

As **Molas Prato** são arruelas cônicas projetadas para proporcionar resultados previsíveis e repetíveis. Este informativo concentra-se no uso de Molas Prato e como estimar o tempo de fadiga em situações dinâmicas.

Ao discutir o tempo de fadiga, é importante fazer a distinção entre as Molas Prato e as Arruelas Elásticas Cônicas.

As Molas Prato diferem das Arruelas Elásticas Cônicas no projeto e no uso pretendido. As Arruelas Elásticas Cônicas são projetadas para fornecer uma carga de empuxo estática em juntas aparafusadas e não devem ser usadas em aplicações de fadiga. As Arruelas Elásticas Cônicas são especificadas pela DIN 6796.

As Molas Prato podem ser usadas para aplicar cargas estáticas ou dinâmicas e são especificadas pela DIN EN 16983 (anteriormente DIN 2093). Normalmente, as Molas Prato têm uma seção transversal mais fina do que as Arruelas Elásticas Cônicas. Alguma variação no tamanho é permitida, mas os cálculos só se aplicam a aços para molas e quando a proporção do diâmetro externo para espessura está entre 16 e 40 e a proporção do diâmetro externo para o diâmetro interno está entre 1,8 e 2,5.

A deflexão de uma Mola Prato em uma determinada carga é previsível, tornando possível calcular os níveis de força e tensão no Prato. Conforme a Mola Prato flexiona, os níveis de tensão no prato mudam; quanto maior a mudança, mais rápido a Mola Prato fadiga.

A tensão de tração nos pontos II e III na *Figura 1* é crítica para determinar o tempo de fadiga. Esses locais são onde se originam as rachaduras por fadiga. A estimativa do tempo de fadiga requer a avaliação da diferença de tensão máxima entre a pré-carga e a carga final nos pontos II e III. O local com o maior diferencial de tensão é usado para estimar o tempo de fadiga. Uma vez determinados quais valores de tensão serão usados (do ponto II ou ponto III), podem ser usadas as tabelas de tempo de fadiga encontradas em DIN EN 16983 para estimar o tempo de fadiga da Mola Prato.

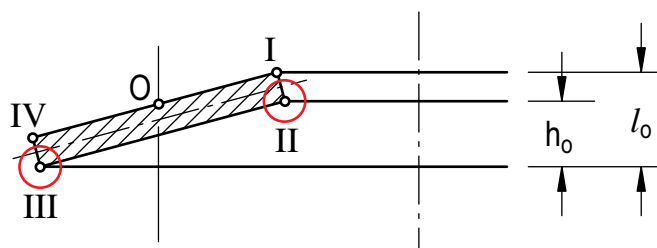


Figura 1: Pontos Críticos de Tensão em uma Mola Prato

Os valores de tensão podem ser encontrados no catálogo de produtos Mola Prato, DIN EN 16983 ou calculados usando as fórmulas encontradas em DIN EN 16984. Os gráficos do tempo de fadiga são fornecidos em três faixas de espessura: <1,25 mm; entre 1,25 mm e 6 mm e entre 6 mm e 14 mm.

Os exemplos a seguir explicam como interpretar os gráficos de tempo de fadiga.



Exemplo 1:

Estimativa do tempo de fadiga de uma Mola Prato DIN EN 16983 Série B Grupo 2, DSC 50 x 25,4 x 2 com uma pré-carga de 15% de sua altura inicial com uma posição final de 75% de sua altura inicial.

