

Tehnologia Asamblărilor

Conținut

1	Introducere	3
2	Proprietățile mecanice ale organelor de asamblare	3
2.1	Proprietățile mecanice ale bolțurilor, șuruburilor și prezoanelor din oțel carbon și oțel aliat	3
2.1.1	Domeniul de aplicabilitate	3
2.1.2	Sistemul de desemnare a claselor de proprietăți	4
2.1.3	Marcajul bolțurilor, șuruburilor cu cap cilindric și locaș și al prezoanelor	4
2.1.4	Proprietățile mecanice ale bolțurilor, șuruburilor și prezoanelor	5
2.1.5	Decarburizare	6
2.1.6	Torsiuni minime de rupere	7
2.1.7	Influența temperaturilor ridicate asupra proprietăților mecanice	7
2.1.8	Proprietățile mecanice ale organelor de asamblare filetate extern, din oțel carbon slab sau mediu aliat	8
2.1.9	Proprietățile mecanice ale organelor de asamblare filetate extern, din oțel inoxidabil conform cu ASTM F593	8
2.2	Proprietățile mecanice ale piulițelor din oțel carbon și oțel slab aliat	9
2.2.1	Domeniu de aplicabilitate	9
2.2.2	Sistemul de desemnare al claselor de proprietăți	9
2.2.3	Marcajul piulițelor de oțel	10
2.2.4	Proprietățile mecanice ale piulițelor de oțel	10
2.2.5	Proprietățile mecanice ale organelor de asamblare filetate intern, din oțel conform SAE J995	12
2.2.6	Proprietățile mecanice ale organelor de asamblare filetate intern, din oțel inoxidabil conform ASTM F594	12
2.3	Organe de asamblare din oțel inoxidabil rezistente la coroziune	12
2.3.1	Domeniu de aplicabilitate	12
2.3.2	Desemnare sistemului de clase de proprietăți	13
2.3.3	Marcajul organelor de asamblare din oțel inoxidabil austenitic	14
2.3.4	Proprietăți mecanice și fizice ale organelor de asamblare din oțel inoxidabil austenitic	14
3	Filetul	16
3.1	Filetul de șurub Metric (ISO), tipul gros – M	16
3.1.1	Dimensiunile limită pentru filete metrice de șurub, tip gros, toleranță 6H/6g	16
3.2	Filetul de șurub Metric (ISO), tipul fin – MF	17
3.2.1	Dimensiunile limită pentru filete metrice de șurub, tipul fin, toleranță 6H/6g	17
3.3	Filetul de șurub Unified (ISO) – UNC	18
3.3.1	Dimensiunile limită pentru filetele de șurub unified: tip gros UNC, clasă de toleranță 2A și 2B	18
3.4	Filetul de șurub Unified (ISO) – UNF	19
3.4.1	Dimensiunile limită pentru filetul de șurub unified: tip fin UNF, clase de toleranță 2A și 2B	19
3.5	Filetul de șurub Unified (ISO) – 8UN	20
3.5.1	Dimensiunile limită pentru filetul de șurub 8UN, clasa de toleranță 2A și 2B	20
3.6	Filetele de număr Unified – UNC și UNF	21
3.6.1	Dimensiunile limită pentru filetul de număr UNC și UNF, clasă de toleranță 2A și 2B	21
3.7	Filete de șurub, fin comparativ cu gros	22
3.7.1	Explicații	22
3.8	Filete de șurub Metric cu clasă de toleranță Sk6 pentru prezoane DIN 939	23
3.8.1	Dimensiunile limită pentru filetul de șurub metric cu clasă de toleranță Sk6	23
3.9	Filet de șurub filetant – ST	24
3.9.1	Dimensiunile limită pentru filetul de șurub filetant	24
3.9.2	Capete de filet pentru filetul de șurub filetant	24
3.10	Filet exterior conic metric fin – DIN 158-1	25
3.10.1	Dimensiuni limită pentru filetul extern conic, tip scurt	25
3.11	Filetul conic extern de țevi Whitworth tip R – DIN 3858	26
3.11.1	Dimensiuni nominale pentru filetul conic extern cu toleranță 2, scurt tip a	26
3.12	Filetul paralel de țevi tip G – ISO 228-1	27
3.12.1	Dimensiunile limită pentru filetele paralele de țevi tip G	27
4	Standarde de bază	28
4.1	Diametre de găurire pentru șuruburi autofiletante	28
4.1.1	Ghid de aplicabilitate	28
4.1.2	Posibilități de aplicare	28
4.1.3	Valori orientative pentru diametrele de gaură de fixare d_0^1	29

4.2	Găuri de fixare pentru șuruburi formatoare de filet în metale (Taptite 2000®)	31
4.2.1	Recomandări pentru găuri perforate și forate în materiale de duritate până la 150 HB, 500 N/mm ²	31
4.3	Diametre de fixare pentru filetul de șuruburi formatoare de filet în materiale plastice (Remform®)	32
4.3.1	Recomandări pentru geometria găurilor și soclurilor pentru șuruburile Remform®	32
4.4	Lungimea porțiunii exterioare pentru capetele de șurub (Ip)	33
4.5	Dimensiunea de găurire pentru filetarea cu tarozi	33
4.5.1	Informații generale	33
4.5.2	Diametrul burghiilor pentru filet de șurub Metric (ISO) - gros - M	33
4.5.3	Diametrul burghiilor pentru filet de șurub Metric (ISO) - fin - MF	34
4.5.4	Diametrul burghiilor pentru filet paralel de țevi Whitworth – G	34
4.6	Diametrul de cheie conform ISO	34
5	Acoperirile de suprafață ale organelor de asamblare	35
5.1	Introducere	35
5.1.1	Rezumat al sistemelor de acoperiri	35
5.1.2	Limitele de grosime a acoperirilor	36
5.1.3	Fragilizarea de hidrogen	36
5.1.4	Directivile Europene RoHS și EL	37
5.2	Zincarea electrolitică	37
5.3	Zincarea la cald	39
5.4	Zincarea cu fulgi	40
6	Documente de inspectare pentru organe de asamblare	41
6.1	Rapoarte de testări și certificate EN 10204	41
6.2	Documentația PPAP	42
6.3	Certificarea CE	43
7	Informații pentru proiectarea și realizarea de fixări cu organe de asamblare	44
7.1	Tabele de forțe de strângere pentru fixări cu șuruburi de oțel	44
7.1.1	Forțe de pretensionare fixare / forțe de strângere – filet pas gros	44
7.1.2	Forțe de pretensionare fixare / forțe de strângere – filet pas fin	46
7.2	Tabele de forțe de strângere pentru fixări cu șuruburi oțel inoxidabil	47
7.2.1	Forțe de pretensionare fixare / forțe de strângere	47
7.3	Coeficienții de frecare μ_G și μ_K	48
7.4	Tabele de forțe de strângere pentru șuruburi cu filet în inch din oțel	49
7.4.1	Forțe de pretensionare fixare / forțe de strângere – UNC (filet gros inch)	50
7.4.2	Forțe de pretensionare fixare / forțe de strângere – UNF (filet fin)	51
7.5	Griparea (sudarea la rece) oțelului inoxidabil	52
7.6	Adâncimea de fixare pentru găuri înfundate	52
7.7	Relația dintre rezistența la forfecare și rezistența la rupere	52
7.8	Tabel de lungimi de fixare pentru șuruburi pretensionate HV conform cu EN 14399-4	53
7.9	Blocarea	54
7.9.1	Scăderea tensionării	54
7.9.2	Clasificarea sistemelor de blocare	54
7.9.3	Câteva sugestii practice pentru o asamblare optimă cu șuruburi	55
8	Tabele	56
8.1	Unități de măsură standardizate internațional	56
8.2	Conversia rezistenței la rupere, durităților Vickers, Brinell și Rockwell	57
8.3	Tabele de coroziune chimică și de contact	58
8.3.1	Tabel de coroziune de contact	58
8.3.2	Tabel de coroziune chimică	59

1 Introducere

Proiectarea și producerea de fixări sigure necesită cunoștințe profesionale, experiență și informații. Aspecte importante precum toleranțele dimensionale, proprietățile mecanice și chimice trebuie să fie luate în considerare. De asemenea, directivele legate de calcularea, asamblarea și asigurarea fixărilor sunt de extremă importanță. Toată această informație este întinsă prin un număr foarte mare de standard, directive tehnice și publicații în diverse limbi.

