos	NR/SBR/NBR	0,7-1,0	0,5	-	1,0
Cabos					
Uso geral	NR	1,0	0,5	-	1,5
Res calor – Peróxido	EPDM	4,0	-	-	Cera PE 1,0
Coxins ferroviários	NR/SBR	1,5-2,0	1,5-2,0	-	2,0
Tecido emborrachado	NR	0,5	-	1,0	1,0
Mantas de borracha	NR	0,5	-	1,0	1,0
O-Rings, retentores, gaxetas	NBR	1,5	0,5-1,0	-	0,5
Moldados					
Uso geral	NR/SBR/NBR	1,0	0,5-1,0	-	0,7-1,0
Resistente ao calor (vulcanização EV)	NR/SBR/NBR	1,5	0,5-1,0	-	0,7-1,0
Espuma de látex	Látex NR	0,2-0,5	-	1,0	-
Espuma de coco	Látex NR	0,5-1,0	-	1,0	-
Base de carpete	Látex NR	0,5-1,0	-	1,0	-
Luvax Látex	Látex NR	0,2-0,5	-	1,0	-

Nota: * Cera parafínica é utilizada

SP

É muito usado por ser barato e não manchante; é um antioxidante não descolorante para artefatos brancos / coloridos ou transparentes para uso em borrachas do tipo NR, IR, SBR, BR, NBR, CR, etc.

- Também encontra aplicações como estabilizante para plásticos e borrachas sintéticas como polipropileno, polietileno, poliestireno de alto impacto, adesivos, lubrificantes e plastificantes.

- Não influencia a viscosidade, a pré-vulcanização e as características de compostos de borracha, nem tem qualquer influência sobre as propriedades mecânicas dos vulcanizados de borracha.

- O antioxidante SP tem uma volatilidade muito baixa e, portanto, é um antioxidante altamente persistente.

- É usado em níveis de 1,0-3,0 phr como um antioxidante não manchante em compostos à base de borracha NR e borrachas sintéticas.

- Confere boa resistência ao calor e ao ozônio bem como resistência á fadiga por flexão de vulcanizados transparentes / brancos / coloridos e exibe boas características de "solidez da cor".

- A combinação do antioxidante SP e o antioxidante TMQ confere efeito sinérgico para melhorar a resistência ao envelhecimento térmico de vulcanizados de borracha com menor custo, mas com ligeira descoloração.

- O SP é um antioxidante adequado para compostos à base de látex normais, sensíveis ao calor; seu desempenho em látex de NR vulcanizado é similar aos vulcanizados de borracha natural.

- O antioxidante SP é adicionado a compostos a base de látex na forma de uma dispersão a 50%, que é preparada como segue:

Ingrediente – partes em peso	Base Seca
SP	50
Ácido oleico	2
Trietanolamina	0,5
Hidróxido de potássio (KOH)	0,5
Água	47
Total	100

MÉTODO:

Carregar a trietanolamina, o KOH e a água e aqueça a 60-65°C sob alta velocidade de agitação.

Adicionar o SP misturado com o ácido oleico e pré-aquecidos a 65-70°C.

Agitar em alta velocidade.

A mistura resultante deve esfriar até a temperatura ambiente e filtrada através de um pano.

Fazer a emulsão de [2,4 kg da emulsão adicionada a um barril (195 litros) de látex NR = 1,0 phr (base seca) SP]

APLICAÇÕES:

SP é muito utilizado como antioxidante não manchante e não descolorante para a fabricação de produtos transparentes / brancos / coloridos na dosagem de 0,5-3,0 phr, para a fabricação de produtos tais como garrafas de água quente, fios de látex, esponjas, espuma de látex, espuma de coco com látex, tubos, luvas cirúrgicas, preservativos, bicos, balões, elásticos, etc.

IPPD

- É um antidegradante tipo alquil-aril diamina parafenileno utilizado em pneumáticos de automóvel e compostos de recauchutagem, bem como correias transportadoras e em V, pneumáticos de bicicleta e produtos extrudados e moldados.

- É um antiozonante eficiente, antioxidante, agente antifissuras e rachaduras e também inibe a oxidação catalisada por íon metálico, no entanto, provoca descoloração e manchamento intenso.

- Dispersa facilmente em compostos de borracha, mesmo em temperaturas de processamento relativamente baixas.

- Exibe maior solubilidade no SBR quando comparado a NR; esta solubilidade é também influenciada pelo tipo de negro de fumo usado como carga de reforço, bem como com a dosagem de parafina / cera microcristalina.

- Tende a aumentar a viscosidade dos compostos de borracha e também age como um acelerador tipo amina secundária fraca.

Assim, compostos de borracha com aceleração a base de tiazol apresentam tendência a pré-vulcanização, mas esta tendência não ocorre em sistemas vulcanizados por sulfenamidas.

O IPPD ativa a tendência à pré-vulcanização em compostos de policloropreno.

- Como um antidegradante da classe PPD para vulcanizados de borracha, o IPPD apresenta desempenho superior em todos os aspectos em relação ao 6PPD.

No entanto, devido a seu menor peso molecular em relação ao 6PPD, o IPPD é aproximadamente 30% mais volátil .

