



Aparelho de Apoio de Neoprene fretado

(segundo a norma alemã DIN 4141-14)

$$\text{Espessura total de Neoprene} = T(\text{mm}) = n \times t + 5\text{mm} \leq \frac{a}{5}$$

n = número de camadas de Neoprene

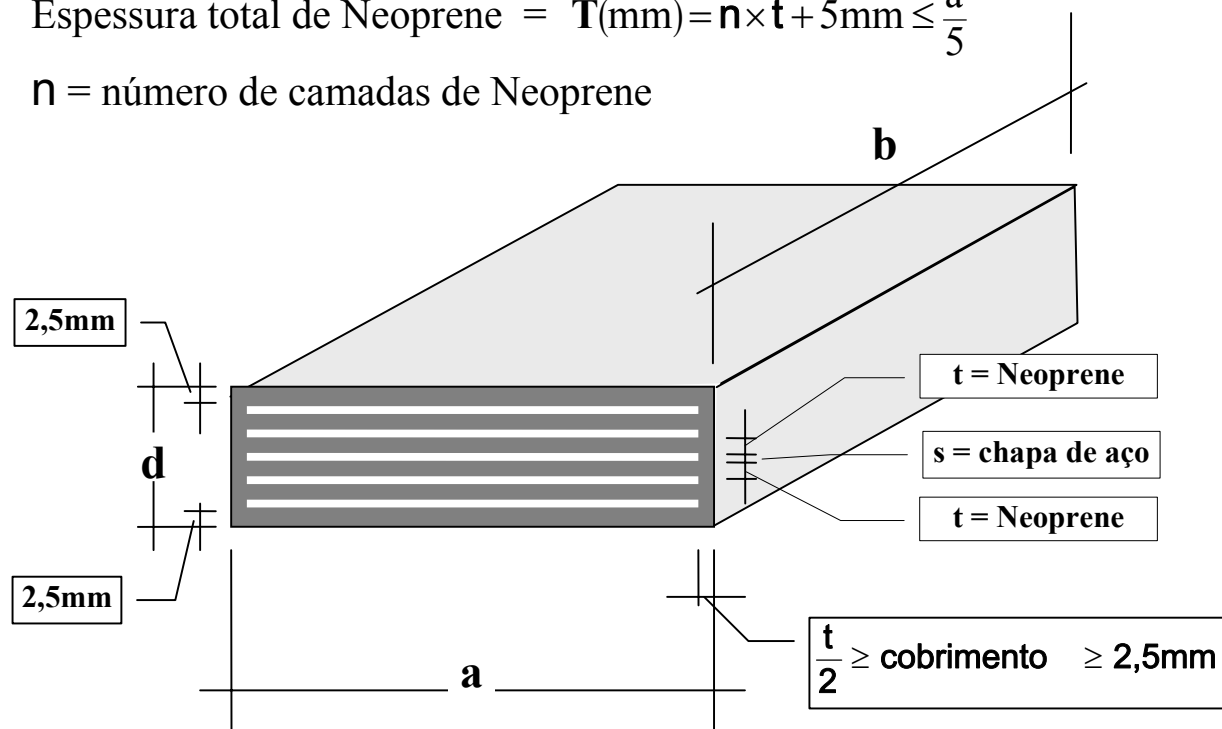


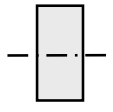
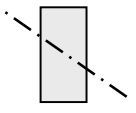




Tabela da norma alemã DIN 4141-14

Lados a , b  a mm	σ_{adm} MPa	V adm. kN	t Neoprene mm	s Aço mm	Número de camadas de Neoprene (n)		α admissível por camada de Neoprene (‰)		
					Aparelho baixo se $T < 0,2a$	Aparelho alto se $0,2a < T < 0,3a$	$\alpha(b)$ 	$\alpha(a)$ 	α 
100-100	10	100	5	2	1 a 3	4 a 5	4,0	4,0	5,6
100-150	10	150	5	2	1 a 3	4 a 5	4,0	3,0	5,0
150-200	10	300	5	2	2 a 5	6 a 8	3,0	3,0	4,2
200-250	12,5	625	8	3	2 a 4	5 a 7	3,0	2,5	4,0
200-300	12,5	750	8	3	2 a 4	5 a 7	3,0	2,0	3,5
200-400	12,5	1000	8	3	2 a 4	5 a 7	3,0	1,2	3,0
250-400	12,5	1250	8	3	3 a 5	6 a 8	2,5	1,2	2,6
300-400	15	1800	8	3	3 a 7	8 a 10	2,0	1,2	2,2
350-450	15	2362	11	4	3 a 6	7 a 9	2,5	2,0	3,2
400-500	15	3000	11	4	3 a 7	8 a 10	2,0	1,5	2,5
450-600	15	4050	11	4	3 a 8	9 a 11	2,0	1,2	2,2
500-600	15	4500	11	4	3 a 9	10 a 13	2,0	1,2	2,2
600-700	15	6300	15	5	3 a 8	9 a 11	2,0	1,5	2,5
700-800	15	8400	15	5	3 a 9	10 a 13	2,0	1,2	2,3
800-800	15	9600	18	5	3 a 8	9 a 13	2,0	2,0	2,8
900-900	15	12150	18	5	3 a 9	10 a 14	1,5	1,5	2,1



