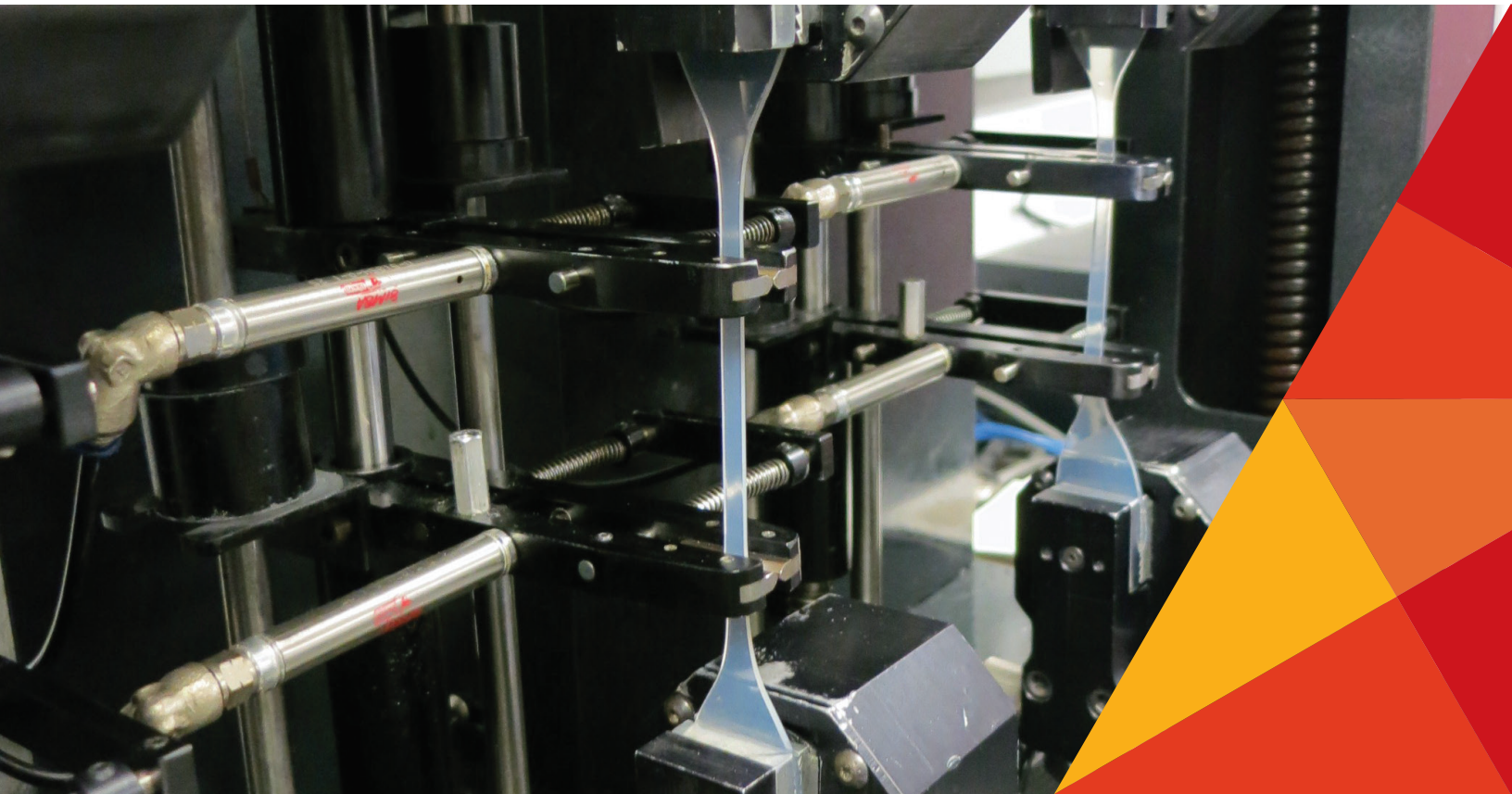
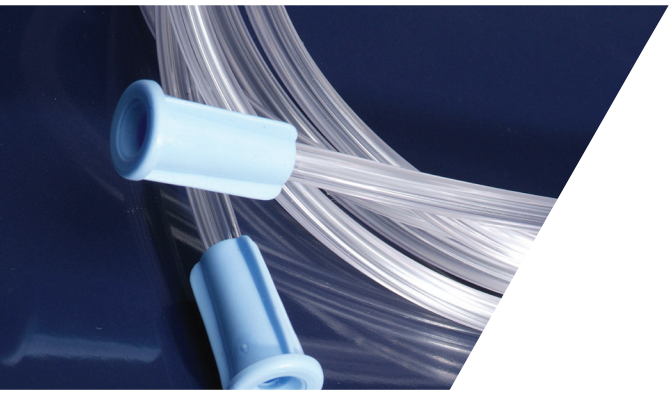
CABOT