Cele mai importante informații tehnice care sunt des necesare dezvoltatorilor, proiectanților, achizitorilor și contractorilor. O mare parte este bazată pe standardele Internaționale ISO și standardele Europene EN. Este necesar să observăm că indiferent de faptul că majoritatea standardelor naționale precum DIN au devenit învechite și au fost înlocuite cu standarde ISO sau EN, situația din piață este că există cereri în continuare pentru organe de asamblare DIN. Unde a fost adecvat am inclus informații legate de aceste standarde DIN de asemenea.

Informațiile bazate pe standarde sunt actualizate din Septembrie 2015. Este important să fiți conștienți că producătorii de organe de asamblare pot avea o perioadă de tranziție de la fosta la actuala versiune a unui standard.

2 Proprietățile mecanice ale organelor de asamblare

2.1 Proprietățile mecanice ale bolțurilor, șuruburilor și prezoanelor din oțel carbon și oțel aliat

2.1.1 Domeniul de aplicabilitate

Clasele de proprietăți și proprietățile mecanice asociate loc, după cum sunt definite de ISO 898-1:2013 se aplică la bolțuri, șuruburi și prezoane cu filet metric (ISO), cu diametre nominale până la și incluzând 39 mm, realizate din oțel carbon și oțel aliat, testate la o temperatură ambientală de la 10°C la 35°C. Organele de asamblare nu sunt garantate a își menține proprietățile fizice și mecanice menționate la temperaturi mai înalte sau/și mai scăzute.

Aceste proprietăți nu se aplică la știfturi filetate și la organe de asamblare similare care nu sunt supuse la sarcini de tensiune (referință ISO 898-5) sau la cerințe specifice de sudabilitate, rezistență la coroziune (oțel inoxidabil referință ISO 3506-1), capacitatea de rezistență la temperaturi peste 150°C sau sub -50°C (referință DIN 267-13). Desemnarea sistemului de clase de proprietăți se poate aplica și la alte dimensiuni ($d > 39$ mm), doar dacă proprietățile mecanice din tabele sunt îndeplinite.

Unele organe de asamblare nu vor îndeplini cerințele de rezistență la rupere și rezistență la forfecare conform ISO 898-1 datorită geometriei capetelor (ex. capete reduse, capete înecate) sau a tijei reduse.

2.1.2 Sistemul de desemnare a claselor de proprietăți

Simbolurile de clasă de proprietăți, indicând cele mai importante proprietăți mecanice, conțin 2 numere, separate printr-un punct, de exemplu 10.9.

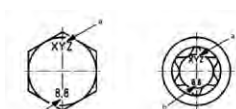
Primul număr indică 1/100 din rezistența nominală la rupere în N/mm² (vedeți R_m în tabel). Deci clasa de proprietăți 10.9 are o rezistență la rupere de 10x100 = 1000 N/mm².

Al doilea număr indică de 10 ori raportul între limita de elasticitate aparentă R_{el} (sau limita de pre-tensionare R_{p0.2} sau elongația neproportională R_{pl}) și rezistența nominală la rupere R_m (raportul de rezistență).

Deci la clasa de proprietăți 10.9 a doua cifră 9 este derivată din formula: $10 \times \frac{900}{1000}$

Deci rezistența nominală la rupere din acest exemplu (10.9) poate fi calculată ușor prin înmulțirea cu 10 al produsului celor două numere care sunt reprezentate de numerele claselor de proprietăți: 10 x 10 x 9 = 900 N/mm².

2.1.3 Marcajul bolțurilor, șuruburilor cu cap cilindric și locaș și al prezoanelor



a : marcajul de identificare al producătorului
b : simbolul clasei de proprietăți

Fig. 1

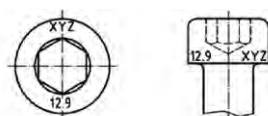


Fig. 2

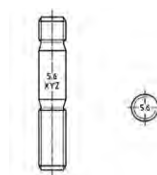


Fig. 3

- Marcajul este obligatoriu pentru bolțurile și șuruburile hexagonale și hexalobulare cu diametru nominal $d \geq M 5$, din toate clasele de proprietăți, de preferat pe capul șurubului (fig.1).
- Marcajul este obligatoriu pentru șuruburile cu locaș hexagonal și hexalobular cu diametru nominal $d \geq M 5$, din toate clasele de proprietăți, de preferat pe capul șurubului (fig.2).
- Când sunt folosite oțeluri carbon cu aditivi (de ex B, Mn, Cr sau Mo) pentru clasa 12.9, simbolul 12.9 va fi subliniat: 12.9
- Prezoanele cu diametre nominale $d \geq M5$ și clase de proprietăți ≥ 5.6 se marchează pe tijă sau pe capătul de piuliță (necesar dacă este vorba de filet supradimensionat) (fig.3). Alternative de identificare cu simboluri (fig.4) sunt permisă de asemenea.
- Filetele de stânga vor fi marcate cu diametre nominale $d \geq M5$ cu simbolul pe care îl puteți vedea în imaginea 5, fie pe capul șurubului fie în capătul filetului. Marcaje alternative, precum cele din imaginea 6, pot fi folosite pentru bolțuri hexagonale și șuruburi.
- Marcajul de identificare al producătorului este obligatoriu pe toate produsele care sunt marcate cu clase de proprietăți.
- Dacă marcaj este necesar pentru alte tipuri de bolțuri și șuruburi, același sistem de marcaj va fi folosit.
- Marcajul nu este uzual pentru șuruburi cu cap înecat plat, cap înecat oval, cap bombat, cap plat sau similare cu locașuri interne de antrenare.
- Marcajul pentru clasele de proprietăți al organelor de asamblare cu capacitate de tensionare redusă este precedat de un "0". Exemplu: șuruburile cu locaș hexagonal și cap înecat cu clasă de proprietăți "10.9" vor fi marcate cu "010.9".

Clasă de proprietăți	5.6	8.8	9.8	10.9	12.9
Simbol alternativ de marcaj	-	O	+	□	Δ

Fig. 4

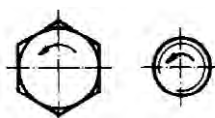


Fig. 5

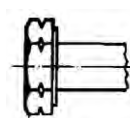


Fig. 6

2.1.4 Proprietățile mecanice ale bolțurilor, șuruburilor și prezoanelor

Proprietățile fizice și mecanice din tabelul de mai jos sunt bazate pe ISO 898-1:2013.

