

白皮书

碟形弹簧是一种锥形垫圈，性能可预见、可重现。本文着重讨论了碟形弹簧的使用及动态条件下疲劳寿命的估算方法。

讨论疲劳寿命时，重要的是区分碟形弹簧和锥形弹性垫圈。

碟形弹簧与锥形弹性垫圈设计和预期用途均不相同。锥形弹性垫圈用于在螺栓接头中提供静推力载荷，不应用于疲劳场合。DIN 6796有锥形弹性垫圈相关规定。

碟形弹簧既可用于静载荷，也可用于动载荷，DIN EN 16983 (原DIN 2093)有碟形弹簧相关规定。通常，碟形弹簧横截面比锥形弹性垫圈薄。尺寸的些许变化是允许的，但计算方法仅适用于弹簧钢，且外径厚度比在16~40之间、外径内径比在1.8~2.5之间时才可进行计算。

指定载荷下，碟形弹簧的变形量可以预见，所以可以计算碟形弹簧的力和应力水平。碟形弹簧屈曲时，应力出现变化；变化越大，疲劳越快。

图1中II点和III点的抗拉应力对于确定疲劳寿命十分关键。疲劳裂纹从这两个位置开始。估算疲劳寿命需要估算II点和III点预载荷和最终载荷间的最大应力差。根据应力差最大的位置，估算疲劳寿命。确定了将要使用的应力值（位置II或III的应力值），就可以使用DIN EN 16983的疲劳寿命图表估算碟形弹簧的疲劳寿命。

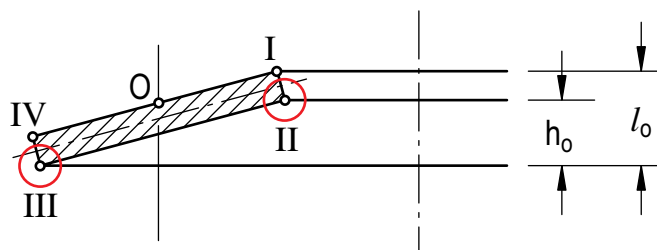


图1：碟形弹簧临界应力点

应力值可以查阅碟形弹簧产品目录、DIN EN 16983，也可以使用DIN EN 16984的公式计算。疲劳寿命图表分三个厚度范围：<1.25mm；1.25mm~6mm；6mm~14mm。

下面的示例说明了如何解释疲劳寿命图表。



例1：

估算DIN EN 16983 B系列2组预载荷为15%初始高度、最终位置为75%初始高度的DSC 50x25.4x2碟形弹簧的疲劳寿命。

| DIN 系列 | 尺寸 | | | | | | 基于 $E = 206 \text{ kMPa}$ 和 $\mu = 0.3$ 设计受力、变形和应力 | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|------|-------|-------|---------|--|-------|-------|---------------|----------------|---------------|-------|--------|---------------|----------------|-----------|--------|----------|--|--|
| | | | | | | | $s = 0.25 h_0$ | | | | | $s = 0.5 h_0$ | | | | | $s = h_0$ | | | | |
| | 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 | s_{OM} | | |
| C | 50.0 | 25.4 | 1.25 | 2.85 | 1.60 | 1.28 | 0.24 | 2.61 | 565 | -11 | 254 | 1.20 | 1.65 | 1,550 | 312 | 1,035 | 1.60 | 1,646 | -1,006 | | |
| | 50.0 | 25.4 | 1.50 | 3.10 | 1.60 | 1.07 | 0.24 | 2.86 | 808 | 32 | 276 | 1.20 | 1.90 | 2,512 | 528 | 1,145 | 1.60 | 2,844 | -1,207 | | |
| B | 50.0 | 25.4 | 2.00 | 3.40 | 1.40 | 0.70 | 0.21 | 3.19 | 1,226 | 128 | 264 | 1.05 | 2.35 | 4,762 | 923 | 1,140 | 1.40 | 5,898 | -1,408 | | |
| | 50.0 | 25.4 | 2.25 | 3.75 | 1.50 | 0.67 | 0.23 | 3.53 | 1,821 | 165 | 312 | 1.13 | 2.63 | 7,217 | 1,147 | 1,353 | 1.50 | 8,997 | -1,697 | | |
| | 50.0 | 25.4 | 2.50 | 3.90 | 1.40 | 0.56 | 0.21 | 3.69 | 2,154 | 204 | 302 | 1.05 | 2.85 | 9,063 | 1,301 | 1,332 | 1.40 | 11,519 | -1,760 | | |
| A | 50.0 | 25.4 | 3.00 | 4.10 | 1.10 | 0.37 | 0.17 | 3.94 | 2,594 | 249 | 249 | 0.83 | 3.27 | 11,976 | 1,418 | 1,135 | 1.10 | 15,640 | -1,659 | | |

