

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

■ Force de serrage axiale des boulons et résistance à 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 en utilisant la formule suivante (2):

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

■ 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 à six pans creux, M6 (niveau de résistance 12.9), les pièces étant lubrifiées avec de l'huile.

Couple correct, en utilisant l'équation (2)

$$T_{FA} = 0.35k(1+1/Q)\sigma_y \cdot A_s \cdot d = 0.35 \cdot 0.17(1+1/1.4)112 \cdot 20.1 \cdot 0.6 = 138 \text{ [kgf} \cdot \text{cm]}$$

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 12.9, elle est de 112kgf/mm²)
A_s : Section effective du boulon [mm²]

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

$$Ff = 0.7 \times \sigma_y \times A_s = 0.7 \times 112 \times 20.1 = 1576 \text{ [kgf]}$$

■ Le traitement de surface du boulon et le coefficient de couple dépendent de la combinaison des matériaux de la zone à fixer et du filetage femelle.

Traitement de surface du boulon	Coefficient de couple k	Combinaison des matériaux de la zone à fixer et du filetage femelle (a) (b)
Boulon en acier Oxydé noir Lubrifié par film d'huile	0.145	SCM-FC FC-FC SUS-FC
	0.155	1.0301/10C-FC SCM-1.0301/10C SCM-SCM FC-1.0301/10C FC-SCM
	0.165	SCM-SUS FC-SUS AL-FC SUS-S10C SUS-SCM SUS-SUS
	0.175	1.0301/10C-1.0301/10C 1.0301/10C-SCM 1.0301/10C-AL-1.0301/10C AL-SCM
	0.185	SCM-AL FC-AL AL-SUS
	0.195	1.0301/10C-AL SUS-AL
0.215	AL-AL	
Boulon en acier Oxydé noir Non lubrifié par film	0.25	1.0301/10C-FC SCM-FC FC-FC
	0.35	1.0301/10C-SCM SCM-SCM FC-1.0301/10C FC-SCM AL-FC
	0.45	1.0301/10C-1.0301/10C SCM-1.0301/10C AL-1.0301/10C AL-SCM
	0.55	SCM-AL FC-AL AL-AL

1.0301/10C: acier doux sans raffinage thermique SCM: acier à raffinage thermique(35HRC) FC: fonte (EN JL-1030/EN-GJL-200 (GG-20)) 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	Ecrous	
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.	Sans 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 1220N/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 1040N/mm² { 106kgf/mm² }

■ Force de serrage et couple de serrage initiaux

Valeur nominale du filetage	Section effective A _s mm ²	Niveau de résistance								
		12.9			10.9			8.8		
		Charge limite d'élasticité [kgf]	Force de serrage initiale [kgf]	Couple de serrage [kgf·cm]	Charge limite d'élasticité [kgf]	Force de serrage initiale [kgf]	Couple de serrage [kgf·cm]	Charge limite d'élasticité [kgf]	Force de serrage initiale [kgf]	Couple de serrage [kgf·cm]
M 3×0.5	5.03	563	394	17	482	338	15	328	230	10
M 4×0.7	8.78	983	688	40	842	589	34	573	401	23
M 5×0.8	14.2	1590	1113	81	1362	953	69	927	649	47
M 6×1	20.1	2251	1576	138	1928	1349	118	1313	919	80
M 8×1.25	36.6	4099	2869	334	3510	2457	286	2390	1673	195
M10×1.5	58	6496	4547	663	5562	3894	567	3787	2651	386
M12×1.75	84.3	9442	6609	1160	8084	5659	990	5505	3853	674
M14×2	115	12880	9016	1840	11029	7720	1580	7510	5257	1070
M16×2	157	17584	12039	2870	15056	10539	2460	10252	7176	1670
M18×2.5	192	21504	15053	3950	18413	12889	3380	12922	9045	2370
M20×2.5	245	27440	19208	5600	23496	16447	4790	16489	11542	3360
M22×2.5	303	33936	23755	7620	29058	20340	6520	20392	14274	4580
M24×3	353	39536	27675	9680	33853	23697	8290	23757	16630	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

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

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

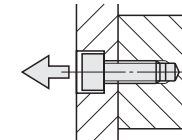
Pt : Charge de traction dans la direction axiale [kgf]
σ_b : Résistance au formage du boulon [kgf/mm²]
σ_t : Contrainte admissible du boulon [kgf/mm²]
(σ_t=σ_b/Facteur de sécuritéα)
A_s : Section effective du boulon [mm²]
A_s=πd²/4
d : Diam. effectif du boulon (diam. de l'âme) [mm]

(Ex.) La taille adéquate des vis d'assemblage à tête à six pans creux, soumises à une charge de traction répétitive (pulsée) à P=200 kgf, doit être déterminée. (Les vis d'assemblage à tête à six pans creux sont 1.7220/34CrMo4, 38 à 43 HRC, niveau de résistance 12.9)

(1) En utilisant l'équation

$$A_s = P / \sigma_t = 200 / 22.4 = 8.9 \text{ [mm}^2\text{]}$$

En obtenant une valeur supérieure au résultat de l'équation dans la colonne «Section effective» du tableau de droite, M5, 14.2[mm²], doit être sélectionné. M6, charge admissible de 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, tel un boulon foiré, le boulon doit être soumis à une charge de traction, la taille adéquate doit être sélectionnée dans la colonne de résistance à la fatigue. (Charge de 200kgf, boulon foiré en 1.7220/34CrMo4, 33 à 38 HRC, niveau de résistance 10.9.)