DIN Série	Dimensões						Forças deflexões e tensões de projeto baseados em valores de E = 206 kMPa e μ = 0,3														
							Preload s = 0,15 h ₀					s = 0,75 h ₀					s = h ₀				
	D _e	D _i	t	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	F	σ _{0M}		
C	50,0	25,4	1,25	2,85	1,60	1,28	0,24	2,61	565	-11	254	1,20	1,65	1550	312	1035	1,60	1646	-1006		
	50,0	25,4	1,50	3,10	1,60	1,07	0,24	2,86	808	32	276	1,20	1,90	2512	528	1145	1,60	2844	-1207		
B	50,0	25,4	2,00	3,40	1,40	0,70	0,21	3,19	1226	128	264	1,05	2,35	4762	923	1140	1,40	5898	-1408		
	50,0	25,4	2,25	3,75	1,50	0,67	0,23	3,53	1821	165	312	1,13	2,63	7217	1147	1353	1,50	8997	-1697		
	50,0	25,4	2,50	3,90	1,40	0,56	0,21	3,69	2154	204	302	1,05	2,85	9063	1301	1332	1,40	11519	-1760		
A	50,0	25,4	3,00	4,10	1,10	0,37	0,17	3,94	2594	249	249	0,83	3,27	11976	1418	1135	1,10	15640	-1659		

Figura 2: Trecho da Tabela de Especificações no Catálogo de Molas Prato da SPIROL

Using the specification chart (shown in *Figure 2*), Stress II Usando o gráfico de especificações (mostrado em *Figura 2*), a Tensão II (σ_{II}) a 15% é de 128 N/mm² e a Tensão III (σ_{III}) é de 264 N/mm². A Tensão II (σ_{II}) a 75% é de 923 N/mm² e a Tensão III (σ_{III}) é de 1.140 N/mm². Segue agora o cálculo das diferenças entre as tensões em cada local.

$$923 \text{ N/mm}^2 - 128 \text{ N/mm}^2 = 795 \text{ N/mm}^2$$

Tensão II at 75% Tensão II at 15%

$$1,140 \text{ N/mm}^2 - 264 \text{ N/mm}^2 = 876 \text{ N/mm}^2$$

Tensão III at 75% Tensão III at 15%

Como visto no cálculo acima, o diferencial máximo na tensão ocorre no ponto III, portanto, usaremos os valores de tensão do ponto III e os gráficos de tempo de fadiga para estimar o tempo de fadiga da Mola Prato.

A intersecção de uma linha vertical desenhada no eixo X representando a tensão mínima no ponto III e uma linha horizontal desenhada no eixo Y representando a tensão máxima no ponto III é o tempo de fadiga estimado. Nesse exemplo e usando a *Figura 3*, a linha no eixo X é desenhada em 264 N/mm², e a linha no eixo Y é desenhada em 1.140 N/mm². A intersecção ocorre ligeiramente acima da linha "ciclo 100.000", representada por N = 105 na *Figura 3*. Isso representa um tempo de fadiga estimado de pouco menos de 100 mil ciclos.

Exemplo 2:

Estimativa do tempo de fadiga da mesma Mola Prato DIN EN 16983 Série B Grupo 2, DSC 50 x 25,4 x 2 com uma pré-carga de 25% de sua altura inicial com uma posição final de 50% de sua altura inicial.

DIN Série	Dimensões						Forças deflexões e tensões de projeto baseados em valores de E = 206 kMPa e μ = 0,3														
							s = 0,25 h ₀					s = 0,5 h ₀					s = h ₀				
	D _e	D _i	t	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	F	σ _{0M}		
C	50,0	25,4	1,25	2,85	1,60	1,28	0,40	2,45	854	2	410	0,80	2,05	1328	106	755	1,60	1646	-1006		
	50,0	25,4	1,50	3,10	1,60	1,07	0,40	2,70	1242	74	447	0,80	2,30	2028	250	828	1,60	2844	-1207		
B	50,0	25,4	2,00	3,40	1,40	0,70	0,35	3,05	1949	230	430	0,70	2,70	3491	537	810	1,40	5898	-1408		
	50,0	25,4	2,25	3,75	1,50	0,67	0,38	3,38	2905	292	508	0,75	3,00	5249	675	959	1,50	8997	-1697		
	50,0	25,4	2,50	3,90	1,40	0,56	0,35	3,55	3473	355	494	0,70	3,20	6437	789	938	1,40	11519	-1760		
A	50,0	25,4	3,00	4,10	1,10	0,37	0,28	3,83	4255	424	409	0,55	3,55	8214	897	787	1,10	15640	-1659		