- O IPPD por si só, pode fornecer proteção adequada a todos os vulcanizados de borracha contra a degradação; no entanto, é geralmente usado em combinação com TMQ na proporção 2:1 por medida de economia, bem como por vantagens tecnológicas: por exemplo, o processamento tem a segurança melhorada, a resistência térmica também é melhorada, etc.).

A combinação de IPPD e antioxidante MBI oferece excelente resistência ao calor devido ao efeito sinérgico.

O uso de ceras parafínicas/microcristalinas em nível de 0,5-1,5 phr aumenta ainda mais o desempenho do IPPD como antiozonante devido à capacidade de as ceras agirem como veículo para o IPPD e da capacidade do IPPD de aumentar a espessura da camada de cera que migra para formar uma película contínua de proteção sobre a superfície do vulcanizado.

O IPPD é um antidegradante eficiente para compostos de cobertura de cabos de aço, dando um elevado nível de proteção contra o envelhecimento e fadiga por flexão sem afetar a adesão.

O IPPD ,junto com cera parafínica / ceras mistas, é muito utilizado em níveis de 0,7-3,0 phr como agente antifissuras.

Sua combinação com TMQ na proporção 1:1 fornece resistência adicional ao calor e à fadiga por flexão.

Para uma resistência térmica superior, a combinação IPPD/ MBI na proporção de 1:1 é utilizada em níveis de 0,5-1,0 phr.

APLICAÇÕES:

IPPD é usado na fabricação de pneumáticos de caminhões, OTR, passageiros e veículos de duas ou três rodas, correias transportadoras e em V, cabos, mangueiras e diversos produtos moldados e extrudados com base em NR, SBR, NBR, EPDM, etc.

Dosagens Típicas de IPPD				
Produto	Borracha	Antioxidante/Antiozonante/ Cera, phr		
		IPPD	TMQ	Cera
Pneumáticos de caminhões				
Rodagem (pneumáticos frontais - transversal)	NR-BR	2,5-3,5	1,0	0,7-1,0
Rodagem (pneumáticos traseiros - transversal)	NR	3,0-3,5	1,0	0,7-1,0
Rodagem (Radial)	NR-BR	3,0-3,5	1,0	0,7-1,0
Lateral (transversal)	NR-BR	2,7-3,0	1,0	1,5-2,0
Lateral (radial)	NR-BR	3,0-4,0	1,0	1,5-2,0
Carcaça (transversal)	NR	0,7-1,0	1,0	-
Carcaça (Radial)	NR	0,7-1,0	1,0	-
Pneumáticos de passeio (radial)				
Rodagem	NR-BR-SBR	2,5-3,0	1,0	1,5
	SBR-BR	2,5-3,0	1,0	1,5
Lateral	NR-BR	3,0-3,5	1,0	1,0
Carcaça	NR/NR-SBR	0,5	1,0	-
Pneumáticos motocicletas/motonetas				
Rodagem	SBR-BR	1,75-2,0	1,0	1,0
Carcaça	NR-SBR	0,5	1,0	-
Câmaras passeio	IIR	0,5	-	-
	NR	1,0	1,0	1,0
Flaps	NR/NR-RR	0,5	1,0	1,0*
Rodagem de bicicletas	NR-RR	0,5	1,0	1,0*
	NR-BR-RR	0,5	1,0	1,0*
Câmaras de bicicleta	NR	0,5	1,0	0,5*
Curing bags motocicleta	NR	1,0	1,5-2,0	-
Recauchutagem				
Vulcanização quente	NR/NR-BR	0,5-0,75	1,0	0,5
Vulcanização fria	NR-BR	1,0	1,0	0,7
	SBR-BR	1,0	1,0	0,7
Almofada	NR	-	1,0	-
Cobertura correia transportadora	NR	1,0-1,5	1,0-1,5	0,5-0,7
	NR-SBR	1,0-1,5	1,0-1,5	0,5-0,7
Correias em V				
Base	NR	1,0	1,0	-
Almofada	NR	0,5	1,0	-
Moldados				
	NR/NR-SBR	0,5-1,0	1,0	1,0*
	NBR	0,5-1,0	1,0	1,0*

Nota: * Cera parafínica é utilizada

6PPD

- É um antidegradante do tipo alquil-aryl-PPD, muito utilizado nos setores de pneumáticos e não pneumáticos.

- Oferece excelente resistência aos vulcanizados de borracha contra a degradação causada por ozônio- estático ou dinâmico-, fissuras por flexão, envelhecimento térmico oxidativo, envelhecimento oxidativo catalisado por íons metálicos, raios ultravioletas e intempéries.

- É o mais adequado antidegradante tipo PPD para compostos de NR, NR-BR, SBR, SBR-BR, NBR, IR, IIR e compostos a base de policloropreno.

É preferido ao IPPD devido ao seu peso molecular mais elevado, baixa volatilidade, menor lixiviação por óleo / água e baixa extração por combustível, taxas de migração equilibradas e de natureza não tóxica no que diz respeito a sensibilização da pele

- Não é recomendado para produtos brancos/coloridos, já que pode causar grave descoloração, bem como migração/descoloração por contato.