$$\text{Espessura total do Neoprene} = T(\text{mm}) = n \times t + 5\text{mm} \leq \frac{a}{5}$$

$$\text{Espessura total do aparelho de apoio} = d(\text{mm}) = n \times t + (n+1) \times s + 5\text{mm}$$

Determinação da espessura total do Neoprene T (mm)

$$\tan \gamma_a = \frac{\delta(a)}{T} + \frac{H(a)}{G \times A}$$

$$\tan \gamma_b = \frac{\delta(b)}{T} + \frac{H(b)}{G \times A}$$

$$\sqrt{\tan^2 \gamma_a + \tan^2 \gamma_b} \leq 0,70$$

Ei = módulo de elasticidade equivalente (ideal) ao Neoprene fretado

Basler Witta :

Compressão:

$$E_{\text{ideal}} = \frac{E}{3k^2} \quad \text{com } k = \frac{t}{b} \times \frac{d}{a}$$

Para um aparelho de apoio com:

$$b = 25\text{cm} ; a = 40\text{cm} , t = 0,8\text{cm}$$

$$k = \frac{t}{b} \times \frac{d}{a} = \frac{0,8\text{cm}}{25\text{cm}} \times \frac{\sqrt{(25\text{cm})^2 + (40\text{cm})^2}}{40\text{cm}} = \frac{0,8\text{cm}}{25\text{cm}} \times \frac{47,2\text{cm}}{40\text{cm}} = 0,038$$



$$E_{\text{ideal}} = \frac{E}{3k^2} = \frac{30 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)}{3 \times (0,038)^2} = 6930 \text{kgf/cm}^2 \gg \gg E_{\text{Neoprene isolado}} = 30 \text{kgf/cm}^2$$

O Neoprene fretado é muito mais rígido que o material Neoprene isolado.

DIN 4141-14

Compressão:

$$E_i \text{ compressão} = \left[0,3299 - 0,194 \times (a/b) \right] \times 3 \times G \times \left(\frac{a}{t} \right)^2$$

$$E_i \text{ compressão} = \left[0,3299 - 0,194 \times \left(\frac{25}{40} \right) \right] \times 3 \times 10 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) \times \left(\frac{25\text{cm}}{0,8\text{cm}} \right)^2 = 6113 \left(\text{kgf/cm}^2 \right)$$

Rotação:

$$E_i \text{ rotação} = \left(0,0668 - 0,0216 \times \left(\frac{a}{b} \right) \right) \times 3 \times G \times \left(\frac{a}{t} \right)^2$$

$$E_i \text{ rotação} = \left[0,0668 - 0,0216 \times \left(\frac{25\text{cm}}{40\text{cm}} \right) \right] \times 3 \times 10 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) \times \left(\frac{25\text{cm}}{0,8\text{cm}} \right)^2 = 1561 \left(\text{kgf/cm}^2 \right)$$



Exemplos de catálogo dos fabricantes **GUMBA , SPEBA, SBT** – segundo a norma Alemão DIN 4141-14
Aparelhos de apoio de Elastomero Fretado