Proprietate mecanică sau fizică		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9
							d ≤ 16mm ^a	d > 16mm ^b	d ≤ 16mm		12.9 12.9
Rezistență la rupere, R _m , MPa	Nom. ^c	400		500		600	800		900	1000	1200
	Min.	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
Limită de elasticitate aparentă, R _{eL} ^d , MPa ^d	Nom. ^c	240	-	300	-						
	Min.	240	-	300	-						
Stres la alungire non-proportional 0,2%, R _{p0.2} , MPa	Nom. ^c	-					640		720	900	1080
	Min.	-					640	660	720	940	1100
Stres la alungire non-proportională 0,0048d, pentru organe de asamblare complete, R _{p1} , MPa	Nom. ^c	-	320	-	400	480	-				
	Min.	-	340 ^e	-	420 ^e	480 ^e	-				
Stres sub sarcină maximă, S _p , MPa	Nom.	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
Alungire procentuală după fractură pentru piese mașinate de test, A, %	Min.	22	-	20	-	-	12	12	10	9	8
Reducere procentuală a ariei după fractură pentru piese mașinate de test, Z, %	Min.	-					52		48	48	44
Alungirea după fractură pentru organe de asamblare complete, A _f , %	Min.	-	0,24	-	0,22	0,20	-				
Integritatea capului		Fără fracturi									
Duritate Vickers, HV (F ≥ 98N)	Min.	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385
	Max.	220 ^g					250	320	335	360	380
Duritatea de suprafață, HV _{0.3}	Max.	-					h			h _j	h _j
Înălțimea zonei de filet ne-decarburizată, E, mm	Min.	-					½ H ₁			2/3 H ₁	¾ H ₁
Adâncimea de decarburizare completă în filet, G, mm	Max.	-					0,015				
Reducerea durtății după re-tratare termică, HV	Max.	-					20				
Torsiunea de rupere, M _B , Nm	Min.	-					Conform cu ISO 898-7				
Rezistența la impact, K _V ^{kl} , J	Min.				27			27	27	27	^m
Integritatea suprafeței în conformitate cu		ISO 6157-1'									ISO 6157-3

Remarci:

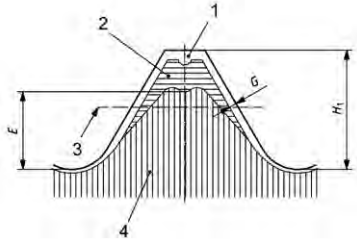
- a Valorile nu se aplică pentru fixări structurale cu bolțuri
- b Pentru fixări structurale cu bolțuri d≥M12
- c Valori nominale sunt specificate doar pentru scopul de desemnare al sistemului de desemnare al claselor de proprietăți
- d Dacă limita de elasticitate aparentă nu poate fi determinată, o măsurare a alungirii conform stresului de alungire non-proportională 0,2% este permisă
- e Valorile sunt investigate momentan
- g Duritatea maximă la capătul filetat al unui organ de asamblare este de max. 250 HV
- h Duritatea de suprafață nu va fi cu mai mult de 30HV_{0.3} peste duritatea măsurată a miezului HV_{0.3}
- i Max. 390 HV
- j Max. 435 HV
- k Test de temperatură -20°C
- l Se aplică la d ≥ 16mm
- m Valorile sunt investigate momentan

2.1.5 Decarburizare

Proprietățile mecanice ale oțelului tratat termic sunt determinate într-o mare măsură de conținutul său de carbon. Nu este permis contactul cu aerul în cuptoare în timpul procesului de călire termică al bolțurilor de oțel din clasele 8.8, 10.9 și 12.9, deoarece carbonul care este prezent în suprafața oțelului va fi oxidat de acest aer cald.

Acesta este motivul pentru care aceste cuptoare sunt dotate cu cortine de foc și gaze protective sunt folosite pentru a menține nivelul de oxigen sub control.

Pierderea conținutului de carbon (decarburizarea), cauzată de procesul de tratament termic, dincolo de limitele specificate în tabelul din paragraful 2.1.4, poate reduce rezistența filetului și poate cauza deteriorarea și cedarea acestuia.



Zone de decarburizare în filet:

- 1 Decarburizare completă
- 2 Decarburizare parțială
- 3 Linia pasului
- 4 Metalul de bază
- E Înălțimea zonei de filet ne-carburizate
- G Adâncimea de decarburizare completă din filet
- H₁ Înălțimea filetului extern în condiții de material maxim

2.1.6 Torsiuni minime de rupere

De multe ori șuruburile de diametru mic nu pot fi testate pentru rezistența la rupere. ISO 898-7:1995 definește torsiunile minime de rupere la care un bolț sau șurub nu se va rupe dacă este fixat conform procedurii de testare. Aceste valori nu sunt aplicabile pentru știfturi filetate cu locaș hexagonal.

Informațiile de mai jos se bazează pe ISO 898-7(1992) & DIN 267-25 (1984 a fost retras)

Diametru de bază	Pas P	Clasă de proprietăți						
		4.6	4.8	5.6	5.8	8.8	10.9	12.9
		Torsiunea minimă de rupere, Nm conform:						
		DIN 267-25					ISO 898-7*	
M1	0,25	0,020	0,020	0,024	0,024	0,033	0,040	0,045
M1.2	0,25	0,045	0,046	0,054	0,055	0,075	0,092	0,10
M1.4	0,3	0,070	0,073	0,084	0,087	0,12	0,14	0,16
M1.6	0,35	0,098	0,10	0,12	0,12	0,16	0,20	0,22
M2	0,4	0,22	0,23	0,26	0,27	0,37	0,45	0,50
M2.5	0,45	0,49	0,51	0,59	0,60	0,82	1,0	1,1
M3	0,5	0,92	0,96	1,1	1,1	1,5	1,9	2,1
M3.5	0,6	1,4	1,5	1,7	1,8	2,4	3,0	3,3
M4	0,7	2,1	2,2	2,5	2,6	3,6	4,4	4,9
M5	0,8	4,5	4,7	5,5	5,6	7,6	9,3	10
M6	1	7,6	7,9	9,1	9,4	13	16	17
M7	1	14	14	16	17	23	28	31
M8	1,25	19	20	23	24	33	40	44
M8 x 1	1	23	23	27	28	38	46	52
M10	1,5	39	41	47	49	66	81	90
M10 x 1	1	50	52	60	62	84	103	114
M10 x 1,25	1,25	44	46	53	54	74	90	100

*Valorile din tabel se aplică exclusiv claselor de duritate 8.8 – 10.9 și 12.9. Din cauza rezultatelor testelor pentru clasele de duritate mai mici decât 8.8 acestea nu mai sunt incluse în ISO 898-7

Valorile de torsiune minimă de rupere oferite în acest tabel se vor aplica bolțurilor și șuruburilor desemnate ca având clasele de toleranță a filetelor 6g, 6f sau 6e.

2.1.7 Influența temperaturilor ridicate asupra proprietăților mecanice

Până la o temperatură de serviciu de 150°C, nici un efect negativ nu a fost observat datorat schimbării proprietăților mecanice al organelor de asamblare cu clase de proprietăți conforme cu ISO 898-1. Cu toate acestea, la temperaturi peste 150°C și până la o temperatură maximă de 300°C, performanța funcțională ar trebui asigurată cu mare atenție.

O dată cu creșterea temperaturii, o reducere progresivă a elasticității sau a stresului la alungiri neproportionale sau o reducere a rezistenței la rupere poate fi observată.