- Apresenta solubilidade muito boa em borrachas de uso geral e sua mobilidade é melhorada na presença de cera parafínica/microcristalina.

- Tende a diminuir a viscosidade dos compostos de borracha e também age como um leve ativador de vulcanização amínico.

No entanto, em comparação com o IPPD, ele mostra efeito insignificante sobre a pré-vulcanização/ ativação de vulcanização.

- O 6 PPD é particularmente adequado para compostos de policloropreno onde apenas pequenas quantidades, por exemplo, 0,5 phr, mostram melhora significativa na resistência ao ozônio e flexão.

É também muito eficaz como antiozonante para compostos de NBR, onde menor extractabilidade de antidegradantes nos óleos e combustíveis é a principal exigência.

O 6PPD é um antidegradante eficaz para tubos butil para evitar as rachaduras induzidas por tensão devido ao ataque do ozônio nas pontas do tubo embalado.

O 6PPD pode fornecer uma excelente proteção para todos os vulcanizados de borracha contra as forças degradativas.

No entanto, é geralmente usado em combinação com TMQ por medida de economia, bem como por vantagens tecnológicas.

O TMQ confere resistência ao calor a um custo muito mais baixo (para o qual, o 6PPD teria sido consumido) e melhora a resistência à fadiga por flexão, em cerca de 25 a 30% em relação ao IPPD.

O 6PPD e outros antidegradantes parafenilenodiamina, são sempre utilizados juntamente com 0,5-2,0 phr de cera parafínica / microcristalina.

Estas ceras proporcionam efeito sinérgico com os antidegradantes para melhorar as características antiozonante e antifissuras.

As ceras têm a capacidade de agir como veículos dos antidegradantes parafenilenodiamina, transportando-os até a superfície do vulcanizado; e os

antidegradantes parafenileno diamina têm a capacidade de aumentar a espessura e uniformidade do filme de cera sobre a superfície.

A formulação da borracha desempenha um papel importante para a seleção de ceras.

O 6PPD, juntamente com ceras é muito utilizado na quantidade de 0,5-3,5 phr como antiozonante e sistema anti flexão/fissura.

Sua combinação com TMQ na proporção 1:1 fornece proteção adicional ao calor e fadiga por flexão.

Para condições mais severas de resistência à fadiga por flexão e resistência ao ozônio, a relação 6PPD/TMQ pode ser aumentada para 2:1 ou 3,5: 1.

A inclusão da mistura diaril PPD em 0,5-1,0 phr como antidegradante adicional de parafenileno diamina melhora ainda mais a resistência à fadiga por flexão e garante a persistência do sistema antidegradante.

Para resistência superior ao envelhecimento pelo calor, a combinação 6PPD/antioxidante MBI na proporção 1:1 é usada em níveis de 0,4-0,8 phr.

APLICAÇÕES:

O 6PPD e suas combinações com outros antioxidantes / antiozonantes é usado na fabricação de pneumáticos para caminhões e ônibus, OTR, LCV, automóveis de passageiros, motos, motonetas, industrial e agrícola, pneumáticos de bicicleta e câmaras, correias transportadoras e em V, correias transmissoras, cabos, tubos, tubulações e outros produtos moldados e extrudados de borracha com base nas borrachas NR-BR NR, SBR,SBR-BR, NBR, IR, IIR, CR, EPDM, etc.

Dosagens Típicas de 6PPD				
Produto	Borracha	Antioxidante/Antiozonante/ Cera, phr		
		6PPD	TMQ	Cera
Pneumáticos de caminhões				
Rodagem (pneumáticos frontais - transversal)	NR-BR	2,5-3,5	1,0	0,7-1,0
Rodagem (pneumáticos traseiros - transversal)	NR	3,0-3,5	1,0	0,7-1,0
Rodagem (Radial)	NR-BR	3,0-3,5	1,0	0,7-1,0
Lateral (transversal)	NR-BR	2,7-3,0	1,0	1,5-2,0
Lateral (radial)	NR-BR	3,0-4,0	1,0	1,5-2,0
Carcaça (transversal)	NR	0,7-1,0	1,0	-
Carcaça (Radial)	NR	0,7-1,0	1,0	-
Pneumáticos de passeio (radial)				
Rodagem	NR-BR-SBR	2,5-3,0	1,0	1,5
	SBR-BR	2,5-3,0	1,0	1,5
Lateral	NR-BR	3,0-3,5	1,0	1,0
Carcaça	NR/NR-SBR	0,5	1,0	-
Pneumáticos motocicletas/motonetas				
Rodagem	SBR-BR	1,75-2,0	1,0	1,0
Carcaça	NR-SBR	0,5	1,0	-
Câmaras passeio	IIR	0,5	-	-
	NR	1,0	1,0	1,0
Flaps	NR/NR-RR	0,5	1,0	1,0*
Rodagem de bicicletas	NR-RR	0,5	1,0	1,0*
	NR-BR-RR	0,5	1,0	1,0*
Câmaras de bicicleta	NR	0,5	1,0	0,5*
Curing bags motocicleta	NR	1,0	1,5-2,0	-
Recauchutagem				
Vulcanização quente	NR/NR-BR	0,5-0,75	1,0	0,5
Vulcanização fria	NR-BR	1,0	1,0	0,7
	SBR-BR	1,0	1,0	0,7
Almofada	NR	-	1,0	-
Cobertura correia transportadora	NR	1,0-1,5	1,0-1,5	0,5-0,7
	NR-SBR	1,0-1,5	1,0-1,5	0,5-0,7
Correias em V				
Base	NR	1,0	1,0	-
Almofada	NR	0,5	1,0	-
Moldados				
	NR/NR-SBR	0,5-1,0	1,0	1,0*
	NBR	0,5-1,0	1,0	1,0*