图2：摘自SPIROL碟形弹簧目录规格图表

根据规格图表（见图2），15%时应力II (σ_{II}) 为128N/mm²，应力III (σ_{III}) 为264 N/mm²。75%时应力II (σ_{II}) 为923N/mm²，应力III (σ_{III}) 为1,140N/mm²。现在计算各位置的应力差。

$$\begin{aligned}
 &923 \text{ N/mm}^2 - 128 \text{ N/mm}^2 = 795 \text{ N/mm}^2 \\
 &75\% \text{ 时应力II} \quad \quad \quad 15\% \text{ 时应力II} \\
 \\
 &1,140 \text{ N/mm}^2 - 264 \text{ N/mm}^2 = 876 \text{ N/mm}^2 \\
 &75\% \text{ 时应力III} \quad \quad \quad 15\% \text{ 时应力III}
 \end{aligned}$$

根据上述计算，位置III应力差最大，因此我们使用位置III的应力值和疲劳寿命图表计算碟形弹簧的疲劳寿命。

在代表最小应力的X轴上位置III处所作垂直线与代表最大应力的Y轴上位置III处所作水平线的交点为预期疲劳寿命。本例使用图3，X轴在264 N/mm²处作直线，Y轴在1,140 N/mm²处作直线。交点略高于图3中用N=105表示的“100,000循环”线。这表示预期疲劳寿命略短于100,000次循环。

组2 1.25mm ≤ t ≤ 6.0mm

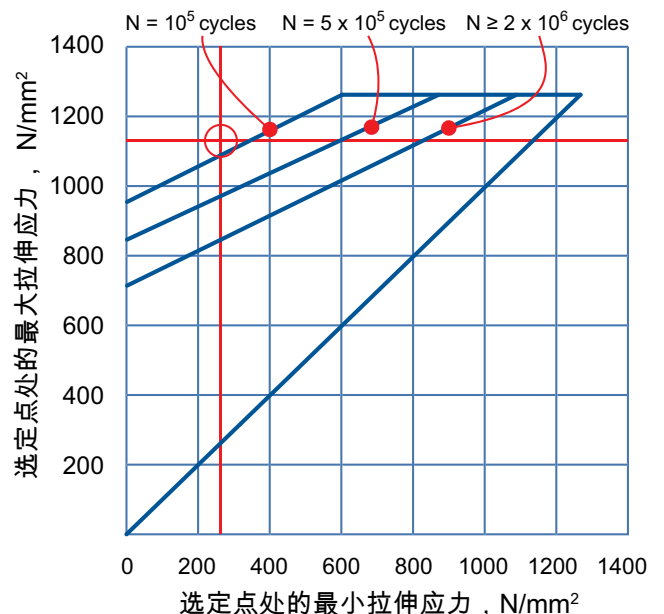


图3：例1中50x25.4x2碟形弹簧的预期疲劳寿命

例2：

估算DIN EN 16983 B系列2组预载荷为25%初始高度、最终位置为50%初始高度的DSC 50x25.4x2碟形弹簧的疲劳寿命。

| DIN 系列 | 尺寸 | | | | | | 基于 $E = 206 \text{ kMPa}$ 和 $\mu = 0.3$ 设计受力、变形和应力 | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|------|-------|-------|---------|--|-------|-------|---------------|----------------|---------------|-------|-------|---------------|----------------|-----------|--------|----------|--|--|
| | | | | | | | $s = 0.25 h_0$ | | | | | $s = 0.5 h_0$ | | | | | $s = h_0$ | | | | |
| | 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 | s_{OM} | | |
| C | 50.0 | 25.4 | 1.25 | 2.85 | 1.60 | 1.28 | 0.40 | 2.45 | 854 | 2 | 410 | 0.80 | 2.05 | 1,328 | 106 | 755 | 1.60 | 1,646 | -1,006 | | |
| | 50.0 | 25.4 | 1.50 | 3.10 | 1.60 | 1.07 | 0.40 | 2.70 | 1,242 | 74 | 447 | 0.80 | 2.30 | 2,028 | 250 | 828 | 1.60 | 2,844 | -1,207 | | |
| B | 50.0 | 25.4 | 2.00 | 3.40 | 1.40 | 0.70 | 0.35 | 3.05 | 1,949 | 230 | 430 | 0.70 | 2.70 | 3,491 | 537 | 810 | 1.40 | 5,898 | -1,408 | | |
| | 50.0 | 25.4 | 2.25 | 3.75 | 1.50 | 0.67 | 0.38 | 3.38 | 2,905 | 292 | 508 | 0.75 | 3.00 | 5,249 | 675 | 959 | 1.50 | 8,997 | -1,697 | | |
| | 50.0 | 25.4 | 2.50 | 3.90 | 1.40 | 0.56 | 0.35 | 3.55 | 3,473 | 355 | 494 | 0.70 | 3.20 | 6,437 | 789 | 938 | 1.40 | 11,519 | -1,760 | | |
| A | 50.0 | 25.4 | 3.00 | 4.10 | 1.10 | 0.37 | 0.28 | 3.83 | 4,255 | 424 | 409 | 0.55 | 3.55 | 8,214 | 897 | 787 | 1.10 | 15,640 | -1,659 | | |

