

■关于推杆・推管的强度计算

熔融状树脂填充到型腔内部时会对推杆、推管产生压缩负载。

细长的部件受到压缩负载时会发生弯曲现象，推杆的中部在受到压缩负载时会发生弯曲，有时会折损。为防止弯曲，建议选用预先进行强度计算，选择合适的形状。

(1) 压曲负载P [kgf] 的计算：

推杆的压曲强度计算通常利用欧拉公式。

$$P = n \pi^2 AE \left(\frac{K}{L} \right)^2$$

(2) 压缩负载P₁ [kgf] 的计算：

压缩负载是指熔融状树脂在填充，保压时施加到推杆上的负载。

$$P_1 = p \times A$$

n：支承条件常数

直杆时 n=4
台阶时 n=2.05

A：截面积 [mm²]

圆截面 $\frac{\pi}{4} d^2$

环形截面 $\frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2)$

E：纵向弹性模量 21000 [kgf/mm²]

K：截面惯性半径 $K = \sqrt{I/A}$ [mm]

圆截面 K=d/4

环形截面 $K = \sqrt{d^2 + d_1^2 / 16}$

I：截面惯性矩 [mm⁴]

圆截面 $I = \frac{\pi d^4}{64}$

环形截面 $I = \frac{\pi}{64} (d^4 - d_1^4)$

p：型腔内压强 [kgf/mm²]

(3) 安全率的计算：

$$S = \frac{P}{P_1}$$

《安全率值的考虑》：安全率(S)会受到以下各种因素的影响。

- 负载估算的不正确 · 材料强度的不统一 · 热处理的影响
 - 切口效果 · 精工加工面的粗糙度 · 使用中的磨损或腐蚀
 - 受热膨胀或收缩 · 疲劳 · 冲击 · 成形产品顶出时的脱模阻力等
- 具体情况请各公司根据经验值预先定好公司内部的设计标准，以这些标准来判断计算结果是否合适。

■推杆的强度计算范例

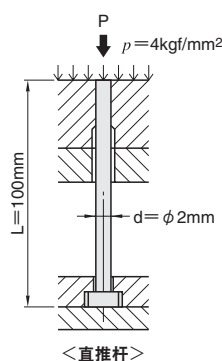
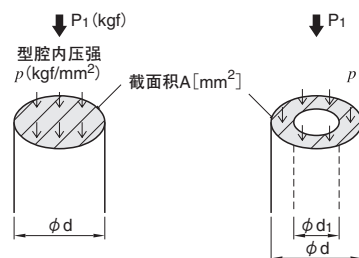
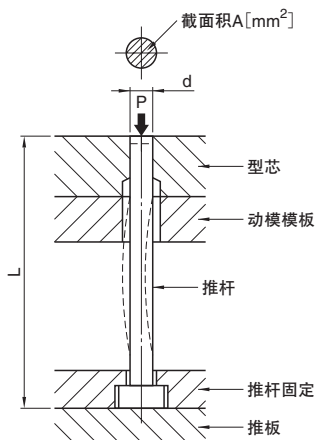
例1：直推杆

计算直径(d)=φ2mm、全长(L)=100mm的直推杆受到型腔内压强p=4kgf/mm²时的抗压曲强度。

$$\begin{aligned} (1) \text{ 由欧拉公式: } P &= n \pi^2 AE \left(\frac{K}{L} \right)^2 \\ &= 4 \times \pi^2 \times \frac{\pi \times 2^2}{4} \times 21000 \times \left(\frac{2/4}{100} \right)^2 \\ &\approx 65 \text{ (kgf)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) \text{ 推杆受到的压缩负载 } P_1 \text{ 为: } P_1 &= p \times A \\ &= p \times \frac{\pi d^2}{4} \\ &= 4 \times \frac{\pi \times 2^2}{4} \\ &\approx 12.6 \text{ (kgf)} \end{aligned}$$

$$(3) \text{ 因此安全率 (S) 为: } S = \frac{P}{P_1} = \frac{65}{12.6} \approx 5.2。$$



例2：台阶推杆

计算前端直径(d)=φ1.2mm、全长(L)=100mm、前端长度(ℓ)=40mm的台阶推杆受到p=4kgf/mm²型腔内压强时的抗压曲强度。

(A) 前端部的压曲强度计算

$$\begin{aligned} (1) \text{ 由欧拉公式: } P &= n \pi^2 AE \left(\frac{K}{L} \right)^2 \\ &= 2.05 \times \pi^2 \times \frac{\pi \times 1.2^2}{4} \times 21000 \times \left(\frac{1.2/4}{40} \right)^2 \\ &= 27.0 \text{ (kgf)} \end{aligned}$$

(2) 推杆受到的压缩负载P₁为：

$$\begin{aligned} P_1 &= p \times A \\ &= p \times \frac{\pi d^2}{4} \\ &= 4 \times \frac{\pi \times 1.2^2}{4} \\ &= 4.5 \text{ (kgf)} \end{aligned}$$