Nota: * Cera parafínica é utilizada

APÊNDICE

Apêndice I

Vulcanização

A vulcanização foi descoberta em 1839 por Charles Goodyear, que utilizou enxofre para criar as ligações necessárias para formar os retículos na borracha natural. Descobriu-se que qualquer enxofre pode ser o agente vulcanizante, mas para facilitar seu uso e dispersão no composto elastomérico o utilizamos moído, preferencialmente micronizado, seguido de um tratamento superficial para evitar a reaglomeração das partículas.

A vulcanização é um processo pelo qual materiais elastoméricos são preparados; consiste na formação de uma rede molecular, utilizando um produto químico que liga as macromoléculas entre si. A vulcanização é uma reação intermolecular, que aumenta a força retrativa e reduz a deformação permanente residual após a remoção de forças deformantes, aumenta a elasticidade e reduz a plasticidade.

O processo de vulcanização é extremamente complexo e, mesmo com os atuais avanços na sua compreensão, muitos aspectos ainda não estão claros.

Outra variedade de enxofre é o enxofre insolúvel, que somente oferece a vantagem de reduzir a eflorescência do enxofre em compostos não vulcanizados (crus). A eflorescência pode dificultar a aderência entre as diferentes partes de um artefato confeccionado a partir delas, por exemplo, um pneumático. Como a 120°C ocorre a conversão para a forma alotrópica solúvel, devemos evitar a composição e processamento do composto acima desta temperatura até o momento da vulcanização.

O enxofre atua como vulcanizante somente nos elastômeros insaturados. Com os elastômeros saturados, tais como copolímeros de etileno-propileno ou borracha de silicone, deveremos utilizar outros agentes; os mais utilizados são os peróxidos orgânicos, que por ação do calor dividem-se, formando dois radicais livres capazes de reagir com as cadeias do elastômero, subtraindo delas átomos de hidrogênio e transferindo aos átomos de carbono o caráter de radical; estes carbonos com caráter de radical são instáveis e reativos e, ao se aproximarem de carbonos com caráter radical das cadeias vizinhas neutralizam-se, estabelecendo uma ligação química. (ponte de reticulação).

Além do fato de serem mais caros que os sistemas a base de enxofre/aceleradores, a vulcanização por peróxidos apresenta diversas limitações. A velocidade de vulcanização e função da velocidade de decomposição do peróxido, que depende de sua estrutura química e da temperatura, sem que seja possível acelera-la ou retarda-la por ação de outros ingredientes. Como o oxigênio é um acceptor de radicais mais ativos que o elastômero, a vulcanização por peróxido deve ser feita em um ambiente livre de ar; por este motivo não são utilizados em alguns processos como a vulcanização continua de perfis em tuneis de micro-ondas. Devemos notar que alguns ingredientes que possuem hidrogênio ativo, como certos antioxidantes, podem interferir parcialmente na reticulação por peróxidos. A resistência mecânica dos vulcanizados por peróxidos é inferior a obtida na vulcanização por enxofre. Como vantagem, temos maior

estabilidade da reticulação carbono-carbono, que é responsável por melhor envelhecimento térmico, ausência de reversão e menor deformação permanente por compressão.

Abaixo descrevemos o esquema proposto da vulcanização por enxofre.