ÓXIDOS METÁLICOS PIROGÊNICOS

GUIA DE APLICAÇÃO

SÍLICA PIROGÊNICA CAB-O-SIL®
PARA BORRACHA DE SILICONE





Sílica pirogênica CAB-O-SIL® para borracha de silicone

Há mais de 50 anos, a Cabot Corporation entrega materiais inovadores para clientes que usam borracha de silicone. Como uma das principais fornecedoras mundiais de aditivos de desempenho, a Cabot está comprometida em fornecer produtos da mais alta qualidade, consistência e desempenho. Nosso objetivo é expandir o que for possível em matéria de borracha de silicone.

O que é borracha de silicone?

As borrachas de silicone são materiais poliméricos de alto desempenho. A estrutura molecular dos polímeros de silicone, sua interação com partículas de reforço e a química da sua reticulação permitem que as formulações sejam adaptadas a uma variedade de aplicações. A ampla variedade de propriedades físicas da borracha de silicone permite que ela seja usada em praticamente todos os setores, incluindo aeroespacial, automotivo, médico, de biotecnologia, energias renováveis, eletrônica, construção civil, têxtil, petróleo e gás, cuidados pessoais e revestimentos.

Sílica pirogênica CAB-O-SIL em borracha de silicone melhora a resistência mecânica

A borracha de silicone vulcanizada a alta temperatura (HTV) e a borracha de silicone líquida (LSR) possuem fortes propriedades mecânicas sendo utilizada na moldagem por compressão, extrusão e moldagem por injeção. No entanto, mesmo quando reticulada, a rede polimérica de silicone é mecanicamente fraca em comparação com muitos outros sistemas de elastômeros. Para resolver isso, a sílica pirogênica CAB-O-SIL é incorporada ao polímero para fins de reforço mecânico.

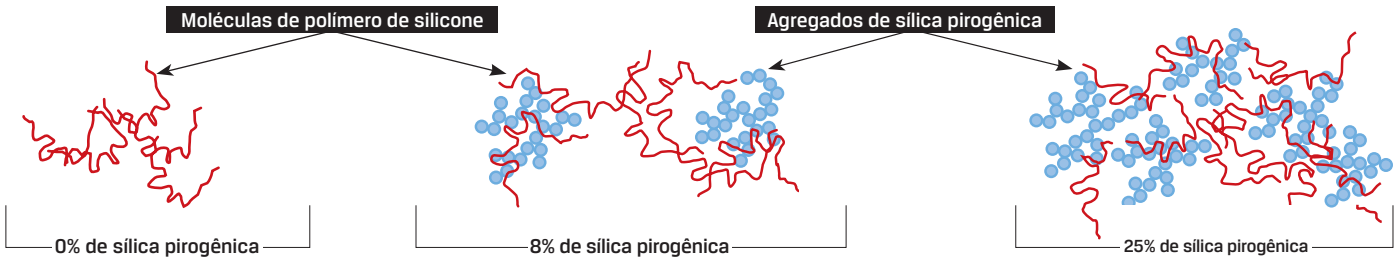
As propriedades finais da borracha de silicone são influenciadas por:

- Escolha da resina de silicone base.
- Grau de reticulação.
- Tipo de sílica pirogênica usada.
- Tipo e grau de tratamento de superfície da sílica pirogênica.
- Estado da dispersão da sílica.

