

[Caractéristiques techniques] Force de serrage axiale des boulons et couple de serrage appropriés

Force de serrage axiale pour les boulons et pour réduire la fatigue

- La force de serrage axiale d'un boulon doit être calculée dans une plage d'élasticité maximale égale au maximum à 70% de la limite d'élasticité nominale lorsque la méthode de serrage est utilisée.
- La résistance à la fatigue d'un boulon soumis à une charge de manière répétitive ne doit pas dépasser la tolérance spécifiée.
- Ne pas laisser le support d'un boulon ou d'un écrou pénétrer dans la zone de contact.
- Ne pas casser la pièce serrée lors du serrage.

Un boulon est serré par couple, couple d'inclinaison, angle de rotation, mesure de l'éirement et autres méthodes. La méthode de serrage est largement utilisée en raison de sa simplicité et de sa commodité.

Calcul de la force de serrage axiale et du couple de serrage

La relation entre la force de serrage axiale et Ff est représentée par l'équation (1) ci-dessous :

$$Ff = 0,7 \times \sigma_y \times A_s \dots (1)$$

Le couple de serrage T_{fA} peut être déterminé à l'aide de la formule suivante (2).

$$T_{fA} = 0,35k(1 + 1/Q) \sigma_y \cdot A_s \cdot d \dots (2)$$

k : Coefficient de couple

d : Diamètre nominal du boulon [cm]

Q : Coefficient de serrage

σ_y : Résistance à la traction (lorsque le niveau de résistance est de 12.9, elle est de 112kgf/mm²)

A_s : Section effective du boulon [mm²]

Exemple de calcul

Il est possible de calculer le couple et la résistance axiale corrects de pièces en acier doux serrées ensemble au moyen d'une vis d'assemblage à tête hexagonale creuse, M6 (niveau de résistance 12.9), les pièces étant lubrifiées avec de l'huile.

Couple correct, en utilisant l'équation (2)

$$T_{fA} = 0,35k(1 + 1/Q) \sigma_y \cdot A_s \cdot d$$

$$= 0,35 \times 0,17(1 + 1/1,4) 1098 \times 20,1 \times 0,6$$

$$= 1 351 [N \cdot cm] [138 [kgf \cdot cm]]$$

Force axiale Ff, en utilisant l'équation (1)

$$Ff = 0,7 \times \sigma_y \times A_s$$

$$= 0,7 \times 1098 \times 20,1$$

$$= 15 449 [N] [1 576 [kgf]]$$

Traitement de surface du boulon et coefficient de couple en fonction de la combinaison de matériaux d'une zone à serrer et du matériau du filetage femelle

Traitement de surface / Lubrification	Coefficient de couple k	Combinaison des matériaux de la zone à fixer et du filetage femelle (a) (b)
Boulon en acier Oxydé noir / Lubrification par film d'huile	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
0.195	S10C-AL SUS-AL	
0.215	AL-AL	
Boulon en acier Oxydé noir / Non lubrifié par film	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 : acier doux non raffiné thermiquement SCM : acier raffiné thermiquement (35HRC) FC : fonte (FC200) AL : aluminium SUS : acier inoxydable

Valeur standard du coefficient de serrage Q

Coefficient de serrage Q	Méthode de serrage	Etat de la surface		Lubrification
		Boulons	Écrous	
1.25	Clé dynamométrique	Phosphate de manganèse		Lubrifié avec de l'huile ou de la pâte MoS2
1.4	Clé dynamométrique	Non traité ou traité avec du phosphate.	Non traité ou traité avec du phosphate.	
	Clé dynamométrique limitée			
1.6	Clé à chocs			
1.8	Clé dynamométrique	Non traité ou traité avec du phosphate.	Aucun traitement	Non lubrifié
	Clé dynamométrique limitée			

Niveau de résistance Ex. 12.9

Résistance à la traction (résistance au formage) : 90% de la valeur minimale de la résistance à la traction

La valeur minimale de la résistance à la traction est de 1 220N/mm² { 124kgf/mm² }

10.9

Résistance à la traction (résistance au formage) : 90% de la valeur minimale de la résistance à la traction

La valeur minimale de la résistance à la traction est de 1 040N/mm² { 106kgf/mm² }