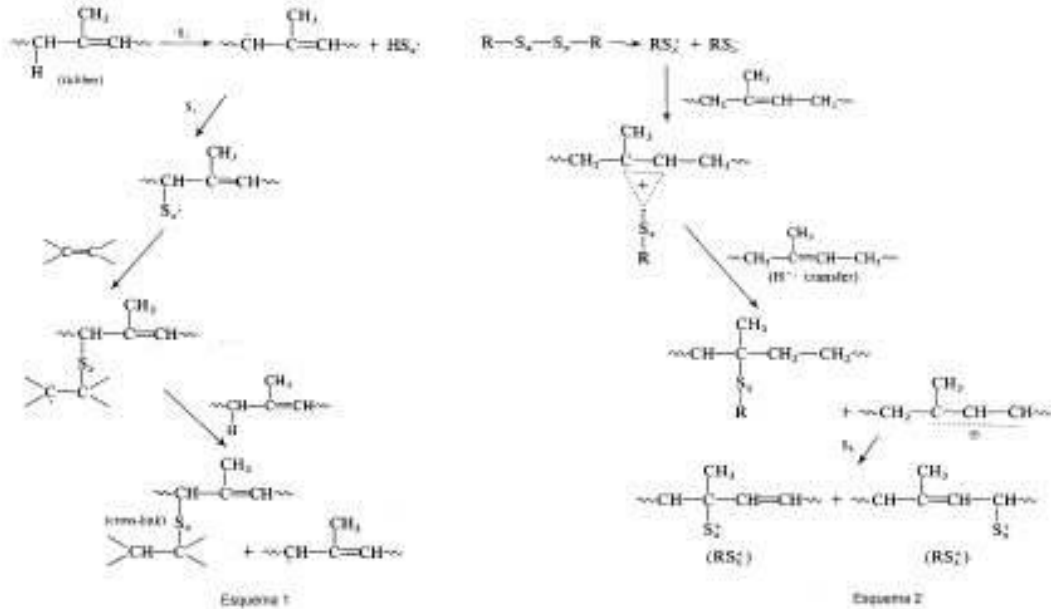
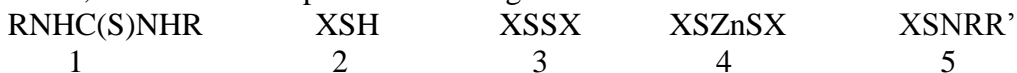


Figura 1. Esquema do processo de vulcanização

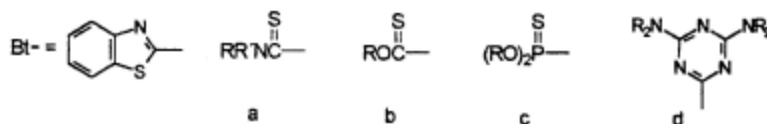
Aceleradores de vulcanização

A reação entre o elastômero e o enxofre, sem a utilização de nenhum outro aditivo é muito lenta; mesmo com 8 partes de enxofre para 100 de borracha necessitamos de varias horas a 150°C, para atingir um nível de vulcanização adequado. Assim, desenvolveu-se o uso de aceleradores para reduzir o tempo de vulcanização. Além de reduzir o tempo de vulcanização, os aceleradores também permitem reduzir o teor de enxofre empregado, evitando desta maneira sua eflorescência, melhorando o envelhecimento dos vulcanizados. Permitem também atingir propriedades mecânicas melhores dos que as obtidas apenas com enxofre.

Diferentes tipos de aceleradores dão características de vulcanização que diferem na resistência ao scorch (vulcanização prematura) e na taxa de vulcanização, após o início da reticulação. As dezenas de aceleradores disponíveis no mercado e suas variedades comerciais, em sua maioria pertencem as seguintes estruturas:



nas quais X e um dos radicais benzotiazol-2-ilo (a), tiocarbamila (b), alcoxiticarbonila (c), O,O'-dialquiltiofosforila ou (d) 3,5-diamino-2,4,6-triazinila substituídos nos grupos amino; R e R' isolada ou conjuntamente, são radicais alquila, arila, cicloalquila ou heterociclicos.



Para selecionar um acelerador entre as variedades existentes devemos atentar para três fatores:

- **velocidade de vulcanização**
- **pré- vulcanização**
- **plateau**

A velocidade de vulcanização é representada pelo grau de ativação da reação entre o elastômero e o enxofre; assim, os aceleradores são classificados como lentos, rápidos, ultra-aceleradores, etc.

A pré-vulcanização é a tendência prematura de vulcanização dos compostos em temperaturas moderadamente elevadas, que inevitavelmente ocorrem durante o processo de composição e processamento do composto. A pré-vulcanização também pode ocorrer durante o armazenamento do composto.

Por último, o termo plateau designa o período de tempo na temperatura de vulcanização, contado a partir do momento em que alcança o valor ótimo da propriedade considerada, durante a qual tal propriedade não varia ou varia levemente.

Entre os aceleradores de vulcanização ocorre o fenômeno de sinergia, isto é, a potencialização de duas ou mais substâncias, de modo que o efeito seja maior que seus efeitos em separado.

Na prática, usa-se frequentemente esta sinergia ativando um acelerador, chamado principal ou primário, com uma pequena quantidade de outro, designado acelerador secundário. Um caso particularmente interessante são os derivados do MBT, conhecidos como aceleradores de ação retardada. Por muitos anos, o MBT foi um produto que gerava compostos com pré-vulcanização acentuada; este problema foi resolvido com o bloqueio de seus grupos -SH ativos com outro radical benzotiazol-2-ila, obtendo-se o MBTS (estrutura 3a). Na temperatura de vulcanização o MBTS separa-se, regenerando o MBT.

Se no lugar de empregar um radical benzotiazila para bloquear o grupo ativo -SH, empregarmos um radical aminico, ao separar-se durante a vulcanização, produziremos uma combinação sinérgica MBT/amina, muito ativa.

Variando a amina empregada como bloqueante, obteremos aceleradores com diferentes períodos de indução.

Na figura 2, vemos o efeito dos vários tipos de aceleradores em uma curva típica de vulcanização.