a	b	Carga admissível / σ admissível / σ mínimo V / $\sigma_{adm}/\sigma_{min}$	Módulo equi- valente Na compres- são Ei	Número de camadas n	Espessura da camada de Neoprene t	Deslocamento horizontal Admissível δh	Altura total d	Espessura total de neoprene T	Rotação total admissível		
									Arc.		
mm	mm	kN /MPa/MPa	N/mm ²		mm	mm	mm	mm			
200	250	630/12,6/3,0	315	2	8	14,7	30	21	0,006	0,005	0,008
200	300	750/12,5/3,0	355	3	8	20,3	41	29	0,009	0,008	0,012
				4	8	25,9	52	37	0,012	0,010	0,016
				5	8	30,4	63	45	0,015	0,013	0,020
				6	8	33,7	74	53	0,018	0,015	0,024
				7	8	36,3	85	61	0,021	0,018	0,028
200	400	1000/12,5/3,0	430	2	8	14,7	30	21	0,006	0,002	0,006
				3	8	20,3	41	29	0,009	0,003	0,009
				4	8	25,9	52	37	0,012	0,005	0,012
				5	8	30,4	63	45	0,015	0,006	0,015
				6	8	33,7	74	53	0,018	0,008	0,018
				7	8	36,3	85	61	0,021	0,009	0,021



Aparelhos de apoio de Neoprene fretado - 1ª parte

Notas de
aula

Prof.. Eduardo C. S.
Thomaz

pág.
6/13

a	b	Carga admissível / tensão admissível / Tensão mínima V / $\sigma_{adm}/\sigma_{min}$	Módulo equi- valente na compres- são Ei	Número de camadas n	Espessura da camada de Neoprene t	Deslocamento horizontal Admissível δ_h	Altura total d	Espessura total de Neoprene T	Rotação total admissível Arc.		
mm	mm	kN /MPa/MPa	N/mm ²	Unid.	mm	mm	mm	mm			
250	400	1250 /12,5/3,0	610	1	8	9,1	19	13	0,003	0001	0,003
				2	8	14,7	30	21	0,005	0,002	0,005
				3	8	20,3	41	29	0,008	0,004	0,008
				4	8	25,9	52	37	0,010	0,005	0,010
				5	8	31,5	63	45	0,013	0,006	0,013
				6	8	36,5	74	53	0,015	0,007	0,016
				7	8	40,0	85	61	0,018	0,009	0,018
				8	8	43,1	96	69	0,020	0,010	0,021
300	400	1800/15,0/5,0	630	2	8	14,7	30	21	0,004	0,001	0,004
				3	8	20,3	41	29	0,006	0,002	0,007
				4	8	25,9	52	37	0,008	0,004	0,009
				5	8	31,5	63	45	0,010	0,005	0,011
				6	8	37,1	74	53	0,012	0,006	0,013
				7	8	42,5	85	61	0,014	0,007	0,015
				8	8	46,2	96	69	0,016	0,008	0,018
				9	8	49,5	107	77	0,018	0,010	0,020
				10	8	52,4	118	85	0,020	0,011	0,022

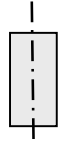
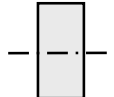
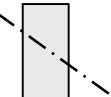


Aparelhos de apoio de Neoprene fretado - 1ª parte

Notas de
aula

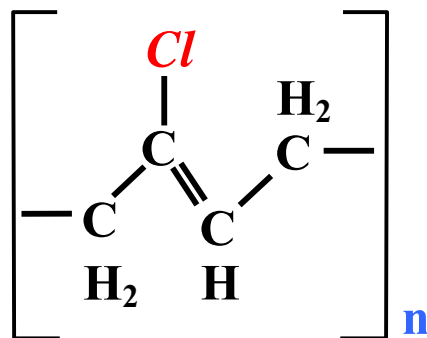
Prof.. Eduardo C. S.
Thomaz

pág.
7/13

a	b	Carga admissível / σ admissível / σ mínimo V / $\sigma_{adm}/\sigma_{min}$	Módulo equivalente na compres- são Ei	Número de camadas n	Espessur a da camada de Neopren e t	Deslocament o horizontal Admissível δh	Altura total d	Espessura total de neoprene T	Rotação total admissível		
									Arc.		
mm	mm	kN /MPa /MPa	N/mm2		mm	mm	mm	mm			
350	450	2360/15/5,0	520	2	11	18,9	39	27	0,005	0,004	0,006
				3	11	26,6	54	38	0,008	0,006	0,010
				4	11	34,3	69	49	0,010	0,008	0,013
				5	11	42,0	84	60	0,013	0,010	0,016
				6	11	49,5	99	71	0,015	0,012	0,019
				7	11	54,6	114	82	0,018	0,014	0,022
				8	11	59,0	129	93	0,020	0,016	0,026
				9	11	62,7	144	104	0,023	0,018	0,029
400	500	3000/15/5,0	670	2	11	18,9	39	27	0,004	0,003	0,005
				3	11	26,6	54	38	0,006	0,005	0,008
				4	11	34,3	69	49	0,008	0,006	0,010
				5	11	42,0	84	60	0,010	0,008	0,013
				6	11	49,7	99	71	0,012	0,009	0,015
				7	11	57,0	114	82	0,014	0,011	0,018
				8	11	62,1	129	93	0,016	0,012	0,020
				9	11	66,6	144	104	0,018	0,014	0,022
				10	11	70,4	159	115	0,020	0,015	0,025