En obtenant une valeur supérieure à la charge admissible de 200 kgf dans la colonne Niveau de résistance 10.9 du tableau de droite, M8, 318[kgf], doit être sélectionné. Par conséquent, MSB10 avec la partie fileté 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 des vis d'obturation

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 1.1191/ C45E, 34 à 43 HRC, résistance à la traction σ_t 65kgf/mm².) Si M S W est cisailé en un point dans la section du diamètre intérieur et est cassé, la charge admissible P peut être calculée comme indiqué ci-dessous.

Charge admissible P=τ×A
=3.9×107.4
=4190[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)πL=(30-1.5)π×12=1074 [mm²]
Résistance au formage=0.9×Résistance à la traction σ_b=0.9×65=58.2
Contrainte de cisaillement=0.8×Résistance au formage=46.6
Contrainte de cisaillement admissible τ=Contrainte de cisaillement/ Facteur de sécurité12
=46.6/12=3.9 [kgf/mm²]

■ Résistance des goupilles cylindriques

La taille adéquate d'une goupille cylindrique soumise à une charge de cisaillement répétitive de 800 kgf (pulsée) doit être déterminée. (Le matériau des goupilles cylindriques est SUJ2, dureté 58HRC-)

$$P = A \times \tau$$

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

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

$$= \sqrt{(4 \times 800) / (3.14 \times 19.2)} \approx 7.3$$

∴ D8 ou sup. doit être sélectionné pour MS.

Si les goupilles cylindriques sont d'une taille relativement homogène, le nombre d'outils nécessaires et de goupilles supplémentaires peut être réduit.

Résistance au formage de SUJ2 σ_b=120 [kgf/mm²]
Contrainte de cisaillement admissible τ=σ_b×0.8/Facteur de sécurité α
=120×0.8/5
=19.2 [kgf/mm²]

La goupille cylindrique ne doit pas être chargée.

■ Facteur de sécurité basé sur la résistance à la traction

Matériaux	Charge		
	statique	répétée Pulsée	Inversée dynamique
Acier	3	5	8
Fonte	4	6	10
Cuivre, métal mou	5	5	9

Contrainte admissible = (Contrainte de référence / Facteur de sécuritéα)

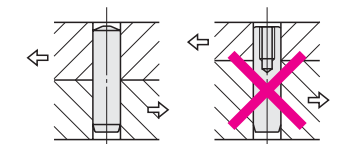
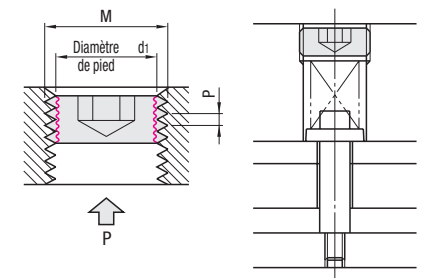
Résistance de référence: résistance au formage des matériaux ductiles
Charge de rupture pour les matériaux fragiles

La résistance au formage, niveau de résistance 12.9, est σ_b=112[kgf/mm²].
Contrainte admissible σ_t=σ_b/Facteur de sécurité (à partir du tableau ci-dessus «Facteur de sécurité α»)
=112/5
=22.4[kgf/mm²]

■ Résistance à la fatigue du boulon (filetage: la résistance à la fatigue est de 2 millions d'utilisations)

Valeur nominale du filetage	Section effective A _s mm ²	Niveau de résistance			
		12.9		10.9	
		Résistance à la fatigue† [kgf/mm ²]	Charge admissible [kgf]	Résistance à la fatigue† [kgf/mm ²]	Charge admissible [kgf]
M 4	8.78	13.1	114	9.1	79
M 5	14.2	11.3	160	7.8	111
M 6	20.1	10.6	213	7.4	149
M 8	36.6	8.9	326	8.7	318
M10	58	7.4	429	7.3	423
M12	84.3	6.7	565	6.5	548
M14	115	6.1	702	6	690
M16	157	5.8	911	5.7	895
M20	245	5.2	1274	5.1	1250
M24	353	4.7	1659	4.7	1659

Résistance à la fatigue† est une révision d'un extrait du chapitre «Estimation de la résistance à la fatigue des 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. Par conséquent, les valeurs indiquées dans ces exemples sont des valeurs standard mais non garanties. (valeurs non garanties)