Force de serrage initiale et couple de serrage

Nominal de filetage	Zone de section effective A _s mm ²	Niveau de résistance								
		12.9			10.9			8.8		
		Charge limite d'élasticité N {kgf}	Force de serrage initiale N {kgf}	Couple de serrage N · cm {kgf · cm}	Charge limite d'élasticité N {kgf}	Force de serrage initiale N {kgf}	Couple de serrage N · cm {kgf · cm}	Charge limite d'élasticité N {kgf}	Force de serrage initiale N {kgf}	Couple de serrage 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 { 4098 }	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 }

(Remarque) · Conditions de serrage : utilisation d'une clé dynamométrique (lubrifiée à l'huile, coefficient de couple k=0.17, coefficient de serrage Q=1.4)

- Le coefficient de couple varie en fonction des conditions d'utilisation. Les valeurs figurant dans ce tableau doivent être utilisées comme valeurs de référence.
- Ce tableau est extrait d'un catalogue de Kyokuto Seisakusho Co., Ltd.

[Caractéristiques techniques] Résistance des boulons, des vis d'obturation et des goupilles cylindriques

Résistance du boulon

1) Charge de traction du boulon

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

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

Pt : Charge de traction dans la direction axiale [N]
 σ_b : Limite d'écoulement du boulon [N/mm²]
 σ_t : Limite d'écoulement du boulon [N/mm²]
 ($\sigma_t = \sigma_b / \text{Facteur de sécurité } \alpha$)
 A_s : Section effective du boulon [mm²]
 $A_s = \pi d^2 / 4$
 d : Diam. effectif du boulon (diam. de l'âme) [mm]

(Ex.) La taille adéquate des vis d'assemblage à tête hexagonale creuse, soumises à une charge de traction répétée (pulsée) à P=1960N (200 kgf), doit être déterminée. (Les vis d'assemblage à tête hexagonale creuse sont les suivantes : SCM435, 38 à 43 HRC, niveau de résistance 12.9)

(1) En utilisant l'équation

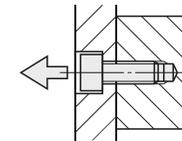
$$A_s = P_t / \sigma_t$$

$$= 1960 / 219,6$$

$$= 8,9 [mm^2]$$

En obtenant une valeur supérieure au résultat de l'équation dans la colonne « Section effective » sur le tableau de droite, M5, 14.2 [mm²], doit être sélectionné.

M6, charge admissible de 2 087N {213 kgf}, doit être sélectionné dans la colonne de niveau de résistance 12.9, en tenant compte de la résistance à la fatigue.



2) Si le boulon, à l'instar d'un boulon foiré, doit supporter une charge dynamique de traction, la taille correcte doit être sélectionnée dans la colonne de résistance à la fatigue. (Sous une charge de 1960N {200kgf}, boulon foiré SCM435, 33 à 38 HRC, niveau de résistance 10.9)

Lorsqu'on trouve une valeur supérieure à la charge admissible de 1 960N {200 kgf} dans la colonne de Niveau de résistance 10.9 dans le tableau de droite, M8, 3116[N] {318[kgf]}, doit être sélectionné.

Par conséquent, MSB10 avec la partie filetée M8 et un diamètre axial de 10mm doit être sélectionné. Si le boulon doit être soumis à une charge de cisaillement, une goupille cylindrique doit également être utilisée.

Résistance du bouchon à vis

Lorsque la vis d'obturation MSW30 doit être soumise à une charge dynamique, la charge admissible P doit être déterminée.

(Les matériaux de MSW30 sont S45C, 34 à 43 HRC, résistance à la traction de σ_t 637N/mm² {65kgf/mm²})

MSW est déposé au niveau de la section du diamètre intérieur et est cassé. La charge admissible P peut être calculée comme indiqué ci-dessous.

$$\text{Charge admissible } P = \tau \times A$$

$$= 3,9 \times 107,4$$

$$= 4 081,2 [N] [4 164 [kgf]]$$

Déterminer la force de cisaillement admissible en fonction du diamètre de l'âme du filetage femelle si un taraud est réalisé dans un matériau souple.