Folosirea continuă a organelor de asamblare la temperaturi înalte poate rezulta în relaxarea de stres, care generează o pierdere a forței de strângere.

DIN 267-13 definește materialele pentru organe de asamblare cu proprietăți mecanice specifice care pot fi folosite la temperaturi de la -200°C până la +700°C.

2.1.8 Proprietățile mecanice ale organelor de asamblare filetate extern, din oțel carbon slab sau mediu aliat

Specificație	Material	Gamă de dimensiuni (in.)	Sarcină minimă măsurată (psi)	Rezistență minimă de rupere (psi)	Duritate miez Rockwell		Rezistența elastică minimă (psi)	Marcaj de identificare al Gradului	Piulițe compatibile
					Min.	Max.			
SAE J429-Grad 2	Oțel carbon slab sau mediu	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$	55 000	74 000	B80	B100	57 000		ASTM A563 Grade A Hex
		$\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	33 000	60 000	B70	B100	36 000		
SAE J429-Grad 5	Oțel carbon mediu: tratat & temperat	$\frac{1}{4}$ - 1	85 000	120 000	C25	C34	92 000		SAE J995 Grade 5 Hex
		$1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	74 000	105 000	C19	C30	81 000		
SAE J429-Grad 8	Oțel carbon mediu: tratat & temperat	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120 000	150 000	C33	C39	130 000		SAE J995 Grade 8 Hex
ASTM A574 șurub cu cap cilindric și locaș	Oțel carbon mediu: tratat & temperat	#0 - $\frac{1}{2}$	140 000	180 000	C39	C45	153 000		
		Peste $\frac{1}{2}$ - 4	135 000	170 000	C37	C45			
ASTM A574 șurub cu cap bombat sau înecat și locaș	Oțel carbon mediu: tratat & temperat	#0 - $\frac{1}{2}$		145 000	C39	C44			
		Peste $\frac{1}{2}$		135 000	C37	C44			

2.1.9 Proprietățile mecanice ale organelor de asamblare filetate extern, din oțel inoxidabil conform cu ASTM F593

Grupa de aliaj de oțel inoxidabil	Condiții	Diametru nominal (in.)	Rezistență minimă de rupere (psi)	Duritate miez Rockwell		Rezistența elastică minimă (psi)	Marcaj de identificare al Gradului	Piulițe compatibile ASTM F594
				Min.	Max.			
1 (304, 304L)	CW	$\frac{1}{4}$ - $\frac{5}{8}$	100 000 – 150 000	B95	C32	65 000		F594C
		$\frac{3}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	85 000 – 140 000	B80	C32	45 000		F594D
2 (316, 316L)	CW	$\frac{1}{4}$ - $\frac{5}{8}$	100 000 – 150 000	B95	C32	65 000		F594G
		$\frac{3}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	85 000 – 140 000	B80	C32	45 000		F594H

2.2 Proprietățile mecanice ale piulițelor din oțel carbon și oțel slab aliat

2.2.1 Domeniu de aplicabilitate

Clasele de proprietăți și proprietățile mecanice asociate lor sunt definite de ISO 898-2:2012 și se aplică piulițelor cu filet metric (ISO), cu diametru nominal până la și inclusiv 39 mm, realizate din oțel carbon sau oțel slab aliat și testate la temperatură ambientală între 10 °C și 35 °C.

ISO 898-2 nu se aplică la piulițe cu cerințe specifice precum sudabilitatea, rezistența la coroziune (oțel inoxidabil ref. ISO 3506-2), capacitatea de a rezista la temperaturi de peste 300°C sau sub -50°C. (ref. DIN 267–13). Sistemul de desemnare a claselor poate fi folosit și pentru alte dimensiuni ($d > 39$ mm), cu condiția ca toate proprietățile mecanice definite în tabele să fie îndeplinite.

ISO 898-2 este aplicabil la 3 tipuri de piulițe:

- Tipul 2: piulițe înalte cu înălțime minimă $m_{\min} \approx 0,9D$ sau $m_{\min} > 0,9D$
- Tipul 1: piulițe normale cu înălțime minimă $m_{\min} \geq 0,8D$
- Tipul 0: piulițe joase cu înălțime minimă $0,45D \leq m_{\min} < 0,8D$

Remarci importante ale piulițelor cu clase de proprietăți definite de standardele DIN:

Piulițele conforme cu standardele DIN învechite, precum DIN 934 (cu înălțimi nominale de aproximativ 0,8d), nu pot fi supuse la sarcini corespunzătoare șurubului de aceeași dimensiune. Proprietățile mecanice ale acestor piulițe sunt descrise în standardul retras DIN 267-4. Pentru a distinge piulițele cu proprietăți mecanice conforme cu învechitul DIN 267-4 de cele definite de noul ISO 898-2, clasa de proprietăți va fi marcată cu două linii verticale, ex |8|. (ref. Par. 2.2.3)

Pentru proiecte noi este foarte recomandat să se folosească piulițe cu clase de proprietăți conforme cu standardele ISO în locul vechilor standarde DIN!

Marea majoritate a software-urilor folosite pentru selecția de dimensiuni și clase de proprietăți ale organelor de asamblare sunt bazate pe proprietăți ISO, nu pe proprietățile (de multe ori mai scăzute) ale standardelor DIN.

2.2.2 Sistemul de desemnare al claselor de proprietăți

Piulițele obișnuite (tip 1) și piulițele înalte (tip 2) sunt marcate cu simbolul de clasă de proprietăți, care este numărul din stânga al clasei de proprietăți corespunzătoare al bolțului, șurubului sau prezonului cu care se folosește.

Clasa de proprietăți a piulițelor joase (tip 0) este definită cu două numere. Primul număr este "0", indicând un grad redus de rezistență la sarcină comparativ cu piulițele obișnuite și înalte. Numărul al doilea corespunde cu 1/100 din rezistența nominală sub sarcina maximă la testul de rezistență (în N/mm²).

Clasa de proprietăți a piuliței	Clasa de proprietăți maximă a bolțului, șurubului sau prezonului corespunzător	Piulițe normale (Tip 1)	Piulițe înalte (Tip 2)	Piulițe înguste (Tip 0)
		Gama de filete		
04	(*)	-	-	M5 - M39 M8x1 – M39x3
05	(*)	-	-	M5 - M39 M8x1 – M39x3
5	5.8	M5 - M39 M8x1 – M39x3	-	
6	6.8	M5 - M39 M8x1 – M39x3	-	
8	8.8	M5 - M39 M8x1 – M39x3	M5 - M39 M8x1 – M39x3	
9	9.8	-	M5 - M39	
10	10.9	M5 - M39 M8x1 – M16x1,5	M5 - M39 M8x1 – M39x3	
12	12.9/ <u>12.9</u>	M5 - M16	M5 - M39 M8x1 – M16x1,5	
Exemplu de piuliță tip 1: ISO 4032				
Exemplu de piuliță tip 2: ISO 4033				

(*) Piulițele înguste folosite ca contra-piulițe ar trebui asamblate cu o piuliță normală sau înaltă. În aceste asamblări prima strânsă este cea îngustă și peste ea se strânge piulița normală sau înaltă.

2.2.3 Marcajul piulițelor de oțel

Piulițele hexagonale $\geq M 5$ de toate clasele de proprietăți trebuie marcate pe lateral sau pe o parte cu desemnarea de clasă de proprietăți și unde este posibil tehnic cu marcajul producătorului (vezi Fig. 1). Filetele de stânga pentru piulițe $\geq M 5$ trebuie marcate pe una dintre părți cu o săgeată care să indice diferența de sens sau cu o creștătură la jumătatea laterală a piuliței (Fig. 2).