图4：摘自SPIROL碟形弹簧目录规格图表

组2 $1.25\text{mm} \leq t \leq 6.0\text{mm}$

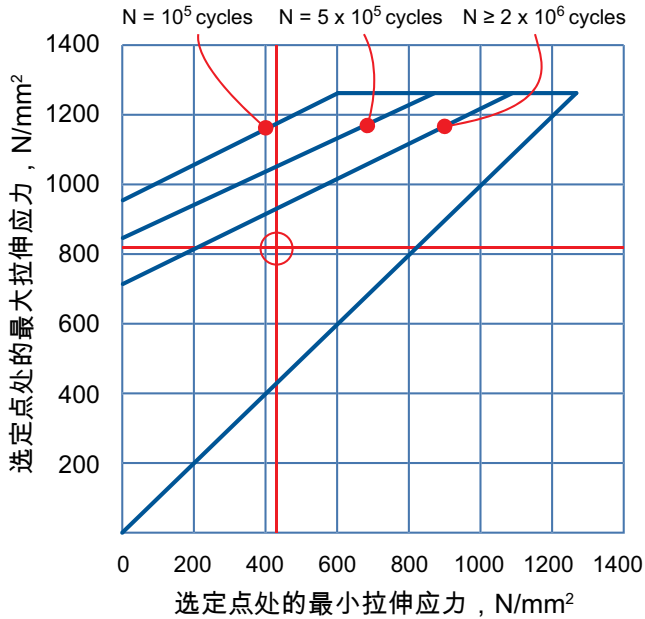


图5：例2中50x25.4x2碟形弹簧的预期疲劳寿命

位置III处再次出现最大应力差。参考图5疲劳寿命图表，在X轴上作430N/mm²，Y轴上作810N/mm²，两条直线交点略低于2,000,000循环线，因此预期疲劳寿命超过2,000,000次循环。

以上示例突显出，变形量减少如何造成疲劳寿命延长。

寿命图表基于室温下对单片碟形弹簧开展的实验室试验。试验频率以不会导致生热为限。试验碟形弹簧在抛光铁砧上进行润滑和试验；实际疲劳寿命可能不同于疲劳寿命图的估算值。这些图表适合单片碟形弹簧和最多（10）片碟形弹簧的堆叠碟形弹簧。由于摩擦生热，堆叠碟形弹簧疲劳寿命缩短。

总结：

碟形弹簧的变形范围决定了疲劳寿命。加大最终载荷，则碟形弹簧应力增大，疲劳寿命缩短。加大预载荷，变形量减少，疲劳寿命延长。本文规定的准则为概括性的准则。实际条件下有必要进行试验，验证疲劳寿命预期值。



技术中心

亚太地区

SPIROL Asia Headquarters
史派洛亚洲总部
中国上海市,外高桥保税区
荷丹路122号 D区D9地块1层
邮编 200131
电话：+86 (0) 21 5046-1451
传真：+86 (0) 21 5046-1540

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

欧洲

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

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

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

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

SPIROL Czech Republic
Pražská1847
Slaný 274 01
Czech Republic
Tel. +420 313 562 283

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

北美洲

SPIROL International Corporation
30 Rock Avenue
Danielson, Connecticut 06239 U.S.A.
Tel. +1 (1) 860.774.8571
Fax. +1 (1) 860.774.2048

SPIROL Shim Division
321 Remington Road
Stow, Ohio 44224 U.S.A.
Tel. +1 (1) 330.920.3655
Fax. +1 (1) 330.920.3659

SPIROL Canada
3103 St. Etienne Boulevard
Windsor, Ontario N8W 5B1 Canada
Tel. +1 (1) 519.974.3334
Fax. +1 (1) 519.974.6550

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

南美洲

SPIROL Brazil
Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134
Comercial Vitória Martini, Distrito Industrial
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP, Brazil
Tel. +55 (0) 19 3936 2701
Fax. +55 (0) 19 3936 7121

电子邮件：info-cn@SPIROL.com

SPIROL.cn