Zone A=diamètre intérieur d₁×π×L
 (Diamètre intérieur d₁=M-P)
 $A = (M - P) \pi L = (30 - 1,5) \pi \times 12$
 $= 1 074 [mm^2]$
 Limite d'écoulement=0,9×résistance à la traction $\sigma_b = 0,9 \times 637 = 573 [N/mm^2]$
 Contrainte de cisaillement=0,8×limite d'écoulement
 $= 459 [N/mm^2]$
 Contrainte de cisaillement admissible $\tau = \text{Contrainte de cisaillement} / \text{Facteur de sécurité } 12$
 $= 459 / 12 = 38 [N/mm^2] [3,9 [kgf/mm^2]]$

Résistance des goupilles cylindriques

La taille appropriée d'une goupille cylindrique sous une charge de cisaillement répétée de 7 840N {800 kgf} (Pulsation)

doit être déterminée comme suit. (Le matériau des goupilles cylindriques est SUJ2. Dureté 58 HRC-)

$$P = A \times \tau$$

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

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

$$= \sqrt{(4 \times 7840) / (3,14 \times 188)}$$

$$= 7,3$$

∴.D8 ou sup. doit être sélectionné pour MS.

Si les goupilles cylindriques sont d'une taille à peu près uniforme, le nombre d'outils et autres goupilles nécessaires peut être réduit.

Limite d'écoulement pour SUJ2 $\sigma_b = 1176 [N/mm^2] [120 [kgf/mm^2]]$
 Résistance au cisaillement admissible $\tau = \sigma_b \times 0,8 / \text{Facteur de sécurité } \alpha$
 $= 1176 \times 0,8 / 5$
 $= 188 [N/mm^2] [19,2 [kgf/mm^2]]$

La goupille cylindrique ne doit pas être chargée.

Facteur de sécurité α de déroulement en fonction de la résistance à la traction

adaptés et chrome	Charge statique	Charge répétée		Charge dynamique
		Pulsée	Inversée	
Fonte	4	6	10	15
Cuivre, métal mou	5	5	9	15

Résistance de référence : Résistance au formage des matériaux ductiles
 Charge de rupture pour les matériaux fragiles

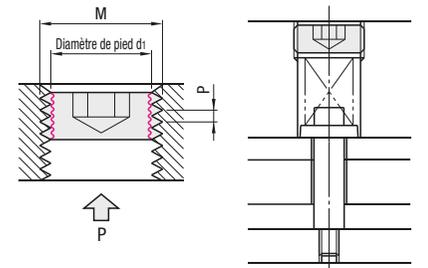
$$\text{Contrainte admissible} = \frac{\text{Résistance de référence}}{\text{Facteur de sécurité } \alpha}$$

La résistance au formage, niveau de résistance 12.9, est : $\sigma_b = 1098 [N/mm^2] [112 [kgf/mm^2]]$.
 Contrainte admissible $\sigma_t = \sigma_b / \text{Facteur de sécurité}$ (à partir du tableau ci-dessus · Facteur de sécurité 5 →)
 $= 1098 / 5$
 $= 219,6 [N/mm^2] [22,4 [kgf/mm^2]]$

Résistance du boulon à la fatigue (filetage : la résistance à la fatigue est de 2 millions de fois)

Nominal de filetage	Zone de section effective A _s mm ²	Niveau de résistance			
		12.9		10.9	
		Résistance à la fatigue N/mm ² {kgf/mm ² }	Charge admissible N {kgf}	Résistance à la fatigue N/mm ² {kgf/mm ² }	Charge admissible 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 }

La résistance à la fatigue* est une révision d'un extrait tiré de « Estimated Fatigue Limits of petites vis, boulons et vis métriques pour écrous » (Yamamoto).



Les calculs typiques de la résistance sont présentés ici. Dans la pratique, d'autres paramètres, y compris la précision de l'écartement de trou à trou, la perpendicularité du trou, la rugosité de la surface, la circularité, le matériau de la plaque, le parallélisme, la trempe ou l'absence de trempe, la précision de la presse, la puissance du produit ou l'usure des outils, doivent être prises en compte. Ainsi, les valeurs indiquées dans ces exemples sont typiques, mais pas garanties.