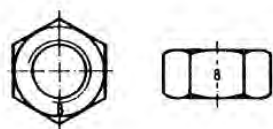


Fig. 1

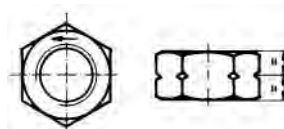


Fig. 2

Remarci importante despre piulițe cu clase de proprietăți conform DIN:

Piulițele hexagonale $\geq M5$, cu proprietăți mecanice definite de învechitul DIN 267-4 trebuie marcate cu simbolul clasei de proprietăți, cu o bară verticală de fiecare parte a simbolului și însemnul producătorului pe oricare dintre părți (vezi Fig. 3).

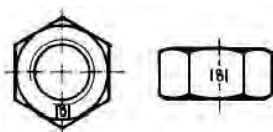


Fig. 3

2.2.4 Proprietățile mecanice ale piulițelor de oțel

Detaliile de mai jos sunt bazate pe ISO 898-2:2012 și sunt aplicabile pentru piulițe cu filet având standard de toleranță clasă 6H. O scădere a rezistenței la smulgere filetelor se poate întâlni la piulițe cu o deviație fundamentală mai mare de zero.

În funcție de tipul de piuliță (0,1 sau 2), capacitatea de rezistență la sarcină depășește cerințele de duritate. Deci doar sarcinile maxime sunt publicate în aceste informații tehnice.

Valorile de sarcină maximă pentru piulițe cu filet gros:

Filet <i>D</i>	Pas <i>P</i>	Sarcină maximă, N Clasă de proprietăți							
		04	05	5	6	8	9	10	12
M5	0,8	5 400	7 100	8 250	9 500	12 140	13 000	14 800	16 300
M6	1	7 640	10 000	11 700	13 500	17 200	18 400	20 900	23 100
M7	1	11 000	14 500	16 800	19 400	24 700	26 400	30 100	33 200
M8	1,25	13 900	18 300	21 600	24 900	31 800	34 400	38 100	42 500
M10	1,5	22 000	29 000	34 200	39 400	50 500	54 500	60 300	67 300
M12	1,75	32 000	42 200	51 400	59 000	74 200	80 100	88 500	100 300
M14	2	43 700	57 500	70 200	80 500	101 200	109 300	120 800	136 900
M16	2	59 700	78 500	95 800	109 900	138 200	149 200	164 900	186 800
M18	2,5	73 000	96 000	121 000	138 200	176 600	176 600	203 500	230 400
M20	2,5	93 100	122 500	154 400	176 400	225 400	225 400	259 700	294 000
M22	2,5	115 100	151 500	190 900	218 200	278 800	278 800	321 200	363 600
M24	3	134 100	176 500	222 400	254 200	324 800	324 800	374 200	423 600
M27	3	174 400	229 500	289 200	330 500	422 300	422 300	486 500	550 800
M30	3,5	213 200	280 500	353 400	403 900	516 100	516 100	594 700	673 200
M33	3,5	263 700	347 000	437 200	499 700	638 500	638 500	735 600	832 800
M36	4	310 500	408 500	514 700	588 200	751 600	751 600	866 000	980 400
M39	4	370 900	488 000	614 900	702 700	897 900	897 900	1 035 000	1 171 000

Valorile de sarcină maximă pentru piulițe cu filet fin:

Filet x Pas <i>D x P</i>	Sarcină maximă, N Clasă de proprietăți						
	04	05	5	6	8	10	12
M8 x 1	14 900	19 600	27 000	30 200	37 400	43 100	47 000
M10 x 1,25	23 300	30 600	44 200	47 100	58 400	67 300	73 400
M10 x 1	24 500	32 200	44 500	49 700	61 600	71 000	77 400
M12 x 1,5	33 500	44 000	60 800	68 700	84 100	97 800	105 700
M12 x 1,25	35 000	46 000	63 500	71 800	88 000	102 200	110 500
M14 x 1,5	47 500	62 500	86 300	97 500	119 400	138 800	150 000
M16 x 1,5	63 500	83 500	115 200	130 300	159 500	185 400	200 400
M18 x 2	77 500	102 000	146 900	177 500	210 100	220 300	-
M18 x 1,5	81 700	107 500	154 800	187 000	221 500	232 200	-
M20 x 2	98 000	129 000	185 800	224 500	265 700	278 600	-
M20 x 1,5	103 400	136 000	195 800	236 600	280 200	293 800	-
M22 x 2	120 800	159 000	229 000	276 700	327 500	343 400	-
M22 x 1,5	126 500	166 500	239 800	289 700	343 000	359 600	-
M24 x 2	145 900	192 000	276 500	334 100	395 500	414 700	-
M27x 2	188 500	248 000	351 100	431 500	510 900	535 700	-
M30 x 2	236 000	310 500	447 100	540 300	639 600	670 700	-
M33 x 2	289 200	380 500	547 900	662 100	783 800	821 900	-
M36 x 3	328 700	432 500	622 800	804 400	942 800	934 200	-
M39 x 3	391 400	515 000	741 600	957 900	1 123 000	1 112 000	-

Remarcă importantă despre piulițele cu clasă de proprietăți conform DIN:

Rezistența maximă la stres a piulițelor hexagonale cu proprietăți mecanice definite conform învechitului DIN 267-4 sunt semnificativ diferite (în multe cazuri mai mici) decât cele conform ISO 898-2:

Filet <i>D</i>	Pas <i>P</i>	Piulițe cu proprietăți mecanice conform standardului retras DIN 267-4 Rezistență maximă, N Clasă de proprietăți				
		[5]	[6]	[8]	[10]	[12]
M5	0,8	7100	8500	11 400	14 200	17 000
M6	1	10 000	12 000	16 000	20 000	24 000
M7	1	14 500	17 300	23 000	29 000	34 700
M8	1,25	18 300	22 000	29 000	36 500	43 000
M10	1,5	29 000	35 000	46 000	58 000	69 500
M12	1,75	42 100	50 500	67 000	84 000	100 000
M14	2	57 500	69 000	92 000	115 000	138 000
M16	2	78 500	94 000	136 000	157 000	188 000
M18	2,5	96 000	115 000	154 000	192 000	230 000
M20	2,5	122 000	147 000	196 000	245 000	294 000
M22	2,5	151 000	182 000	242 000	303 000	364 000
M24	3	176 000	212 000	282 000	353 000	423 000
M27	3	230 000	276 000	367 000	459 000	550 000
M30	3,5	280 000	336 000	448 000	561 000	673 000
M33	3,5	347 000	416 000	555 000	694 000	833 000
M36	4	408 000	490 000	653 000	817 000	980 000
M39	4	488 000	585 000	780 000	976 000	1 170 000

Pentru proiecte noi este foarte recomandată aplicarea de piulițe cu clase de proprietăți conforme cu standardele ISO în locul standardelor DIN învechite !

