

[Technische Daten]

Korrekte axiale Anzugskraft und korrektes Anzugsmoment

■ Axiale Anzugskraft für Schraube und Ermüdungsgrenze

- Die korrekte axiale Anzugskraft für eine Schraube sollte innerhalb eines elastischen Bereichs von bis zu 70% der Nennstreckgrenze bei Verwendung des Drehmomentverfahrens liegen.
- Die Ermüdungsfestigkeit einer Schraube unter wiederholter Last sollte die spezifische Toleranz nicht übersteigen.
- Achten Sie darauf, dass es durch den Sitz der Schrauben bzw. Muttern zu nicht zu einer Delle in der Kontaktfläche kommt.
- Achten Sie darauf, dass das angezogene Teil nicht durch das Anziehen bricht.

Eine Schraube wird über Drehmoment, Neigungsmoment, Drehwinkel, Dehnmessung und andere Verfahren angezogen. Das Drehmomentverfahren wird am häufigsten angewendet, da es einfach und bequem ist.

■ Berechnung der axialen Anzugskraft und des Anzugsmoments

Die Beziehung zwischen axialer Anzugskraft und Ff wird durch die Gleichung (1) unten dargestellt:

$$F_f = 0.7 \times \sigma_y \times A_s \dots (1)$$

Das Anzugsmoment T_{IA} kann mit der folgenden Formel (2) berechnet werden.

$$T_{IA} = 0.35k(1 + 1/Q) \sigma_y \cdot A_s \cdot d \dots (2)$$

k : Drehmomentkoeffizient

d : Nenn-Ø der Schraube [cm]

Q : Anzugskoeffizient

σ_y : Zugfestigkeit (Wenn die Festigkeitsklasse 12.9 beträgt, ist diese 112kgf/mm²)

A_s : Effektive Querschnittsfläche der Schraube [mm²]

■ Berechnungsbeispiel

Korrektes Moment und korrekte Axialkraft für Teile aus unlegiertem Stahl, die mit einer Innensechskantschraube M6 angezogen werden (Festigkeitsklasse 12.9), und die mit Öl geschmiert sind, können folgendermaßen berechnet werden.

· Berechnung des korrekten Moments mit Gleichung (2)

$$\begin{aligned} T_{IA} &= 0.35k(1 + 1/Q) \sigma_y \cdot A_s \cdot d \\ &= 0.35 \times 0.17(1 + 1/1.4) 1098 \times 20.1 \times 0.6 \\ &= 1351 \text{ [N} \cdot \text{cm]} [138 \text{ [kgf} \cdot \text{cm]}] \end{aligned}$$

· Axialkraft F_f, mit Gleichung (1)

$$\begin{aligned} F_f &= 0.7 \times \sigma_y \cdot A_s \\ &= 0.7 \times 1098 \times 20.1 \\ &= 15449 \text{ [N]} [1576 \text{ [kgf]}] \end{aligned}$$

■ Oberflächenbehandlung für Schraube und Drehmomentkoeffizient hängen von der Kombination des Werkstoffs für die zu befestigende Fläche und vom Werkstoff des Innengewindes ab.

Schraubenoberflächenbehandlung Schmierung	Drehmomentkoeffizient k	Kombination von Werkstoffen für die zu befestigende Fläche und Werkstoff des Innengewindes (a) (b)
Stahlschraube Brüniert Folie, Ölschmierung	0.145	SCM-FC FC-FC SUS-FC
	0.155	S10C-FC SCM-S10C SCM-SCM FC-S10C FC-SCM
	0.165	SCM-SUS FC-SUS AL-FC SUS-S10C SUS-SCM SUS-SUS
	0.175	S10C-S10C S10C-SCM S10C-SUS AL-S10C AL-SCM
	0.185	SCM-AL FC-AL AL-SUS
Stahlschraube Brüniert Folie, nicht geschmiert	0.195	S10C-AL SUS-AL
	0.215	AL-AL
	0.25	S10C-FC SCM-FC FC-FC
	0.35	S10C-SCM SCM-SCM FC-S10C FC-SCM AL-FC
	0.45	S10C-S10C SCM-S10C AL-S10C AL-SCM
	0.55	SCM-AL FC-AL AL-AL