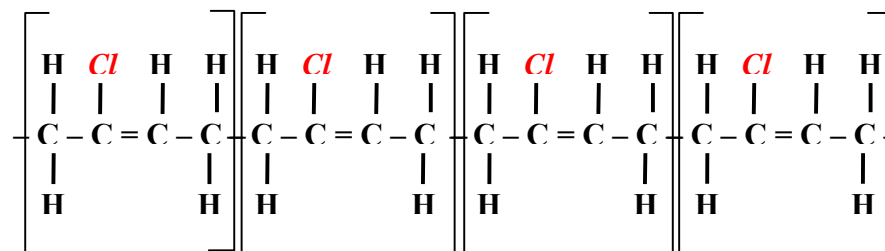
Elastomero de poli-cloropreno – Estrutura molecular



CR = Chloroprene Rubber
Monômero básico

Polimerização

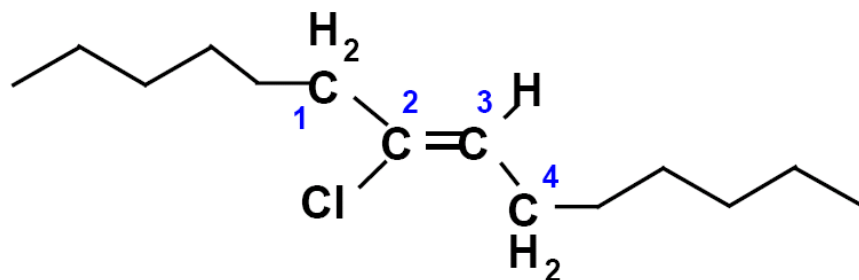
A ligação dos monômeros gera o polímero abaixo.



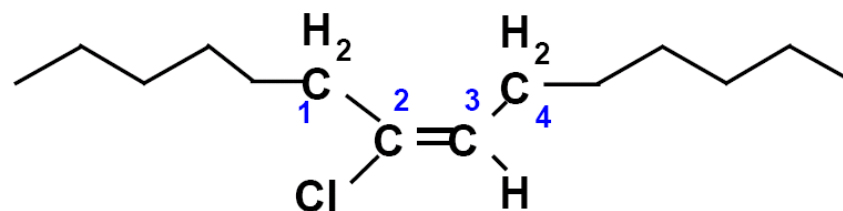
Policloropreno = Neoprene



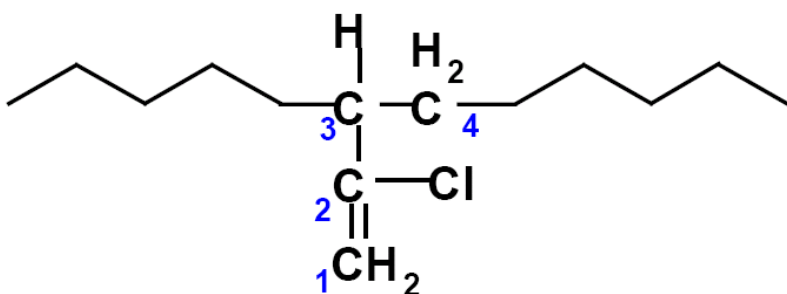
Tipos de cadeias moleculares obtidas a partir do monômero CR básico.