2.2.5 Proprietățile mecanice ale organelor de asamblare filetate intern, din oțel conform SAE J995

Grad	Material	Diametru nominal (in.)	Sarcină minimă (psi)	Duritate Rockwell		Marcaj de identificare al Gradului
				Min.	Max.	
2	Oțel carbon	¼ - 1½	90 000*		C32	
			80 000**			
5	Oțel carbon	¼ - 4	120 000*		C32	
			109 000**			
		Peste 1 – 1½	105 000*		C32	
			940 00**			
8	Oțel carbon mediu: tratat & temperat	¼ - 5⁄8	150 000	C24	C32	
		Peste 5⁄8 – 1		C26	C34	
		Peste 1 – 1½		C26	C36	

* UNC și 8UN

**UNF, 12UN & mai fin

2.2.6 Proprietățile mecanice ale organelor de asamblare filetate intern, din oțel inoxidabil conform ASTM F594

Grupa de aliaj de oțel inoxidabil	Condiții	Diametru nominal (in.)	Sarcină minimă (psi)	Duritate Rockwell	
				Min.	Max.
1 (304, 304L)	CW	$\frac{1}{4}$ - $\frac{5}{8}$	100 000	B95	C35
		$\frac{3}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	85 000	B80	C35
2 (316, 316L)	CW	$\frac{1}{4}$ - $\frac{5}{8}$	100 000	B95	C35
		$\frac{3}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	85 000	B80	C35

CW = Anelat și prelucrat la rece
(dimensiunile mari se pot prelucra la cald și anela)

2.3 Organe de asamblare din oțel inoxidabil rezistente la coroziune

2.3.1 Domeniu de aplicabilitate

Proprietățile mecanice ale organelor de asamblare din oțel inoxidabil sunt definite de către ISO 3506:2009 părțile de la 1 la 4:

Partea 1: Bolțuri, șuruburi și prezoane

Partea 2: Piulițe

Partea 3: Știfturi filetate și organe de asamblare similare care nu se află sub sarcină de tensionare

Partea 4: Șuruburi autofiletante

Termenul "INOXIDABIL" pentru oțel este folosit pentru a face referință la o gamă largă de materiale, din care toate au cel puțin 12% conținut de crom în aliaj cu oțel și care în mod normal mai conține și alte elemente de aliere, nichelul (Ni) și moliбdenul (Mo) fiind cele mai des întâlnite. În aceste oțeluri oxidul de crom se formează pe suprafață, acesta oferind protecția la coroziune. La temperaturi înalte cromul tinde să formeze carburi în loc de oxizi.

Pentru organe de asamblare, gama extinsă de oțeluri inoxidabile a fost împărțită, conform ISO 3506, în 3 grupe de material bazate pe structura lor metalurgică:

Austenitic (A)

Martensitic (C)

Feritic (F)

Grupele martensitice și feritice sunt de foarte mică importanță când vine vorba de organele de asamblare comerciale. Grupa de materiale austenitice – care se referă la oțel crom-nichel – este cea mai des folosită pentru organe de asamblare și este divizată la rândul său în 5 clase de oțel, fiecare cu o diferită rezistență la coroziune și domenii specifice de aplicabilitate.

A1:

Un oțel ușor prelucrabil, fiind mai ușor de mașinat datorită conținutului procentual mai mare de fosfor și sulf. Ca o consecință a acestui fapt însă, rezistența generală la coroziune este mai scăzută. Acest oțel inoxidabil “ușor prelucrabil” este folosit rar pentru producția în masă de organe de asamblare.

A2:

Cea mai frecvent folosită clasă de oțel (pentru producția în masă de organe de asamblare) – denumită și 18/8 (18% Cr, 8% Ni) – cu rezistență la coroziune foarte bună în condiții normale atmosferice, în medii umede sau la expunerea la oxidare sau acizi organici, cât și la multe soluții alcaline.

Cu toate acestea A2 nu este potrivit pentru acizi ne-oxidanți sau agenți chimici cu conținut ridicat de clor, deci nu este indicat pentru piscine și mediu marin.

A3:

Acesta este oțelul inoxidabil stabilizat cu proprietățile clasei A2. Datorită elementelor Ti, Nb sau Ta care reduc posibilitatea de legătură a carbonului de crom, această clasă de oțel inoxidabil este foarte potrivită pentru aplicații de temperatură înaltă. Este relativ rar folosit pentru producerea de organe de asamblare în masă.

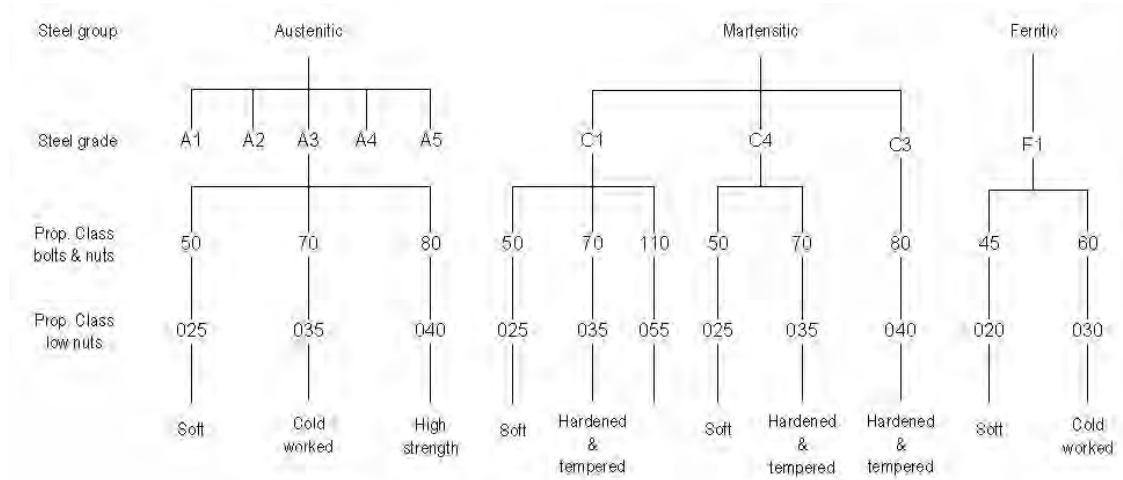
A4:

Oțelurile de clasă A4 sunt “oțeluri rezistente la acizi”, care sunt aliate cu molibden (Mo) și care oferă o rezistență la coroziune mult mai bună în condiții agresive precum cele de climat marin (cloruri), atmosferă industrială (dioxid de sulf), unde acizi oxidanți sunt prezenți și unde coroziunea locală poate avea loc. Cu toate acestea, în condiții de extremă agresivitate, precum platforme petroliere, medii cu conținut foarte înalt de clor sau aplicații similare, oțeluri cu conținut mai ridicat de Cr, Ni și în special Mo sunt necesare.

A5:

Acesta este oțel inoxidabil stabilizat cu proprietățile clasei A4. Datorită prezenței elementelor Ti, Nb sau Ta are redus posibilitatea de legătură a carbonului de crom, această clasă de oțel inoxidabil este foarte potrivită pentru aplicații de temperatură înaltă. Este relativ rar folosit pentru producerea de organe de asamblare în masă.

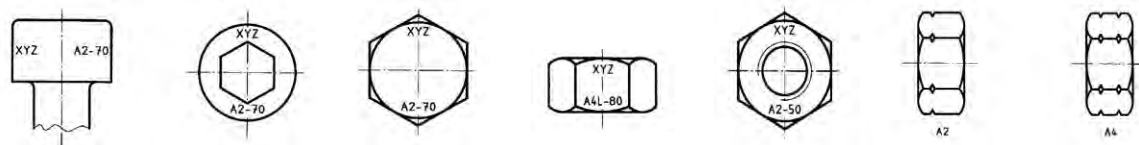
2.3.2 Desemnarea sistemului de clase de proprietăți



Desemnarea clasei de proprietăți reprezintă 1/10 din rezistența la rupere (la bolțuri și șuruburi) sau 1/10 din rezistența maximă la sarcină pentru piulițe. Dacă prima cifră este “0”, aceasta este o indicație de rezistență redusă la sarcină comparativ cu o piuliță normală.