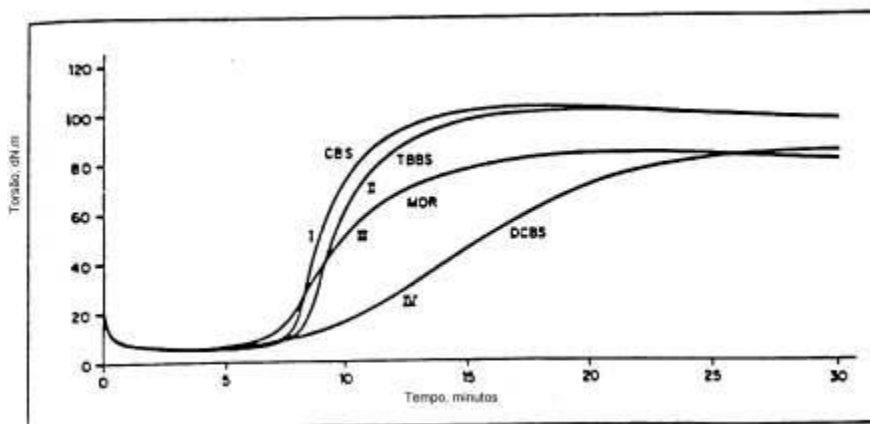


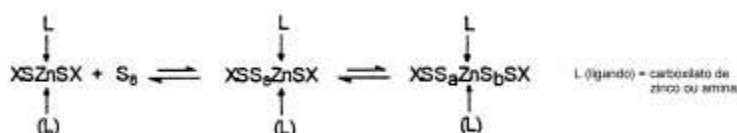
Figura 2. Reograma obtido a 150°C

Ativadores e Retardantes

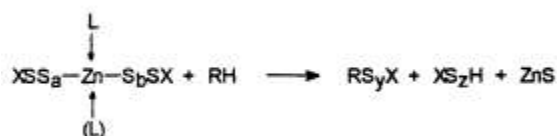
Para que os aceleradores exerçam seu efeito por completo, é necessário empregá-los em combinação com ativadores; os mais comuns são óxido de zinco e ácido esteárico.

As doses de óxido de zinco e ácido esteárico mais comuns são 3-5 phr e 102 phr, respectivamente. Se necessitarmos reduzir a quantidade de óxido de zinco, por exemplo, para reduzir a opacidade, poderemos empregar o óxido de zinco ativo, com menor tamanho de partícula, ou substituir parcial ou totalmente a combinação óxido de zinco e ácido esteárico por estearato de zinco ou o octoato de zinco, que são solúveis na borracha.

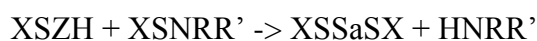
Segundo as últimas hipóteses, em etapas anteriores a vulcanização, estabelece-se o seguinte equilíbrio entre o acelerador, o enxofre, o óxido de zinco e o ácido esteárico:



O último destes compostos e o agente sulfurante ativo, capaz de reagir com a borracha RH.

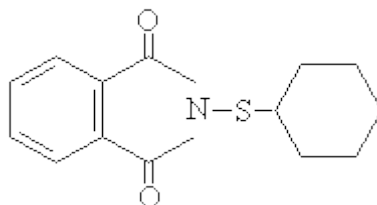


O grupo pendente de uma cadeia RS_yX pode reagir com um grupo similar de outra cadeia, formando um entrecruzamento sulfídico, com separação do radical X do acelerador original. Por outro lado, o pertiol derivado do acelerador, XS₂H, pode reagir, por exemplo, com uma sulfenamida, para produzir um polisulfeto que age também como agente sulfurante da borracha:



Na ausência de óxido de zinco, este polisulfeto (XSS_aSX) parece ser o primeiro intermediário a se formar.

Na maioria dos casos, com a seleção do correto sistema acelerante e sua dosagem, é possível obter a velocidade de vulcanização desejada, sem pré-vulcanização, mas em alguns casos pode ser necessário aumentar ainda mais esta segurança e, então, recorreremos ao uso dos chamados retardadores. O retardador ideal seria o que reduziria a pré-vulcanização do sistema acelerador sem alterar a velocidade de vulcanização nem o grau de reticulação. A maioria dos retardadores estão bastante longe desta condição, pois reduzem a pré-vulcanização, a velocidade de vulcanização e o grau de reticulação. O CTP atualmente é o melhor produto atualmente disponível no mercado.



Apêndice II

Química da oxidação e do antioxidante

Química da oxidação:

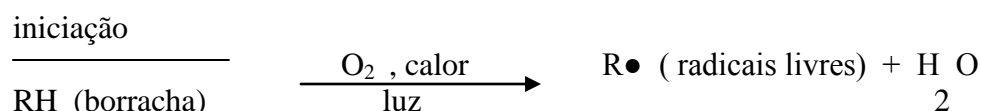
Há três reações básicas de degradação por oxidação:

- a) Cisão de cadeia
- b) Ataque crosslink
- c) Formação de grupos de oxigênio na cadeia polimérica

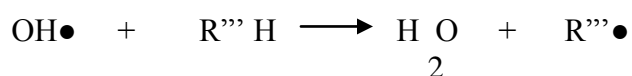
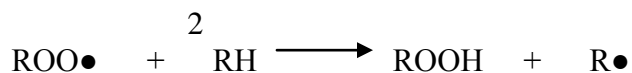
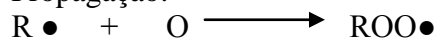
a) Cisão da cadeia:

O oxigênio pode reagir com o hidrogênio anexo à cadeia polimérica, o que resulta em cisão ou explosão da cadeia polimérica. Este tipo de degradação resulta em amaciamento e enfraquecimento da borracha. Diminui a força tensora, a resistência ao alongamento, resistência ao rasgo e causa perda da resistência à abrasão. A dureza e o módulo podem aumentar ou diminuir, dependendo do polímero.

