Estrutura e propriedades de elastômeros

SUMÁRIO

SIGLAS UTILIZADAS NOS CAPÍTULOS (EXCETO NOMES DOS ELASTÔMEROS) 11

CAPÍTULO 1: CORRELAÇÃO ESTRUTURA-PROPRIEDADES DE ELASTÔMEROS 15

1.1 Introdução

1.1.1 Definição de elastômero

1.2 Características químicas de um elastômero

1.2.1 Ligações químicas ideais e conformações no esqueleto macromolecular de um elastômero

1.2.2 Influência de outros grupos químicos no esqueleto da macromolécula

1.2.2.1 Formação de ligações cruzadas

1.2.2.2 Resistência química

1.2.2.3 Resistência ao calor

1.3 Características mecânicas e dinâmico-mecânicas de um elastômero

1.3.1 Propriedades mecânicas e dinâmico-mecânicas (viscoelasticidade)

1.3.2 Massa molar (MM) e distribuição de massas molares (PD)

1.3.3 Densidade de ligações cruzadas ou grau de cura

1.3.4 Teoria da elasticidade da borracha

CAPÍTULO 2: ESTRUTURA-PROPRIEDADES DE ELASTÔMEROS DA CLASSE R 57

2.1 Introdução

2.2 Elastômeros da classe R

2.2.1 Borracha natural (NR)

2.2.1.1 Estrutura química e extração da NR

2.2.1.2 Mastigação da NR

2.2.1.3 Outros tipos de NR

2.2.1.4 Cristalização por estiramento da NR

2.2.1.5 Cura da NR

2.2.1.6 Principais aplicações da NR (pneus)

2.2.2 Elastômero ou borracha de poli(butadieno) (BR)

2.2.2.1 Estrutura química e síntese do BR

2.2.2.2 Principais aplicações do BR

2.2.2.3 Outros tipos de BR

2.2.2.4 Cura do BR

2.2.3 Elastômero ou borracha de estireno-butadieno (SBR)

2.2.3.1 Estrutura química e síntese da SBR

2.2.3.2 Principais aplicações da SBR

2.2.3.3 Cura da SBR

2.2.3.4 Elastômeros termoplásticos à base de estireno (SBS, SIS, SEBS, SEPS, SIBS)

2.2.4 Elastômeros à base de isobutileno ou borrachas butílicas (IIR, CIIR, BIIR)

2.2.4.1 Estrutura química e síntese das borrachas butílicas

2.2.4.2 Principais aplicações das borrachas butílicas

2.2.4.3 Cura das borrachas butílicas

2.2.5 Elastômero ou borracha nitrílica (NBR)

2.2.5.1 Estrutura química e síntese da NBR

2.2.5.2 Principais aplicações da NBR
2.2.5.3 Cura da NBR
2.2.6 Elastômero de policloropreno (CR)
2.2.6.1 Estrutura química e síntese da CR
2.2.6.2 Principais aplicações da CR
2.2.6.3 Cura da CR
2.2.7 Elastômero de poli(isopreno) sintético (IR)
2.2.7.1 Estrutura química e síntese do IR
2.2.7.2 Principais aplicações do IR
2.2.7.3 Cura do IR

CAPÍTULO 3: ESTRUTURA-PROPRIEDADES DE ELASTÔMEROS DAS CLASSES M E O 111

3.1 Introdução
3.2 Elastômeros da classe M
3.2.1 Elastômeros poliacrilados (ACM)
3.2.1.1 Síntese e estrutura química dos ACM
3.2.1.2 Cura dos ACM
3.2.1.3 Principais aplicações dos ACM
3.2.2 Elastômeros baseados em polietileno (CM, CSM, EPM, EVM, EPDM)
3.2.2.1 Elastômero de polietileno clorado (CM)
3.2.2.1.1 Síntese, estrutura química, cura e aplicações do CM
3.2.2.2 Elastômero de polietileno clorossulfonado (CSM)
3.2.2.2.1 Síntese e estrutura química do CSM
3.2.2.2.2 Cura do CSM
3.2.2.2.3 Principais aplicações do CSM
3.2.2.3 Elastômero de copolímero de etileno com propileno (EPM)
3.2.2.3.1 Síntese, estrutura química, cura e aplicações do EPM
3.2.2.4 Elastômero de terpolímero etileno-propileno-dieno (EPDM)
3.2.2.4.1 Síntese e estrutura química do EPDM
3.2.2.4.2 Cura do EPDM
3.2.2.4.3 Principais aplicações do EPDM
3.2.2.5 Elastômeros termoplásticos baseados em poliolefinas (POE, TPV)
3.2.2.5.1 Síntese, estrutura química e morfologia
3.2.2.5.2 Aplicações
3.2.3 Elastômeros fluorados (FEPM, FFKM, FKM)
3.2.3.1 Elastômeros de copolímeros alternados de tetrafluoroetileno (TFE) com propileno (FEPM)
3.2.3.1.1 Síntese, estrutura química, cura e aplicações dos FEPM
3.2.3.2 Elastômeros (perfluoroelastômeros) de terpolímeros de tetrafluoroetileno (TFE) com éter perfluorado e monômero vulcanizável (FFKM)
3.2.3.2.1 Síntese e estrutura química dos FFKM
3.2.3.2.2 Cura dos FFKM
3.2.3.2.3 Aplicações dos FFKM
3.2.3.3 Elastômeros com fluoreto de vinilideno (VDF) na cadeia principal (FKM)
3.2.3.3.1 Síntese e estrutura química dos FKM
3.2.3.3.2 Cura e aplicações dos FKM
3.3 Elastômeros da classe O
3.3.1 Elastômeros à base de epicloridrina (CO, ECO, GECO)
3.3.1.1 Estrutura e síntese dos elastômeros à base de epicloridrina
3.3.1.2 Cura e aplicações dos elastômeros à base de epicloridrina