2.3.3 Marcajul organelor de asamblare din oțel inoxidabil austenitic

Bolțurile hexagonale, piulițele și știfturile filetate cu locaș din oțel inoxidabil de dimensiuni de la M5 în sus și toate împachetările lor trebuie marcate cu însemnul producătorului și clasa oțelului, urmat de cele două (sau trei) cifre ale clasei de proprietăți sau ca alternativă pentru piulițele tăiate prin crestare, vedeți imaginile de mai jos. Dacă o clasă de proprietăți nu este indicată, clasa de proprietăți 50 sau 025 se aplică. Oțelul inoxidabil austenitic cu conținut redus de carbon, care nu depășește 0,03% poate fi marcat cu un "L".



Marcajul pe prezoane sau alte tipuri de organe de asamblare din oțel inoxidabil se face în acordul cu producătorul.

2.3.4 Proprietăți mecanice și fizice ale organelor de asamblare din oțel inoxidabil austenitic

Proprietățile mecanice ale bolțurilor, șuruburilor, prezoanelor și piulițelor din oțel inoxidabil austenitic:

Oțel inoxidabil		Clasă Proprietăți	Bolțuri și Șuruburi			Piulițe tip 1
Grupă oțel	Clasă oțel		Rezistență la rupere $R_m^{(1)}$ min. N/mm ²	0.2% Limită de elasticitate $R_{p0.2}^{(1)}$ min. N/mm ²	Alungire la fractură $A^{(2)}$ min. mm	Valoare sarcină maximă Sp min. N/mm ²
Austenitic	A1, A2, A3, A4, A5	50	500	210	0,6d	500
		70	700	450	0,4d	700
		80	800	600	0,3d	800

¹⁾ Valorile sunt calculate pe zona de stres nominală (ref. Tabelele de dimensiuni filet)

²⁾ Determinat conform cu ISO 3506-1 pe lungimea actuală a șurubului și nu pe o piesă specială de test.

Torsiunea minimă de rupere în Nm pentru bolțuri și șuruburi de la M1,6 la M16 din oțel inoxidabil austenitic (filet gros):

Dimensiune nominală filet	Clasă proprietăți 50	Clasă proprietăți 70	Clasă proprietăți 80
M1.6	0.15	0.2	0.24
M2	0.3	0.4	0.48
M2.5	0.6	0.9	0.96
M3	1.1	1.6	1.76
M4	2.7	3.8	4.32
M5	5.5	7.8	8.8
M6	9.3	13	15
M8	23	32	37
M10	46	65	74
M12	80	110	130
M16	210	290	330

0.2% Limită de elasticitate (Rp0.2) a oțelului inoxidabil austenitic la temperaturi înalte:

Clasă oțel	+100°C	+200°C	+300°C	+400°C
A2, A3, A4, A5	85 ¹⁾	80 ¹⁾	75 ¹⁾	70 ¹⁾
¹⁾ Aceste valori sunt date ca procent din valorile determinate la temperatură ambiantă. Aceste valori se aplică doar organelor de asamblare desemnate ca fiind de clasă de proprietăți 70 sau 80.				

Aplicații la temperaturi joase:

Clasă oțel	Limite inferioare de temperaturi operaționale pentru aplicarea continuă	
A2, A3	-200°C	
A4, A5	Bolțuri și șuruburi ¹⁾	-60°C
	Prezoane	-200°C
¹⁾ Datorită alierii cu elementul Mo, stabilitatea austenitică este redusă și temperatura de tranziție se mută către valori mai mari, dacă în cadrul procesului de producție se aplică un nivel ridicat de deformare.		

Proprietăți magnetice:

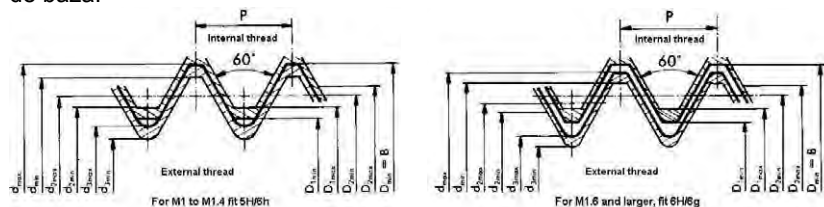
Organele de asamblare din oțel inoxidabil austenitic sunt în general non-magnetice. Cu toate acestea, după deformarea la rece, unele proprietăți magnetice sunt evidente. În aceste aspect, A4 este mai bun decât A2, iar A1 este cel mai nefavorabil. Unele aplicații precum cele pentru echipament electrotehnic, industria nucleară sau cu profil marin necesită materiale cu o permeabilitate magnetică cât mai aproape sau dacă este posibil egală cu 1.0. Organele de asamblare din stoc nu sunt potrivite pentru aceste scopuri și alte tipuri de oțeluri nemagnetizabile trebuie alese de comun acord.

3 Filetul

3.1 Filetul de șurub Metric (ISO), tipul gros – M

Profilul de bază și profile limită

Liniile îngroșate indică profilele maxime de material. Profilul maxim de material al filetului interior este profilul de bază.



Filet exterior

Filet interior

B = diametru major de bază

d = diametru major

D = diametru major

P = pas

d₃ = diametru minor

D₁ = diametru minor

d₂ = diametru de pas

D₂ = diametru de pas

3.1.1 Dimensiuni limită pentru filete metrice de șurub, tip gros, toleranță 6H/6g

Tabelul de mai jos este bazat pe ISO 965-1 (2013). Dimensiunile sunt în mm.