O melhor indicador da cisão da cadeia é a perda de alongamento; esta cisão é mais frequentemente observada na borracha natural (NR), poliisopreno sintético (IR) e vulcanizados butil (IIR), nos primeiros estágios do processo de envelhecimento.



Propagação:



b) Ataque crosslink:

O oxigênio ataca os crosslinks poli-sulfídicos e forma novos crosslinks. Os efeitos resultantes nas propriedades físicas sobre os vulcanizados são aumento na dureza e módulo, especialmente com diminuição na força tensora, resistência ao rasgo e alongamento.

Este tipo de degradação é mais predominante com polímeros como estireno-butadieno (SBR), butadieno (BR), nitrílica (NBR), dieno etileno-propileno (EPDM), clorobutil (CIIR), bromobutil (BIIR), etileno-propileno (EPR), polietileno cloro sulfonado (CSM), borrachas de silicone (Q), uretano (AU), poliacrilato (ACM) e polímeros fluorados.

c) Formação de grupos de oxigênio na cadeia polimérica:

O oxigênio reage e torna-se quimicamente ligado na cadeia polimérica, como grupos hidroxí ou ceto grupos.

Esta reação não quebra a cadeia do polímero como na reação de cisão da cadeia e, conseqüentemente, tem efeito muito pequeno nas propriedades físicas dos vulcanizados.

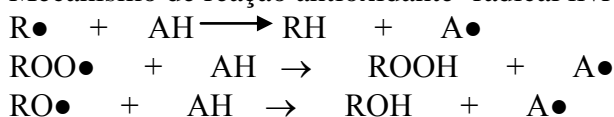
PREVENINDO A OXIDAÇÃO:

Diferentes tipos de antioxidantes reagem com moléculas instáveis, formadas durante o processo de oxidação. Alguns antioxidantes reagem com radicais livres, enquanto outros reagem com os peróxidos.

Altas temperaturas, flexão e íons metálicos, todos têm um efeito acelerante sobre a reação de oxidação.

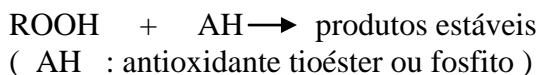
Antioxidantes tipo fenólicos e aminas, na maioria das vezes reagem com os radicais livres, conforme o esquema abaixo:

Mecanismo de reação antioxidante- radical livre:



(AH : antioxidante fenol ou amina)

Os antioxidantes tioésteres e fosfitos reagem com os peróxidos antes que possam se propagar, através do mecanismo de reação antioxidante-peróxido:



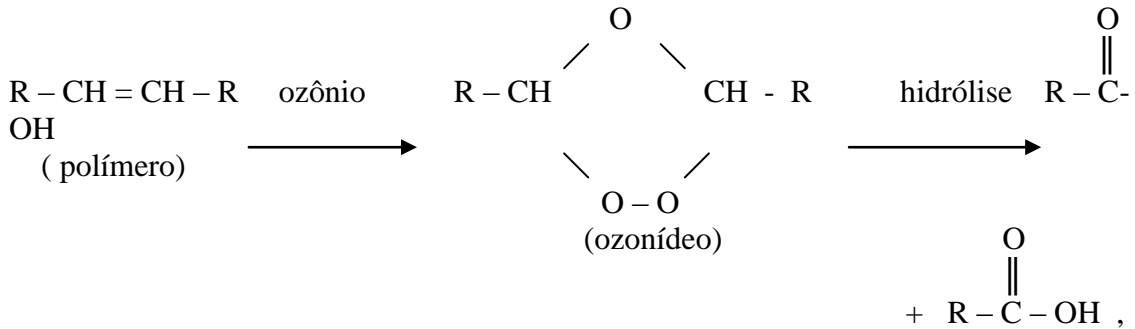
As diaminas p-fenileno, as quinolinas, alguns bis-fenóis e algumas difenilaminas dialquiladas, protegem contra a degradação por íons metálicos e rachamento por flexão. Antioxidantes de pesos moleculares mais altos, dão melhor proteção contra o envelhecimento pelo calor porque são menos voláteis.

Química do ozônio e dos antiozonantes

O ozônio reagirá com ligações duplas (sítios insaturados) da cadeia polimérica, para formar ozonídeos; estes se decompõem quando o composto é submetido a uma força, como alongamento, e o resultado é uma cadeia polimérica quebrada no sítio da ligação dupla e uma quebra no composto.