Efeito das concentrações de sílica pirogênica CAB-O-SIL no reforço mecânico

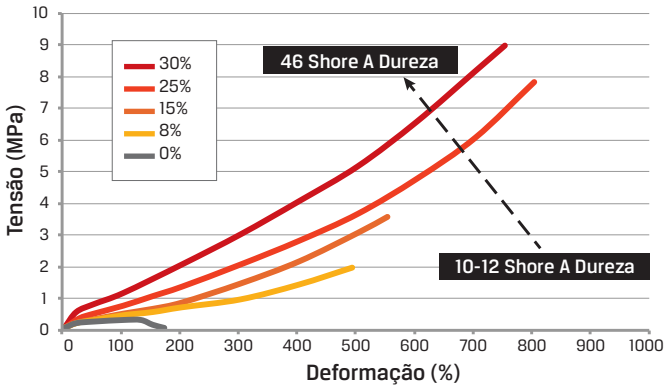
O entralaçamento do polímero com as partículas de sílica pirogênica permite maior resistência do material compósito. Maior concentração de sílica pirogênica no elastômero proporciona maior propriedade de tração e dureza (veja as Figuras 1 e 2).

Figura 1: O aumento da concentração de sílica pirogênica aumenta o reforço mecânico ao maximizar o entrelaçamento entre polímero e sílica



Desempenho das sílicas tratadas CAB-O-SIL em várias concentrações

Figura 2: Comportamento de tensão-deformação de sistema de LSR intermediário, incluindo sílica pirogênica CAB-O-SIL TS-530 em várias cargas em uma LSR curada com aditivo



Propriedades melhoradas pela sílica pirogênica

- Firmeza (área sob a curva de tensão-deformação)
- Alongamento
- Resistência à tração e módulo
- Dureza

Formulação LSR com sílica pirogênica tratada

MISTURA

Fórmula	Peso (g)	Quantidade (%)
72.000 g/mol de fluido de silicone vinílico	73,4	73
Sílica pirogênica CAB-O-SIL TS-530	25	25
3.000 g/mol de reticulador hidrossiloxano	1,4	1
Inibidor	0,1	0
Total	**99,9 g**	**100%**

- Toda a sílica foi tratada com HMDZ
- A sílica pirogênica foi combinada ao silicone com um SpeedMixer™ DAC 150.1 FVZ-K.
- Razão molar de silano:vinila = 2,5.
- As quantidades são alteradas para mudar o teor % de sílica.

CURA

Componente	Peso (g)	Peso (%)
Composto	99,85	100
Complexo catalisador de platina-vinila	0,15	0
Total	**100,00 g**	**100%**

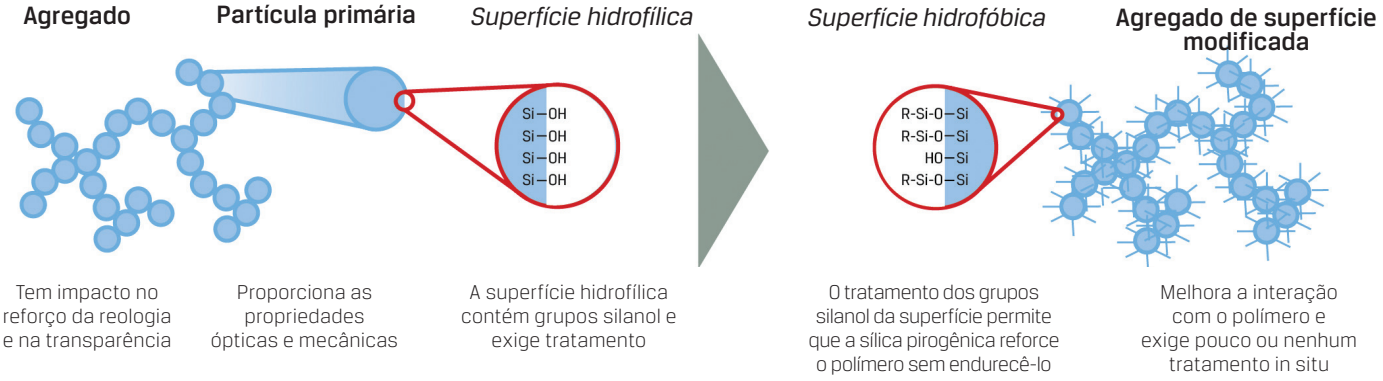
- A concentração de catalisador de platina foi misturada no composto com um SpeedMixer™ DAC 150.1 FVZ-K
- Moldado à temperatura ambiente
- Curado a 150 °C por 40 minutos e 200 MPa
- Pós-curado a 200 °C por 4 horas

