

# [Technische Daten]

## Festigkeit von Schrauben, Verschlusschrauben und Zylinderstiften

### Festigkeit einer Schraube

1) Schraube bei Zuglast

$$P = \sigma_t \times A_s \dots (1)$$

$$= \pi d^2 \sigma_t / 4 \dots (2)$$

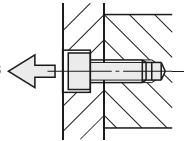
Pt : Zuglast in axialer Richtung [N]  
 ob : Fließspannung der Schraube [N/mm<sup>2</sup>]  
 $\sigma_t$  : Zulässige Spannung der Schraube [N/mm<sup>2</sup>]  
 ( $\sigma_t = \sigma_b$  / Sicherheitsfaktor)  
 Bei : Effektive Querschnittsfläche der Schraube [mm<sup>2</sup>]  
 Bei =  $\pi d^2 / 4$   
 d : Effektiver Durchmesser der Schraube (Kern-Ø) [mm]

(Bsp.) Die korrekte Größe einer Zylinderschraube mit Innensechskant, die einer wiederholten Zuglast (pulsierend) bei P=1960N (200 kgf) ausgesetzt ist, soll bestimmt werden. (Zylinderschrauben mit Innensechskant vom Typ SCM435, 38 bis 43 HRC, Festigkeitsklasse 12.9).

(1) Gleichung anwenden

$$\begin{aligned} \text{Wenn} &= P_t / \sigma_t \\ &= 1960 / 219.6 \\ &= 8.9 \text{ [mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

Wenn der resultierende Wert höher ist als das Ergebnis der Gleichung in der Spalte der nutzbaren effektiven Querschnittsfläche in der Tabelle rechts, sollte M5, 14.2 [mm<sup>2</sup>] gewählt werden.



M6 mit einer zulässigen Last von 2087N (213 kgf) wird aus der Spalte für Festigkeitsklasse 12.9 gewählt, wenn die Ermüdungsfestigkeit berücksichtigt wird.

2) Wenn die Schraube, z. B. eine Passschraube, einer Zuglast ausgesetzt ist, wird die richtige Größe aus der Spalte der Ermüdungsfestigkeit gewählt. (Bei einer Last von 1960N (200kgf), Passschraube aus SCM435, 33 bis 38 HRC, Festigkeitsklasse 10.9)

Wenn der Wert in der Spalte der Festigkeitsklasse 10.9 in der Tabelle rechts höher als die zulässige Last von 1960N (200 kgf) ist, ist M8, 3116[N] {318[kgf]} auszuwählen. Daher ist MSB10 mit M8-Gewinde und einem axialen Durchmesser von 10 mm auszuwählen.

Wenn Scherlasten auftreten, ist auch ein Zylinderstift zu verwenden.

### Festigkeit der Verschlusschraube

Wenn an der Verschlusschraube MSW30 Stoßlasten auftreten, ist die zulässige Last P zu bestimmen.

(Der Werkstoff von MSW30 ist S45C, 34 bis 43 HRC, Zugfestigkeit  $\sigma_t$  637N/mm<sup>2</sup> {65kgf/mm<sup>2</sup>}.)

Wenn MSW an einem Punkt innerhalb des Kerndurchmessers Querschnitts abgesichert wird und bricht, kann die zulässige Last P wie unten dargestellt berechnet.

Zulässige Last  $P = \tau \times A$

$$= 3.9 \times 107.4$$

$$= 40812 \text{ [N]} \{ 4164 \text{ [kgf]} \}$$

Ermitteln Sie die zulässige Scherkraft am Kerndurchmesser des Innengewindes, wenn die Gewindebohrung aus einem weichen Werkstoff ist.

$$\begin{aligned} \text{Fläche } A &= \text{Kern-Ø } d_1 \times \pi \times L \\ & \quad (\text{Kern-Ø } d_1 \approx M - P) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= (M - P) \pi L = (30 - 1.5) \pi \times 12 \\ &= 1074 \text{ [mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fließspannung} &= 0.9 \times \text{Zugfestigkeit } \sigma_b = 0.9 \times 637 = 573 \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ \text{Scherspannung} &= 0.8 \times \text{Fließspannung} \\ &= 459 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Zulässige Scherspannung } \tau &= \text{Scherspannung} / \text{Sicherheitsfaktor } 12 \\ &= 459 / 12 = 38 \text{ [N/mm}^2\text{]} \{ 3.9 \text{ [kgf/mm}^2\text{]} \} \end{aligned}$$

### Festigkeit von Zylinderstiften

Die korrekte Größe eines Zylinderstifts unter wiederkehrender Scherlast von 7840N (800 kgf) (pulsierend) ist wie folgt zu bestimmen. (Der Werkstoff des Zylinderstifts ist SUJ2. Härte 58HRC-)

$$P = A \times \tau$$

$$= \pi D^2 \tau / 4$$

$$D = \sqrt{(4P) / (\pi \tau)}$$

$$= \sqrt{(4 \times 7840) / (3.14 \times 188)}$$

$$\approx 7.3$$

∴ D8 oder größer ist für MS auszuwählen.