Borrachas que contêm somente ligações duplas pendentas como o EPDM, não quebram, desde que a ligação dupla não esteja na cadeia do polímero.

Mecanismo de reação:



etc

Os tipos de mudanças nas propriedades físicas de um artigo de borracha que tem resistido à ozonólise, depende do tipo de polímero e outros ingredientes do composto.

Seguem algumas mudanças observadas no composto:

- alguns polímeros mostrarão endurecimento e cristalização, enquanto outros mostrarão amaciamento e viscosidade.
- é observado cracking em polímeros onde as ligações duplas que tenham reagido com o ozônio, estejam localizadas na cadeia do polímero.
No princípio, são observadas quebras de pequenas superfícies, mas se o composto observa ciclos de tensão continuados, aparecerão quebras profundas, resultando em eventuais falhas no artigo de borracha.
- a superfície da borracha muda de cor (cinza fosco), seguido da perda de brilho.
- a resistência ao rasgamento e à força tensora serão reduzidas.
- as propriedades visco-elásticas dos compostos, como módulo viscoso, módulo elástico e tangente delta, mudam.

PREVENINDO A OZONÓLISE:

Um composto pode ser protegido do ataque de ozônio por três caminhos básicos:

- Escolha do polímero:** porque a reação do ozônio com a cadeia dupla do polímero, polímeros com baixa insaturação, são naturalmente melhores para a resistência ao ozônio. Polímeros como EPDM e butil, com poucas ligações duplas, têm uma resistência natural ao ataque do ozônio. Polímeros como borracha natural (poliisopreno) e polibutadieno, com muitas ligações duplas, têm menor resistência ao ozônio.
- Barreira física:** alguns produtos, como ceras e antiozonantes, que fluem para a superfície dos compostos, formam uma barreira física que previne a reação com o ozônio.
- Reação Química:** antiozonantes que reagem com o ozônio, podem ser adicionados ao composto de borracha. Um antiozonante efetivo deve ter as seguintes características:
 - Deve ser mais reativo ao ozônio do que ao oxigênio
 - Deve migrar para a superfície da borracha
 - Seus produtos de reação com o ozônio devem formar um produto protetor de alto peso molecular, formando um filme contínuo.
 - Força crítica: alguns produtos aumentam a força crítica necessária para a formação de trinca.

Classes de antidegradantes

ANTIOXIDANTES:

AMINAS:

Produtos de reação da acetona difenil
Difenilaminas alquiladas
Dihidroquinolinas
Naftil aminas
p- fenileno diaminas
Ozonox RP2 (amina proprietária)

FENÓIS:

amino fenóis
bis-fenóis impedidos
mono fenóis impedidos
hidroquinonas
poli-fenóis
tio-bis-fenóis

FOSFITOS

TIOÉSTERES

MISTURAS

Ditiocarbamatos

ANTIOZONANTES:

Aminas:

p-fenileno diaminas
quinolinas poliméricas
6-etoxi- 1,2-dihidro- 2,2,4 – trimetil quinolina

Misturas:

alquil tiouréias
Níquel dibutilditiocarbamato
TAPDT [2,4,6-tris (N- 1,4 – dimetilpentil-p-fenilenodiamino) – 1,3,5 – triazina]
Ceras

Considerações na seleção de antidegradantes

Volatilidade:

A volatilidade do antidegradante tem um papel importante no seu tempo de duração: antidegradantes mais voláteis afloram do composto mais rapidamente e não oferecem proteção por longo tempo; antidegradantes completamente solúveis na base do polímero não afloram e também acabam por não proporcionar proteção.

Estabilidade Química:

Um antidegradante não estável quimicamente terá uma pequena vida útil e oferecerá proteção por curto tempo no vulcanizado.

Descoloração e Manchamento:

Descoloração e manchamento são importantes em materiais levemente coloridos ou em compostos escuros, em contato com artigos onde o manchamento seja uma preocupação.

Forma Física:

É importante a seleção adequada da forma física do antidegradante. O manuseio e o processo de mistura podem ser facilitados pelo uso do antidegradante na forma líquida ou sólida.

Economia:

O ideal é usar o antidegradante menos caro, que proporcione a proteção requerida para o produto individual.

Necessidade do Produto:

O antidegradante deve ser selecionado com base nas necessidades individuais para o produto.

Os produtos usados em espaços abertos podem necessitar diferentes antidegradantes, em relação aos que são usados em espaços internos.

Os produtos que necessitam de um ciclo de vida longo, podem necessitar de um antidegradante diferente daquele usado em produtos com ciclo de vida curto.

Tipos de antidegradantes:

Antioxidantes:

Protegem contra o ataque do oxigênio na atmosfera.

Antiozonantes:

Migram para a superfície da borracha e protegem contra o ataque do ozônio na atmosfera.

Estabilizantes de calor:

Protegem o composto contra o envelhecimento pelo calor. Antidegradantes de pesos moleculares maiores usualmente têm melhor desempenho para este fim.

Estabilizantes de luz:

Protegem o composto contra o ataque de íons metálicos, como o cobre.

Agentes anti-gel:

Protegem contra a formação de gel durante a manufatura do polímero.