Efeito do tratamento de superfície da sílica pirogênica CAB-O-SIL

Como mostrado na Figura 3, o tratamento da superfície de sílica pirogênica com alquilsilanos maximiza o desempenho, reduzindo as interações polares entre a cadeia principal do polímero de silicone e os silanóis nativos da superfície de sílica pirogênica, o que pode resultar em endurecimento ao longo do tempo (geralmente chamado de endurecimento de crepe). Os alquilsilanos podem ser adicionados durante o tratamento in situ ou como pré-tratamento para a sílica pirogênica antes da formulação. Embora o tratamento in situ seja a opção mais comum, os benefícios do pré-tratamento incluem:

- Processamento simplificado e tempo de produção reduzido.
- Operação mais segura (geração mínima de gases de exaustão perigosos).
- Melhor mistura e tratamento mais uniforme da superfície de sílica.
- Melhor consistência e desempenho do produto após o envelhecimento.

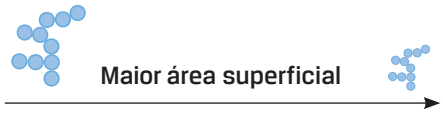
Figura 3: Características da partícula de sílica pirogênica



Observação: R significa grupos alquila (hidrocarbônicos). O material mais usado para tratamento in situ e pré-tratamento é o hexametildissilazano (HMDZ).

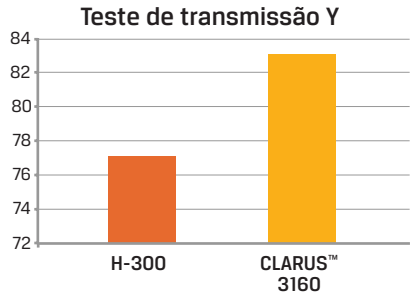
Efeito do tamanho de partículas e da área superficial da sílica pirogênica CAB-O-SIL

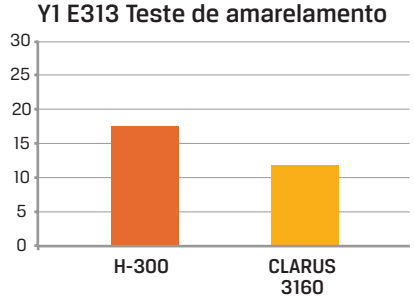
Partículas menores e bem dispersas com maior área superficial específica normalmente oferecem melhor transparência e resistência ao amarelamento com propriedades mecânicas similares.



Figuras 4 e 5: Propriedades de desempenho de LSR e HTV em função da área superficial