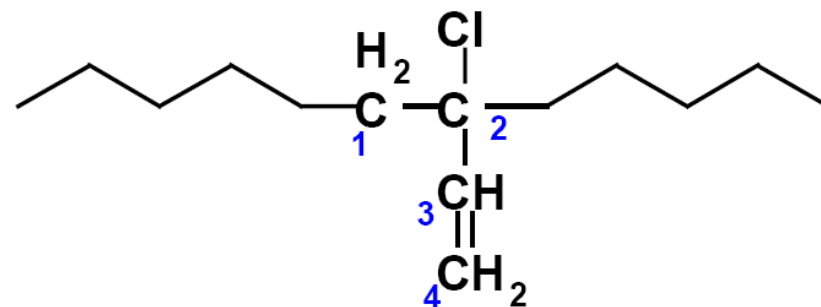
1,4-trans



1,4-cis



3,4

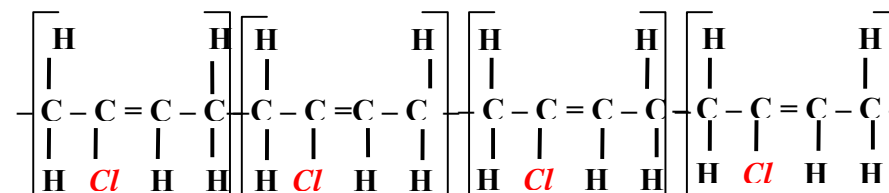
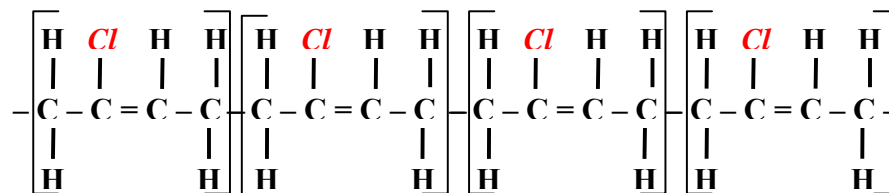


1,2

O polímero tipo 1,4-trans predomina em 90% dos polímeros



O Neoprene usado nos aparelhos de apoio é o poli-cloropreno vulcanizado a quente.



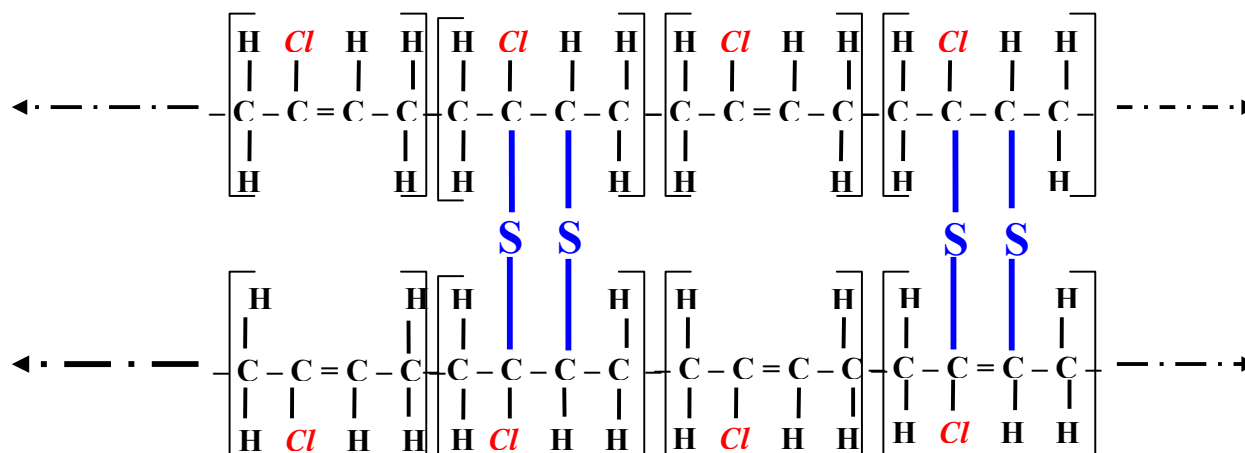
Poli-cloropreno antes da Vulcanização

- **Vulcanização** é a adição de Enxofre “S” a elevadas temperaturas.
- Formam-se algumas ligações transversais entre os polímeros, como mostrado na figura da próxima página.
- A resistência mecânica aumenta, através dessas ligações transversais, chamadas de “**Cross Linking**”.
- A reação de vulcanização é irreversível.



Segundo William D. Callister, Jr , Materials Science and Engineering –Introduction
4th edition –Wiley -1997 :

- **Após a vulcanização**, com ligações transversais feitas pelo enxofre “S”, a estrutura molecular tem o aspecto abaixo.
- As ligações transversais não necessitam ser muito numerosas.
- O teor de enxofre varia entre 1% a 5% do peso da borracha.