S10C: Unleg. Stahl, unbehandelt; SCM: wärmebehandelter Stahl (35HRC) FC: Gusseisen (FC200) AL: Aluminium SUS: Edelstahl

■ Anzugskraft und Anzugsmoment

Nenngroße des Gewin-des	Effektiv-Querschnitts-fläche A _s mm ²	Festigkeitsklasse								
		Fließlast N {kgf}	12.9		Fließlast N {kgf}	10.9		Fließlast N {kgf}	8.8	
			Anzugskraft N {kgf}	Anzugsmoment N · cm {kgf · cm}		Anzugskraft N {kgf}	Anzugsmoment N · cm {kgf · cm}		Anzugskraft N {kgf}	Anzugsmoment N · cm {kgf · cm}
M 3×0.5	5.03	5517 { 563 }	3861 { 394 }	167 { 17 }	4724 { 482 }	3312 { 338 }	147 { 15 }	3214 { 328 }	2254 { 230 }	98 { 10 }
M 4×0.7	8.78	9633 { 983 }	6742 { 688 }	392 { 40 }	8252 { 842 }	5772 { 589 }	333 { 34 }	5615 { 573 }	3930 { 401 }	225 { 23 }
M 5×0.8	14.2	15582 { 1590 }	10907 { 1113 }	794 { 81 }	13348 { 1362 }	9339 { 953 }	676 { 69 }	9085 { 927 }	6360 { 649 }	461 { 47 }
M 6×1	20.1	22060 { 2251 }	15445 { 1576 }	1352 { 138 }	18894 { 1928 }	13220 { 1349 }	1156 { 118 }	12867 { 1313 }	9006 { 919 }	784 { 80 }
M 8×1.25	36.6	40170 { 4099 }	28116 { 2869 }	3273 { 334 }	34398 { 3510 }	24079 { 2457 }	2803 { 286 }	23422 { 2390 }	16395 { 1673 }	1911 { 195 }
M10×1.5	58	63661 { 6496 }	44561 { 4547 }	6497 { 663 }	54508 { 5562 }	38161 { 3894 }	5557 { 567 }	37113 { 3787 }	25980 { 2651 }	3783 { 386 }
M12×1.75	84.3	92532 { 9442 }	64768 { 6609 }	11368 { 1160 }	79223 { 8084 }	55458 { 5659 }	9702 { 990 }	53949 { 5505 }	37759 { 3853 }	6605 { 674 }
M14×2	115	126224 { 12880 }	88357 { 9016 }	18032 { 1840 }	108084 { 11029 }	75656 { 7720 }	15484 { 1580 }	73598 { 7510 }	51519 { 5257 }	10486 { 1070 }
M16×2	157	172323 { 17584 }	117982 { 12039 }	28126 { 2870 }	147549 { 15056 }	103282 { 10539 }	24108 { 2460 }	100470 { 10252 }	70325 { 7176 }	16366 { 1670 }
M18×2.5	192	210739 { 21504 }	147519 { 15053 }	38710 { 3950 }	180447 { 18413 }	126312 { 12889 }	33124 { 3380 }	126636 { 12922 }	88641 { 9045 }	23226 { 2370 }
M20×2.5	245	268912 { 27440 }	188238 { 19208 }	54880 { 5600 }	230261 { 23496 }	161181 { 16447 }	46942 { 4790 }	161592 { 16489 }	113112 { 11542 }	32928 { 3360 }
M22×2.5	303	332573 { 33936 }	232799 { 23755 }	74676 { 7620 }	284768 { 29058 }	199332 { 20340 }	63896 { 6520 }	199842 { 20392 }	139885 { 14274 }	44884 { 4580 }
M24×3	353	387453 { 39536 }	271215 { 27675 }	94864 { 9680 }	331759 { 33853 }	232231 { 23697 }	81242 { 8290 }	232819 { 23757 }	162974 { 16630 }	57036 { 5820 }