Propriedades ópticas de LSR com sílica pirogênica CAB-O-SIL

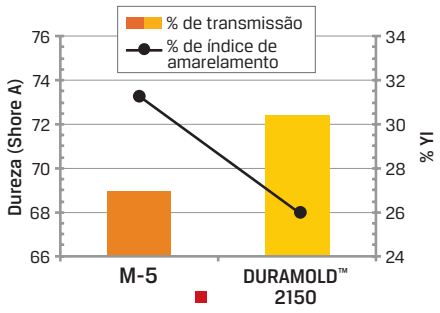


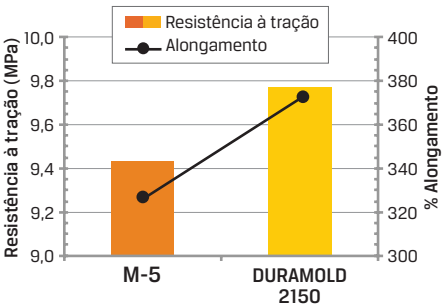


Para LSR
Área superficial da sílica pirogênica CAB-O-SIL:
H-300 〈 CLARUS 3160

Para HTV
Área superficial da sílica pirogênica CAB-O-SIL:
M-5 〈 DURAMOLD 2150

Propriedades mecânicas e ópticas de HTV de sílica pirogênica CAB-O-SIL





Dados gerados usando as formulações da próxima página.

Formulações

Formulação LSR tratada in situ

FÓRMULA: BASE

Componente	Peso (g)	Quantidade (%)
10.000 cP de PDMS de vinila	1000	55,94
Sílica pirogênica (BET 400 m^2/g)	600	33,57
HMDZ	150	8,39
Água	37,5	2,10
Total	**1.787,5 g**	**100%**

- Foi usado um misturador interno Kneader® NHZ-5
- A proporção de HMDZ para a área superficial de sílica pirogênica foi mantida constante

COMPLETAGEM

Componente	Peso (g)	Quantidade (%)
10.000 cP de PDMS de vinila	111,48	18,58
Sílica pirogênica (BET 400 m^2/g)	31,44	5,24
Composto base	457,08	76,18
Total	**600 g**	**100%**

- Concentração de sílica pirogênica = 28,6%
- A completagem foi misturada em um misturador planetário Ross PDM-0.5

CURA

Componente	Peso (g)	Quantidade (%)
Composto	150	99,0
Reticulador hidrossiloxano H-oil (1,5%)	1,1	0,73
Catalisador de platina	0,4	0,28
Inibidor	A/R	A/R
Total	**151,5 g**	**100%**

- Reticulador, inibidor e catalisador adicionados ao misturador planetário Ross PDM-0.5
- Moldado à temperatura ambiente
- Curado a 150 °C por 500 segundos a 20 MPa
- Pós-curado a 200 °C por 4 horas

Formulação HTV tratada in situ

ESTÁGIO 1: COMPOSTAGEM

Componente	Peso (g)	Quantidade (%)
600 kg/mol de goma de silicone metilvinila (0,1% de vinila)	500	31,6
600 kg/mol de goma de silicone metilvinila (0,2% de vinila)	500	31,6
Metil-hidrossiloxano-dimetilsiloxano (1,6% de hidreto)	4,3	0
Sílica pirogênica (por exemplo, M-5)	500	31,6
Agente de tratamento: PDMS terminado em OH (8,5% de grupos OH)	75	4,7
Estearato de Zn (desmoldante)	1,4	0
Total	**1.580,7 g**	**100%**

- Foi usado um misturador interno Kneader NHZ-5
- Foram feitos ajustes para diferentes áreas superficiais: A sílica pirogênica DURAMOLD™ 2150 exige 75 g de óleo de silicone hidroxilado

ESTÁGIO 2: MOAGEM

Componente	Peso (g)	Quantidade (%)
Composto (lote principal)	200	99
Complexo de catalisador de peróxido	2	1
Total	**202 g**	**100%**

- Um moinho de dois rolos Wujing Xiechang X(S)K-160 foi usado para dispersar o peróxido iniciador.