Figura 4: Trecho da Tabela de Especificações no Catálogo de Molas Prato da SPIROL

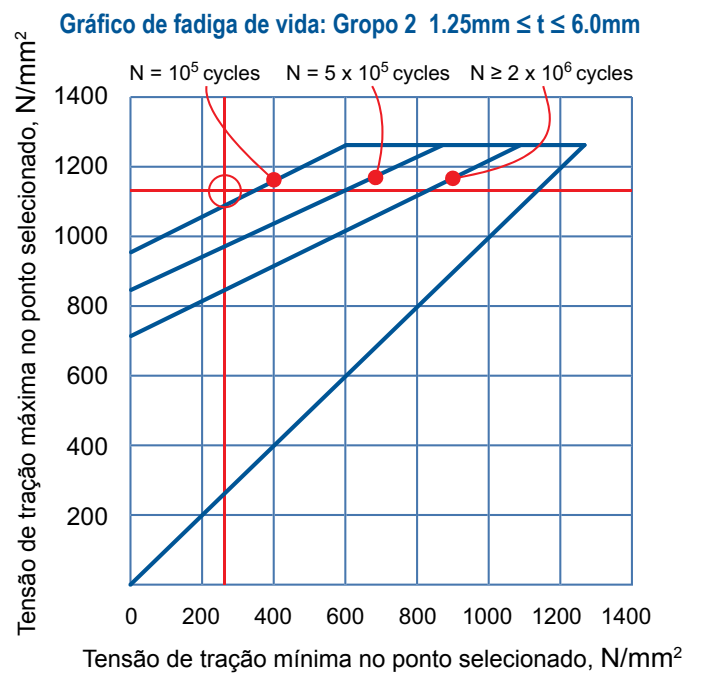


Figura 3: Tempo de Fadiga Estimado para Mola Prato DSC 50 x 25,4 x 2 no Exemplo 1

Centros Técnicos

Américas

SPIROL Brasil

Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134
Comercial Vitória Martini, Distrito Industrial
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP, Brasil
Tel. +55 19 3936 2701
Fax. +55 19 3936 7121

SPIROL EUA

30 Rock Avenue
Danielson, Connecticut 06239 EUA
Tel. +1 (1) 860 774 8571
Fax. +1 (1) 860 774 2048

SPIROL Divisão de Calços

321 Remington Road
Stow, Ohio 44224 EUA
Tel. +1 (1) 330 920 3655
Fax. +1 (1) 330 920 3659

SPIROL Canadá

3103 St. Etienne Boulevard
Windsor, Ontario N8W 5B1 Canadá
Tel. +1 (1) 519 974 3334
Fax. +1 (1) 519 974 6550

SPIROL México

Avenida Avante #250
Parque Industrial Avante Apodaca
Apodaca, N.L. 66607 Mexico
Tel. +52 (01) 81 8385 4390
Fax. +52 (01) 81 8385 4391

Europa

SPIROL França

Cité de l'Automobile ZAC Croix Blandin
18 Rue Léna Bernstein
51100 Reims, França
Tel. +33 (0) 3 26 36 31 42
Fax. +33 (0) 3 26 09 19 76

SPIROL Reino Unido

17 Princewood Road
Corby, Northants
NN17 4ET Reino Unido
Tel. +44 (0) 1536 444800
Fax. +44 (0) 1536 203415

SPIROL Alemanha

Ottostr. 4
80333 Munich, Alemanha
Tel. +49 (0) 89 4 111 905 71
Fax. +49 (0) 89 4 111 905 72

SPIROL Espanha

08940 Cornellà de Llobregat
Barcelona, Espanha
Tel. +34 93 669 31 78
Fax. +34 93 193 25 43

SPIROL República Tcheca

Sokola Tůmy 743/16
Ostrava-Mariánské Hory 70900
República Tcheca
Tel. +420 417 537 979