(Hinweis) · Klemmzustände: Verwendung eines Drehmomentschlüssels (ölgeschmiert, Drehmomentkoeffizient k=0.17, Anzugskoeffizient Q=1.4)

- Der Drehmomentkoeffizient ändert sich mit den Anwendungsbedingungen. Die Werte in dieser Tabelle sind als grobe Referenzwerte zu verwenden.
- Die Tabelle ist ein Auszug aus einem Katalog von Kyokuto Seisakusho Co., Ltd.

[Technische Daten]

Festigkeit von Schrauben, Verschluss-schrauben 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]
σ_b : Fließspannung der Schraube [N/mm²]
σ_t : Zulässige Spannung der Schraube [N/mm²]
(σ_t=σ_b/Sicherheitsfaktor α)
Bei : Effektive Querschnittsfläche der Schraube [mm²]
Bei=πd²/4
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

$$\text{Wenn} = P_t / \sigma_t$$

$$= 1960 / 219.6$$

$$= 8.9 \text{ [mm}^2\text{]}$$

∴ 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 [mm²] 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 Verschluss-schraube

Wenn an der Verschluss-schraube MSW30 Stoßlasten auftreten, ist die zulässige Last P zu bestimmen. (Der Werkstoff von MSW30 ist S45C, 34 bis 43 HRC, Zugfestigkeit σ_t 637N/mm² (65kgf/mm².)

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

$$\text{Zulässige Last } P = \tau \cdot t \times A$$

$$= 3.9 \times 107.4$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{Fläche } A &= \text{Kern-}\varnothing \cdot d_1 \times \pi \times L \\ &= (\text{Kern-}\varnothing \cdot d_1 \approx M - P) \\ A &= (M - P) \pi L = (30 - 1.5) \pi \times 12 \\ &= 1074 \text{ [mm}^2\text{]} \\ \text{Fließspannung} &= 0.9 \times \text{Zugfestigkeit } \sigma_b = 0.9 \times 637 = 573 \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ \text{Scherspannung} &= 0.8 \times \text{Fließspannung} \\ &= 459 \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ \text{Zulässige Scherspannung } \tau &= \text{Scherspannung} / \text{Sicherheitsfaktor } 12 \\ &= 459 / 12 = 38 \text{ [N/mm}^2\text{]} [3.9 \text{ [kgf/mm}^2\text{]}] \end{aligned}$$

■ 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 α 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

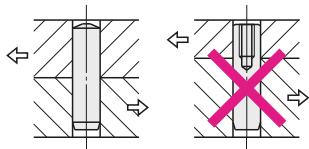
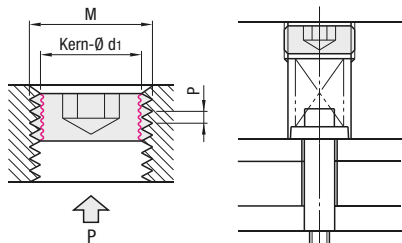
$$\text{Zulässige Spannung} = \frac{\text{Referenzfestigkeit}}{\text{Sicherheitsfaktor } \alpha}$$

Die Fließspannung, Festigkeitsklasse 12.9, beträgt σ_b=1098[N/mm²] (112[kgf/mm²]).
Zulässige Spannung σ_t=σ_b/Sicherheitsfaktor (aus der Tabelle oben, Sicherheitsfaktor 5)
=1098/5
=219.6[N/mm²] (22.4[kgf/mm²])

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

Nenngroße des Gewindes	Effektiv-Querschnittsfläche A _s mm ²	Festigkeitsklasse			
		12.9		10.9	
		Ermüdungsfestigkeit N/mm ² [kgf/mm ²]	Zulässige Last N {kgf}	Ermüdungsfestigkeit N/mm ² [kgf/mm ²]	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.