ESTÁGIO 3: CURA

- Moldado à temperatura ambiente
- Curado a 170 °C por 10 minutos a 20 MPa
- Pós-curado a 200 °C por 4 horas

Efeito da taxa de mistura e do nível de tratamento da sílica pirogênica CAB-O-SIL sobre as propriedades mecânicas e ópticas em LSR

Resumo dos resultados

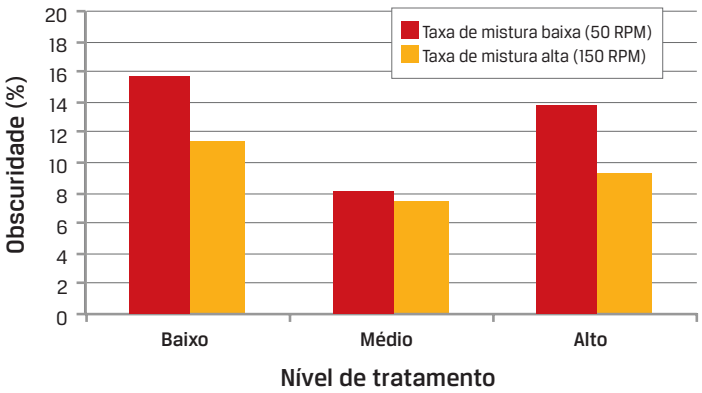
Em geral, níveis médios de tratamento e taxas de mistura mais altas conduzem a um melhor equilíbrio de propriedades ópticas e mecânicas.

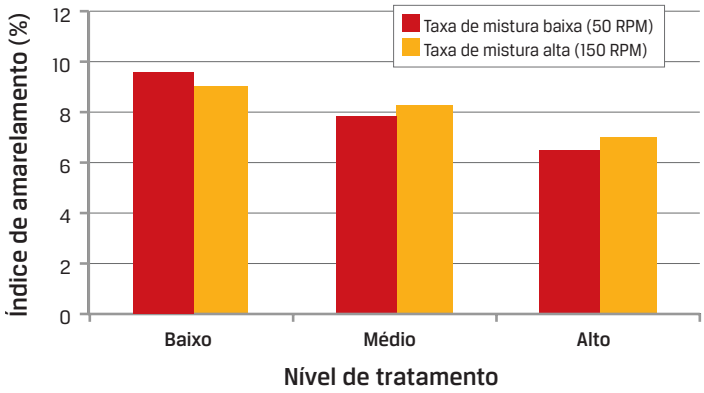
- Taxa de mistura: Uma taxa de mistura mais alta geralmente produz melhor dispersão e, portanto, maior transparência, mais alongamento, e potencialmente menor dureza.
- Nível de tratamento: Geralmente, níveis de tratamento com HMDZ mais baixos resultam em maior dureza, mais transparência e menos alongamento.

	Nível de tratamento da sílica pirogênica			Taxa de mistura	
Propriedades de LSR	Baixa	Média	Alta	Baixa	Alta
Obscuridade	○	●	○	○	●
Amarelamento	○	◐	●	◐	◐
Dureza	○	●	◐	●	◐
Resistência à tração	◐	◐	◐	●	○
Alongamento	○	●	◐	○	●
Resumo líquido	○	●	◐	◐	●

● Melhor ◐ Sem alteração ○ Pior

Propriedades ópticas





Nevoamento

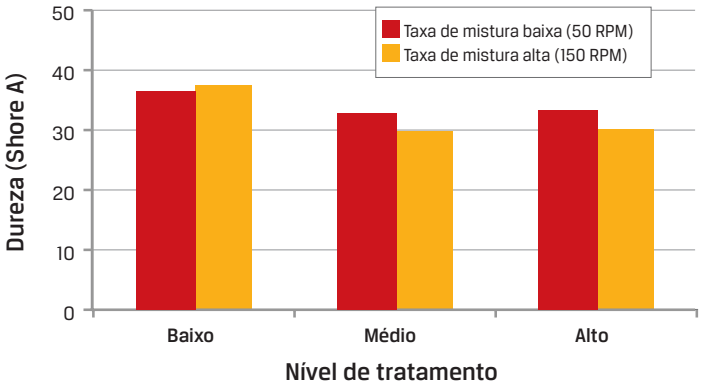
- Taxa de mistura: Taxas de mistura mais altas mostram dispersão melhor neste estudo, reduzindo o nevoamento.
- Nível de tratamento: Níveis de tratamento médios são melhores em comparação com o nível de tratamento baixo e forneceram o menor nevoamento neste estudo.