Wenn die Zylinderstifte ungefähr von gleicher Größe sind, kann die Anzahl der erforderlichen Werkzeuge und zusätzlichen Stifte reduziert werden.

$$\begin{aligned} \text{Fließspannung für SUJ2 } \sigma_b &= 1176 \text{ [N/mm}^2\text{]} \{ 120 \text{ [kgf/mm}^2\text{]} \} \\ \text{Zulässige Scherspannung } \tau &= \sigma_b \times 0.8 / \text{Sicherheitsfaktor } \alpha \\ &= 1176 \times 0.8 / 5 \\ &= 188 \text{ [N/mm}^2\text{]} \{ 19.2 \text{ [kgf/mm}^2\text{]} \} \end{aligned}$$

### Sicherheitsfaktor $\alpha$ auf der Basis der Zugfestigkeit

Werkstoffe	Statische Last	Wiederholte Last		Schlagfestigkeit
		Pulsierend	vertauscht	
Stahl	3	5	8	12
Gusseisen	4	6	10	15
Kupfer, weiches Metall	5	5	9	15

Referenzfestigkeit: Fließspannung für duktilen Werkstoff  
 Bruchspannung für zerbrechlichen Werkstoff

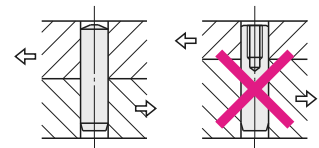
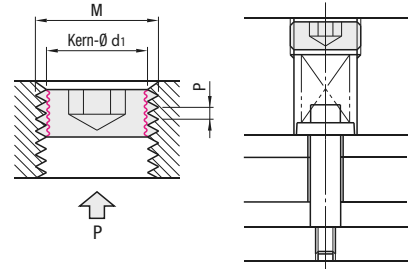
$$\text{Referenzspannung} = \frac{\text{Zulässige Spannung}}{\text{Sicherheitsfaktor}}$$

Die Fließspannung, Festigkeitsklasse 12.9, beträgt  $\sigma_b = 1098$  [N/mm<sup>2</sup>] {112[kgf/mm<sup>2</sup>]}.  
 Zulässige Spannung  $\sigma_t = \sigma_b$  / Sicherheitsfaktor (aus der Tabelle oben, Sicherheitsfaktor 5)  
 $= 1098 / 5$   
 $= 219.6$  [N/mm<sup>2</sup>] {22.4[kgf/mm<sup>2</sup>]}

### Ermüdungsfestigkeit der Schraube (Gewinde: Ermüdungsfestigkeit ist 2 Millionen Mal)

Nenngröße des Gewindes	Effektive Querschnittsfläche $A_s$ mm <sup>2</sup>	Festigkeitsklasse			
		12.9		10.9	
		Ermüdungsfestigkeit N/mm <sup>2</sup> {kgf/mm <sup>2</sup> }	Zulässige Last N {kgf}	Ermüdungsfestigkeit N/mm <sup>2</sup> {kgf/mm <sup>2</sup> }	Zulässige Last N {kgf}
M 4	8.78	128 { 13.1 }	1117 { 114 }	89 { 9.1 }	774 { 79 }
M 5	14.2	111 { 11.3 }	1568 { 160 }	76 { 7.8 }	1088 { 111 }
M 6	20.1	104 { 10.6 }	2087 { 213 }	73 { 7.4 }	1460 { 149 }
M 8	36.6	87 { 8.9 }	3195 { 326 }	85 { 8.7 }	3116 { 318 }
M10	58	73 { 7.4 }	4204 { 429 }	72 { 7.3 }	4145 { 423 }
M12	84.3	66 { 6.7 }	5537 { 565 }	64 { 6.5 }	5370 { 548 }
M14	115	60 { 6.1 }	6880 { 702 }	59 { 6 }	6762 { 690 }
M16	157	57 { 5.8 }	8928 { 911 }	56 { 5.7 }	8771 { 895 }
M20	245	51 { 5.2 }	12485 { 1274 }	50 { 5.1 }	12250 { 1250 }
M24	353	46 { 4.7 }	16258 { 1659 }	46 { 4.7 }	16258 { 1659 }

Ermüdungsfestigkeit\* ist eine Überarbeitung eines Auszugs aus „Geschätzte Ermüdungsfestigkeiten kleiner Schrauben, Schrauben und metrischer Schrauben für Muttern“ (Yamamoto).



Der Zylinderstift darf nicht belastet werden.

Hier werden die typischen Festigkeitsberechnungen dargestellt. In der Praxis sind noch weitere Bedingungen zu berücksichtigen, wie Steigungspräzision der Löcher, Rechtwinkligkeit der Löcher, Oberflächenrauheit, Rundheit, Werkstoff der Platte, Parallelität, gehärtet oder nicht gehärtet, Präzision des Drucks, Produkt-Output, Verschleiß der Werkzeuge. Daher sind die Werte in diesen Beispielen zwar typisch, können aber nicht garantiert werden.