3.3.2 Elastômeros à base de copolímero de óxido de propileno com alil-glicidil-éter (GPO)
3.3.2.1 Síntese, estrutura química, cura e aplicações dos elastômeros GPO

CAPÍTULO 4: ESTRUTURA-PROPRIEDADES DE ELASTÔMEROS DAS CLASSES Q, U, T E Z 139
4.1 Introdução
4.2 Elastômeros da classe Q
4.2.1 Síntese, estrutura química e propriedades dos elastômeros da classe Q
4.2.2 Cura dos elastômeros da classe Q
4.2.3 Aplicações dos elastômeros da classe Q
4.3 Elastômeros da classe U
4.3.1 Síntese, estrutura química e propriedades dos elastômeros da classe U (poliuretanos)
4.3.1.1 Elastômeros termoplásticos de poliuretano (TPU)
4.3.2 Aplicações dos elastômeros da classe U
4.4 Elastômeros da classe T (polissulfetos)
4.4.1 Síntese, estrutura química e propriedades dos elastômeros da classe T
4.4.2 Cura dos elastômeros da classe T (polissulfetos)
4.4.3 Aplicações dos elastômeros de polissulfeto (T)
4.5 Elastômeros da classe Z (polifosfazenos)
4.5.1 Síntese, estrutura química e propriedades dos elastômeros da classe Z
4.5.2 Cura dos elastômeros da classe Z
4.5.3 Aplicações dos elastômeros da classe Z

CAPÍTULO 5: FORMULAÇÃO E COMPOSIÇÃO DE UM ELASTÔMERO 173
5.1 Introdução
5.2 Auxiliares de processamento
5.2.1 Auxiliares de processamentos químicos: agentes peptizantes
5.2.2 Auxiliares de processamentos físicos
5.2.2.1 Auxiliares derivados do petróleo
5.2.2.2 Ácidos graxos e derivados
5.2.2.3 Plastificantes
5.3 Agentes antienvelhecimento
5.3.1 Agentes antirreversão
5.3.2 Agentes químicos antienvelhecimento
5.3.2.1 Antioxidantes
5.3.2.2 Antiozonantes
5.3.3 Agentes físicos de antienvelhecimento
5.3.4 Outros tipos de estabilizantes para borrachas
5.4 Agentes de expansão ou espumantes
5.5 Colorantes

CAPÍTULO 6: CURA OU VULCANIZAÇÃO DE ELASTÔMEROS 203
6.1 Introdução e definições
6.2 Efeito da vulcanização nas propriedades do elastômero
6.3 Vulcanização com enxofre
6.3.1 Aditivos de vulcanização por enxofre
6.3.2 Enxofre
6.3.3 Aceleradores de vulcanização
6.3.4 Ativadores de vulcanização

6.3.5 Doadores de enxofre
6.3.6 Retardantes de vulcanização
6.3.7 Vulcanização convencional, semieficiente e eficiente
6.4 Cura de elastômeros sem enxofre
6.4.1 Cura com peróxidos

CAPÍTULO 7: CARGAS MAIS UTILIZADAS NO REFORÇAMENTO DE ELASTÔMEROS 233
7.1 Introdução e classificação
7.2 Cargas escuras: negro de fumo
7.2.1 Classificação dos negros de fumo
7.2.1.1 Classificação segundo a forma de obtenção
7.2.1.2 Classificação segundo padronização ASTM
7.2.2 Caracterização do negro de fumo
7.2.3 Mecanismos de reforçamento do elastômero pelo negro de fumo
7.2.3.1 O efeito Mullins
7.2.3.2 Efeito da concentração de negro de fumo nas propriedades mecânicas de borrachas
7.2.3.3 Efeito do tamanho de partícula e da estrutura de negro de fumo nas propriedades mecânicas de borrachas
7.2.3.4 Influência do negro de fumo nas propriedades reológicas do composto não vulcanizado
7.3 Cargas claras
7.3.1 Sílica
7.3.2 Carbonato de cálcio
7.3.3 Outras cargas

CAPÍTULO 8: TESTES E CONTROLE DE QUALIDADE EM BORRACHAS 259
8.1 Introdução
8.2 Testes de processabilidade
8.2.1 Plasticidade e recuperação elástica utilizando plastômetro de Williams – ASTM D926
8.2.2 Viscosidade Mooney – ASTM D1646
8.2.3 Reometria capilar
8.2.4 Reometria de torque para caracterização de parâmetros de vulcanização (ASTM D2084)
8.2.5 Correlações entre a curva de vulcanização e o processamento do polímero
8.2.6 Rubber Process Analyser (RPA) – ASTM 6204
8.3 Caracterização pós-vulcanização
8.3.1 Dureza Shore – ASTM D2240
8.3.2 Ensaio de resistência à tração – ASTM D412
8.3.3 Resistência ao rasgo – ASTM D624
8.3.4 Resistência à fadiga – ASTM D430 e ASTM D813
8.3.5 Compression set – ASTM D395
8.3.6 Densidade de ligações cruzadas
8.4 Considerações finais a respeito da caracterização de borrachas

REFERÊNCIAS 293