Amarelamento

- Taxa de mistura: Taxas de mistura mais altas apresentam dispersão melhor neste estudo, expondo mais área superficial, o que pode resultar em mais amarelamento. Em geral, uma taxa de mistura mais baixa expõe menos área superficial, o que pode resultar em menos amarelamento.
- Nível de tratamento: O aumento no nível de tratamento pode melhorar a interação de polímero/partícula e a estabilidade ao longo do tempo, reduzindo o amarelamento.

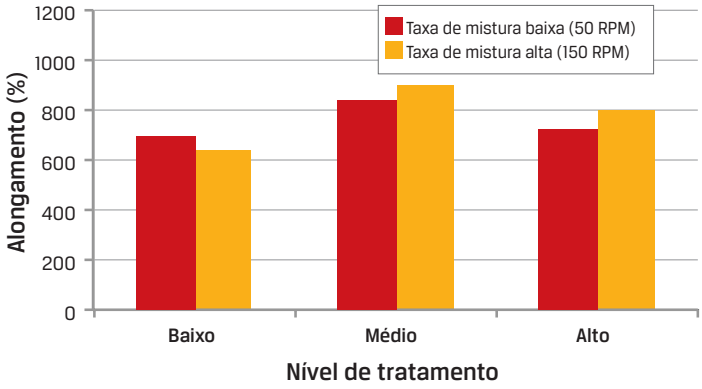
Observação: a formulação e os detalhes de mistura deste estudo estão na página seguinte.

Propriedades mecânicas



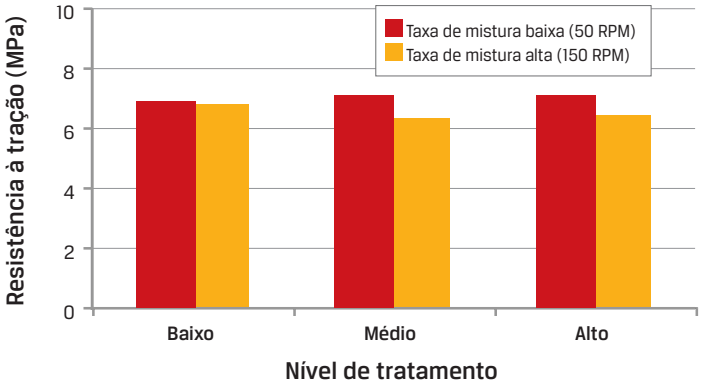
Dureza

- Taxa de mistura: Taxas de mistura mais altas podem melhorar a dispersão, reduzindo a dureza, o que pode ser prejudicial para o desempenho (por exemplo, endurecimento de crepe)
- Nível de tratamento: Níveis de tratamento mais baixos podem resultar em maior dureza



Alongamento

- Taxa de mistura: Taxas de mistura mais altas podem produzir melhor dispersão, o que aumenta o alongamento
- Nível de tratamento: Níveis de tratamento mais altos podem melhorar a dispersão, reduzindo as interações de silicone/partícula, resultando em maior alongamento



Resistência à tração

- Taxa de mistura: Taxas de mistura baixas resultaram em maior resistência à tração, provavelmente devido a redes de sílica mais extensas que podem reforçar de forma mais eficaz o silicone
- Nível de tratamento: A resistência à tração foi relativamente insensível ao nível de tratamento

Formulação LSR

A formulação utilizada no estudo sobre o efeito da taxa de mistura e do nível de tratamento foi igual à formulação LSR utilizada na página 3, com algumas alterações fundamentais:

- Um misturador diferente foi usado para permitir maior controle sobre a taxa de mistura. O misturador foi um Haake™ Rheocord PolyLab 300p System com cabeça Rheomix 3000P, operada a:
  - Taxa de mistura baixa: 50 RPM
  - Taxa de mistura alta: 150 RPM
- A sílica pirogênica usada tinha área superficial nominal de 400 m^2/g e foi pré-tratada em níveis diferentes:
  - Baixo: 8,5 g de HMDZ/50 g de sílica pirogênica
  - Médio: 12 g de HMDZ/50 g de sílica pirogênica
  - Alto: 20 g de HMDZ/50 g de sílica pirogênica