(3) 因此安全率(S)为：

$$S = \frac{P}{P_1} = \frac{27.0}{4.5} \approx 6.0。$$

(B) 杆部的压曲强度计算

台阶推杆的强度计算非常复杂，假设按前端直径φd、全长为L的直杆来计算。那么：

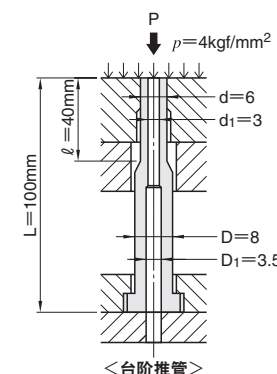
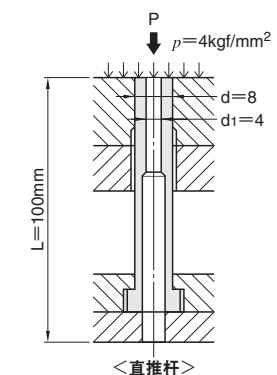
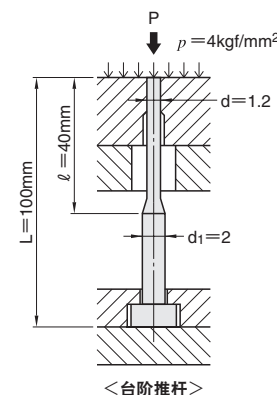
$$\begin{aligned} (1) \text{ 由欧拉公式: } P &= n \pi^2 AE \left(\frac{K}{L} \right)^2 \\ &= 4 \times \pi^2 \times \frac{\pi \times 1.2^2}{4} \times 21000 \times \left(\frac{1.2/4}{100} \right)^2 \\ &= 8.42 \text{ (kgf)} \end{aligned}$$

(2) 推杆受到的压缩负载P₁为：

$$\begin{aligned} P_1 &= p \times A \\ &= p \times \frac{\pi d^2}{4} \\ &= 4 \times \frac{\pi \times 1.2^2}{4} \\ &= 4.52 \text{ (kgf)} \end{aligned}$$

(3) 因此安全率(S)为：

$$S = \frac{P}{P_1} = \frac{8.42}{4.52} \approx 1.9。$$



■推管的强度计算范例

例3：直推管

计算左图中直推管受到p=4kgf/mm²型腔内压强时的抗压曲强度。

$$\begin{aligned} (1) \text{ 由欧拉公式: } P &= n \pi^2 AE \left(\frac{K}{L} \right)^2 \quad * K = \sqrt{\frac{d^2 + d_1^2}{16}} \\ &= 4 \times \pi^2 \times \frac{\pi (8^2 - 4^2)}{4} \times 21000 \times \left(\frac{\sqrt{(8^2 + 4^2)/16}}{100} \right)^2 \\ &= 15600 \text{ (kgf)} \end{aligned}$$

(2) 直推管受到的压缩负载P₁为：

$$\begin{aligned} P_1 &= p \times A \\ &= p \times \frac{\pi (d^2 - d_1^2)}{4} \\ &= 4 \times \frac{\pi \times (8^2 - 4^2)}{4} \\ &= 151 \text{ (kgf)} \end{aligned}$$

(3) 因此安全率(S)为：

$$S = \frac{P}{P_1} = \frac{15600}{151} \approx 103。$$

例4：台阶推管

计算前端直径(d)=φ6mm、孔径(d₁)=φ3mm、全长(L)=100mm、前端部长度(ℓ)=40mm、杆部直径(D)=φ3mm、避让孔径(D₁)=φ3.5mm的台阶推管受到p=4kgf/mm²型腔内压强时的抗压曲强度。

(A) 前端部的压曲强度计算

$$\begin{aligned} (1) \text{ 由欧拉公式: } P &= n \pi^2 AE \left(\frac{K}{L} \right)^2 \quad * K = \sqrt{\frac{(d^2 + d_1^2)}{16}} \\ &= 2.05 \times \pi^2 \times \frac{\pi (6^2 - 3^2)}{4} \times 21000 \times \left(\frac{\sqrt{(6^2 + 3^2)/16}}{40} \right)^2 \\ &= 15810 \text{ (kgf)} \end{aligned}$$

(2) 台阶推管受到的压缩负载P₁为：

$$\begin{aligned} P_1 &= p \times A \\ &= p \times \frac{\pi (d^2 - d_1^2)}{4} \\ &= 4 \times \frac{\pi \times (6^2 - 3^2)}{4} \\ &= 84.8 \text{ (kgf)} \end{aligned}$$

(3) 因此安全率(S)为：

$$S = \frac{P}{P_1} = \frac{15810}{84.8} \approx 186。$$

(B) 杆部的压曲强度计算

台阶推管的强度计算非常复杂，假设按前端外径、内孔径为d、d₁的直推管来计算。那么：

$$\begin{aligned} (1) \text{ 由欧拉公式: } P &= n \pi^2 AE \left(\frac{K}{L} \right)^2 \\ &= 4 \times \pi^2 \times \frac{\pi (6^2 - 3^2)}{4} \times 21000 \times \left(\frac{\sqrt{(6^2 + 3^2)/16}}{100} \right)^2 \\ &= 4940 \text{ (kgf)} \end{aligned}$$

(2) 推杆受到的压缩负载P₁为：

$$\begin{aligned} P_1 &= p \times A \\ &= p \times \frac{\pi (d^2 - d_1^2)}{4} \\ &= 4 \times \frac{\pi \times (6^2 - 3^2)}{4} \\ &= 84.7 \text{ (kgf)} \end{aligned}$$

(3) 因此安全率(S)为：

$$S = \frac{P}{P_1} = \frac{4940}{84.7} \approx 58.3。$$