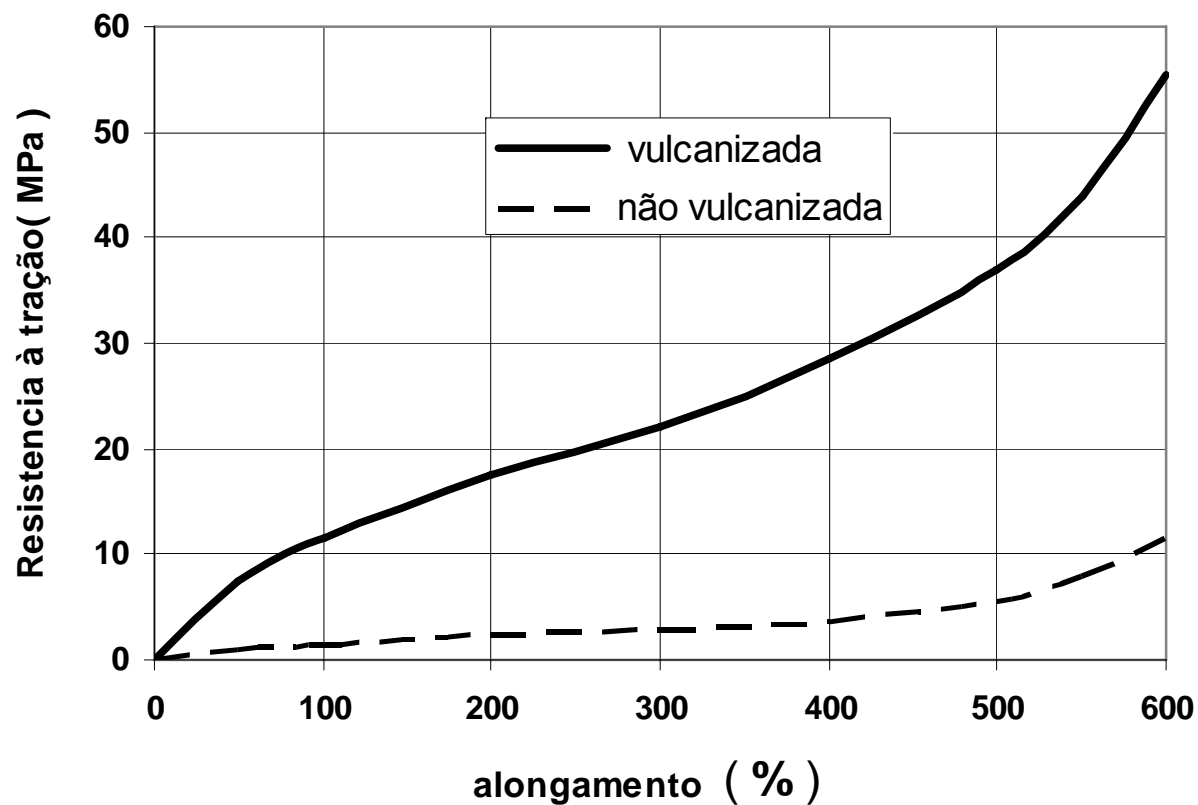
Poli-cloroprene vulcanizado = Neoprene
(esquemático)



Com a vulcanização o Neoprene ganha resistência .

William D. Callister, Jr , Materials Science and Engineering – Introduction
4th edition –Wiley -1997

Borracha natural vulcanizada





Aparelhos de apoio de Neoprene fretado - 1ª parte

Notas de
aula

Prof.. Eduardo C. S.
Thomaz

pág.
13/13

A durabilidade do Neoprene é boa, como se pode ver na tabela abaixo de autoria de William D. Callister, Jr , em “Materials Science and Engineering –Introduction” - 4th edition –Wiley -1997

Ambiente	Resistência à degradação em diversos ambientes
Envelhecimento pela luz do sol	boa
Envelhecimento ao ar livre	boa
Oxidação	excelente
Fissuração por Ozônio	excelente
Álcali diluído	excelente
Álcali concentrado	excelente
Acido diluído	excelente
Acido concentrado	excelente
Hidrocarbonetos clorados, Desengordurantes	usar com cuidado
Hidrocarbonetos alifáticos , Querosene, etc	regular
Óleos animais	boa
Óleos vegetais	boa

Segundo K. Rahlwes e R. Maurer, ver Beton Kalender 1995, alguns materiais prejudicam a durabilidade do Neoprene, a saber: Benzol, Laca , Nafta, Óleo SAE-10 , Terebentina, e Toluol.