Capacidade global, relações locais

Com cinco locais de fabricação de sílica pirogênica em todo o mundo, a Cabot é líder na produção global desse material. Além disso, a Cabot investiu em P&D e em instalações de desenvolvimento de aplicações nas Américas, na Europa e na Ásia para adaptar melhor os produtos, a fim de atender às necessidades regionais específicas. Na Cabot, oferecemos suporte durante todas as fases do ciclo de vida do produto, onde quer que nossos clientes estejam.

Se sua aplicação de elastômeros de silicone exige transparência, taxa de extrusão controlada, propriedades mecânicas extremas ou atributos de viscosidade específicos, os especialistas técnicos da Cabot o ajudarão a selecionar o produto adequado para sua aplicação.

Para obter mais informações, acesse cabotcorp.com ou entre em contato com o representante local da Cabot.

AMÉRICA DO NORTE
Cabot Corporation Business and Technical Center
157 Concord Road
Billerica, MA 01821
EUA
T +978 663 3455
F +978 663 5471
T +678-297-1300 (atendimento ao cliente)

AMÉRICA DO SUL
Cabot Brasil Indústria e Comércio Ltda.
Rua do Paraíso 148 - 5º andar
04103-000 São Paulo,
SP Brasil
T +55 11 2144 6400
F +55 11 3253 0051

EUROPA
Cabot Specialty Chemicals Coordination Center
SIA Cabot Latvia
101 Mukusalas Street
Riga, LV-1004, Latvia
T +371 6705 0700
F +371 6705 0985

ORIENTE MÉDIO E ÁFRICA
Cabot Dubai
P.O. Box 17894
Jebel Ali Free Zone
LOB 15, Office 424
Dubai
Emirados Árabes Unidos
T +371 6705 0700
F +371 6705 0985

ÁSIA-PACÍFICO
Cabot China Ltd.
558 Shuangbai Road
Shanghai 201108
China
T +86 21 5175 8800
F +86 21 6434 5532

JAPÃO
Cabot Specialty Chemicals Inc.
Sumitomo Shiba-Daimon Bldg. 3F
2-5-5 Shiba Daimon,
Minato-ku
Tokyo 105-0012
Japão
T +81 3 6820 0255
F +81 3 5425 4500

CAB-O-SIL, CLARUS e DURAMOLD são marcas registradas da Cabot Corporation. Perkadox é marca registrada da Akzo Nobel Chemicals B.V. DMS S12 e está disponível por meio da Gelest. SpeedMixer é marca registrada da FlackTek, Inc.
Haake é marca registrada da ThermoFisher Scientific. Brabender é marca registrada da Brabender, GmbH & Co.

Os dados e as conclusões aqui contidos baseiam-se em trabalho que acreditamos ser confiável, mas a Cabot não pode e não garante que resultados e/ou conclusões semelhantes serão obtidos por outros. Estas informações são fornecidas somente para conveniência e para fins informativos. Estas informações podem conter imprecisões, erros ou omissões. A CABOT NÃO FORNECE GARANTIAS EXPRESSAS OU IMPLÍCITAS, INCLUINDO DE COMERCIALIZAÇÃO OU ADEQUAÇÃO A UM DETERMINADO FIM EM RELAÇÃO A (I) TAIS INFORMAÇÕES, (II) QUALQUER PRODUTO OU (III) VIOLAÇÃO DE PROPRIEDADE INTELECTUAL. Em nenhuma hipótese a Cabot será responsabilizada e, portanto, a Cabot não aceita e rejeita a responsabilidade por quaisquer indenizações em relação ao uso ou à confiança nestas informações ou a qualquer produto ao qual elas se refiram.

CABOT

cabotcorp.com

©2017 Cabot Corporation.

R02 4/17