SPIROL Polônia

Aleja 3 Maja 12
00-391 Warszawa, Polônia
Tel. +48 510 039 345

Ásia-Pacífico

SPIROL Ásia

1st Floor, Building 22, Plot D9, District D
No. 122 HeDan Road
Wai Gao Qiao Free Trade Zone
Xangai, China 200131
Tel. +86 (0) 21 5046 1451
Fax. +86 (0) 21 5046 1540

SPIROL Coreia

160-5 Seokchon-Dong
Songpa-gu, Seoul, 138-844, Coreia
Tel. +86 (0) 21 5046-1451
Fax. +86 (0) 21 5046-1540

e-mail: info-br@spirol.com

SPIROL.com.br

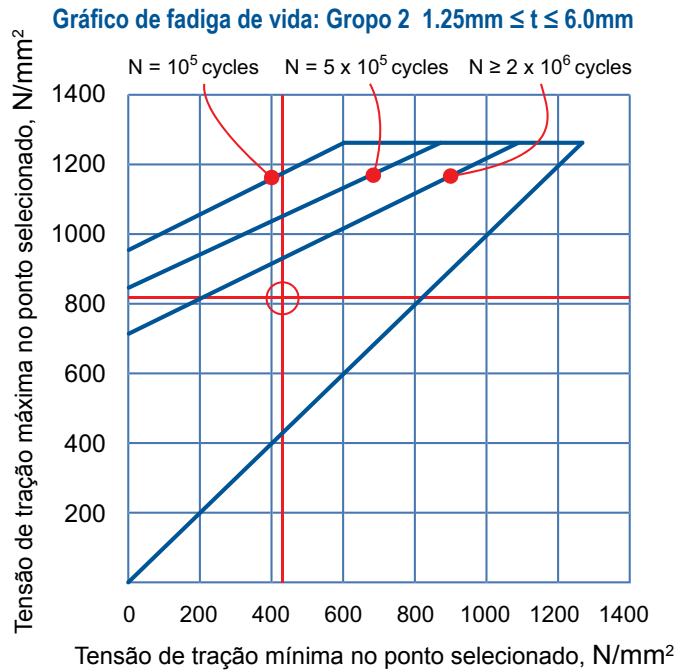


Figura 5: Tempo de Fadiga Estimado para Mola Prato
DSC 50 x 25,4 x 2 no Exemplo 2

O diferencial máximo na tensão ocorre novamente no ponto III. Tendo o gráfico de tempo de fadiga na Figura 5 como referência, traçando 430 N/mm² no eixo X e 810 N/mm² no eixo Y, a interseção das linhas ocorre ligeiramente abaixo da linha do ciclo 2 milhões; portanto, o tempo de fadiga estimado é de mais de 2 milhões de ciclos.

Esses exemplos destacam como uma redução na deflexão resulta em um aumento do tempo de fadiga.

Os gráficos baseiam-se em testes de laboratório realizados em pratos únicos em temperatura ambiente. O ensaio é feito com uma frequência que não resulta em acúmulo de calor. Os pratos de teste são lubrificados e testados em bigornas polidas; o tempo de fadiga real provavelmente será diferente dos valores estimados nos gráficos. Esses gráficos são válidos para pratos únicos e pilhas de no máximo dez (10) Molas Prato em série. As Molas Prato empilhadas em paralelo terão um tempo de fadiga reduzido devido ao aumento de calor resultante do atrito.

Resumo:

A faixa de deflexão da Mola Prato determina o tempo de fadiga. O aumento da carga final aumenta a tensão na Mola Prato, resultando em menor tempo de fadiga. O aumento da pré-carga reduz a deflexão, resultando em maior tempo de fadiga. As diretrizes fornecidas neste documento são de natureza geral. É necessário realizar ensaios sob condições reais para verificar as estimativas de fadiga.