Diametru de bază ²⁾	Pas	Toleranță de filet extern 6g ¹⁾ (bolțuri și șuruburi)						Toleranță de filet intern 6H ¹⁾ (piulițe)				Secțiune la diametru minor	Zona de stres
		Diametru Major		Diametru de pas		Diametru minor		Diametru de pas		Diametru minor		$\frac{\pi}{4} d_3^2$	$\frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_1}{2} \right)^2$
B = D _{min}	P	d _{max}	d _{min}	d _{2max}	d _{2min}	d _{3max}	d _{3min}	D _{2min}	D _{2max}	D _{1min}	D _{1max}	A _d , mm ²	A _s , mm ²
1 ¹⁾	0,25	1,000	0,933	0,838	0,785	0,693	0,630	0,838	0,894	0,729	0,785	0,337	0,460
1,1 ¹⁾	0,25	1,100	1,033	0,938	0,885	0,793	0,730	0,938	0,994	0,829	0,885	0,494	0,588
1,2 ¹⁾	0,25	1,200	1,133	1,038	0,985	0,893	0,830	1,038	1,094	0,929	0,985	0,626	0,732
1,4 ¹⁾	0,3	1,400	1,325	1,205	1,149	1,032	0,964	1,205	1,265	1,075	1,142	0,837	0,983
1,6	0,35	1,581	1,496	1,354	1,291	1,152	1,075	1,373	1,458	1,221	1,321	1,075	1,27
1,8	0,35	1,781	1,696	1,554	1,491	1,352	1,275	1,573	1,658	1,421	1,521	1,474	1,70
2	0,4	1,981	1,886	1,721	1,654	1,490	1,407	1,740	1,830	1,567	1,679	1,788	2,07
2,2	0,45	2,180	2,080	1,888	1,817	1,628	1,540	1,908	2,003	1,713	1,838	2,133	2,48
2,5	0,45	2,480	2,380	2,188	2,117	1,928	1,840	2,208	2,303	2,013	2,138	2,980	3,39
3	0,5	2,980	2,874	2,655	2,580	2,367	2,273	2,675	2,775	2,459	2,599	4,475	5,03
3,5	0,6	3,479	3,354	3,089	3,004	2,743	2,635	3,110	3,222	2,850	3,010	6,000	6,78
4	0,7	3,978	3,838	3,523	3,433	3,119	3,002	3,545	3,663	3,242	3,422	7,749	8,78
4,5	0,75	4,478	4,338	3,991	3,901	3,558	3,439	4,013	4,131	3,688	3,878	10,07	11,3
5	0,8	4,976	4,826	4,456	4,361	3,995	3,869	4,480	4,605	4,134	4,334	12,69	14,2
6	1	5,974	5,794	5,324	5,212	4,747	4,596	5,350	5,500	4,917	5,153	17,89	20,1
7	1	6,974	6,794	6,324	6,212	5,747	5,596	6,350	6,500	5,917	6,153	26,18	28,9
8	1,25	7,972	7,760	7,160	7,042	6,438	6,272	7,188	7,348	6,647	6,912	32,84	36,6
9	1,25	8,972	8,760	8,160	8,042	7,438	7,272	8,188	8,348	7,647	7,912	43,78	48,1
10	1,5	9,968	9,732	8,994	8,862	8,128	7,938	9,026	9,206	8,376	8,676	52,3	58,0
11	1,5	10,968	10,732	9,994	9,862	9,128	8,938	10,026	10,206	9,376	9,676	65,9	72,3
12	1,75	11,966	11,701	10,829	10,679	9,819	9,602	10,863	11,063	10,106	10,441	76,2	84,3
14	2	13,962	13,682	12,663	12,503	11,508	11,271	12,701	12,913	11,835	12,210	104,7	115
16	2	15,962	15,682	14,663	14,503	13,508	13,271	14,701	14,913	13,835	14,210	144,1	157
18	2,5	17,958	17,623	16,334	16,164	14,891	14,625	16,376	16,600	15,294	15,744	175,1	193
20	2,5	19,958	19,623	18,334	18,164	16,891	16,625	18,376	18,600	17,294	17,744	225,2	245
22	2,5	21,958	21,623	20,334	20,164	18,891	18,625	20,376	20,600	19,294	19,744	281,5	303
24	3	23,952	23,577	22,003	21,803	20,271	19,955	22,051	22,316	20,752	21,252	324,3	353
27	3	26,952	26,577	25,003	24,803	23,271	22,955	25,051	25,316	23,752	24,252	427,1	459
30	3,5	29,947	29,522	27,674	27,462	25,653	25,306	27,727	28,007	26,211	26,711	519,0	561
33	3,5	32,947	32,522	30,674	30,462	28,653	28,306	30,727	31,007	29,211	29,711	647,2	694
36	4	35,940	35,465	33,342	33,118	31,033	30,655	33,402	33,702	31,670	32,270	759,3	817
39	4	38,940	38,465	36,342	36,118	34,033	33,655	36,402	36,702	34,670	35,270	913	976
42	4,5	41,937	41,437	39,014	38,778	36,416	36,007	39,077	39,392	37,129	37,799	1045	1121
45	4,5	44,937	44,437	42,014	41,778	39,416	39,007	42,077	42,392	40,129	40,799	1224	1306
48	5	47,929	47,399	44,681	44,431	41,795	41,352	44,752	45,087	42,587	43,297	1377	1473
52	5	51,929	51,399	48,681	48,431	45,795	45,352	48,752	49,087	46,587	47,297	1652	1758
56	5,5	55,925	55,365	52,353	52,088	49,177	48,700	52,428	52,783	50,046	50,796	1905	2030
60	5,5	59,925	59,365	56,353	56,088	53,177	52,700	56,428	56,783	54,046	54,796	2227	2362
64	6	63,920	63,320	60,023	59,743	56,559	56,048	60,103	60,478	57,505	58,305	2520	2676
68	6	67,920	67,320	64,023	63,743	60,559	60,048	64,103	64,478	61,505	62,305	2888	3055

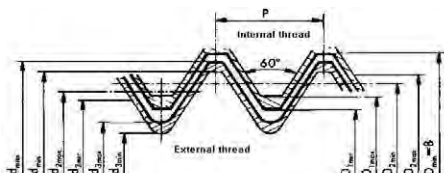
¹⁾ Valorile pentru diametrele de bază de la 1 la 1,4 mm corespund toleranțelor 5H/6h.

²⁾ Filetul de șurub este desemnat pe baza diametrului de bază, precedate de litera de profil M și urmată de gradele de toleranță, cum ar fi 6 și poziția de toleranță, de ex. g. Exemplu complet: M10–6g. Dacă o clasă de toleranță nu este indicată, toleranța menționată mai sus este validă. Pentru diametre de bază peste 68mm. Vezi filetul metric de șurub, tipul fin.

3.2 Filetul de șurub Metric (ISO), tipul fin – MF

Profilul de bază și profilele limitate

Liniile îngroșate indică profilele maxime de material. Profilul de material maxim al filetului intern este profilul de bază.



B = diametru major de bază
P = pas

Filet exterior

d = diametru major
d₃ = diametru minor
d₂ = diametru de pas

Filet interior

D = diametru major
D₁ = diametru minor
D₂ = diametru de pas

3.2.1 Dimensiunile limită pentru filetul metru de șurub, tipul fin, toleranță 6H/6g

Tabelul de mai jos este bazat pe ISO 965-1 (2013). Dimensiunile sunt în mm.

Diametru de bază ²⁾	Pas	Toleranță de filet extern 6g ¹⁾ (bolțuri și șuruburi)						Toleranță de filet intern 6H ¹⁾ (piulițe)				Secțiune la diametru minor	Zona de stres
		Diametru Major		Diametru de pas		Diametru minor		Diametru de pas		Diametru minor		$\frac{\pi}{4} d_3^2$	$\frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$
B = D _{min}	P	d _{max}	d _{min}	d _{2max}	d _{2min}	d _{3max}	d _{3min}	D _{2min}	D _{2max}	D _{1min}	D _{1max}	A _s mm ²	A _s mm ²
6	0,75	5,978	5,838	5,491	5,391	5,058	4,929	5,513	5,645	5,188	5,378	20,27	22,0
8	1	7,974	7,794	7,324	7,212	6,747	6,596	7,350	7,500	6,917	7,153	36,03	39,2
10	1	9,974	9,794	9,324	9,212	8,747	8,596	9,350	9,500	8,917	9,153	60,45	64,5
10	1,25	9,972	9,760	9,160	9,042	8,438	8,272	9,188	9,348	8,647	8,912	56,29	61,2
12	1	11,974	11,794	11,324	11,206	10,747	10,590	11,350	11,510	10,917	11,153	91,15	96,1
12	1,25	11,972	11,760	11,160	11,028	10,438	10,258	11,188	11,368	10,647	10,912	86,03	92,1
12	1,5	11,968	11,732	10,994	10,854	10,128	9,930	11,026	11,216	10,376	10,676	81,07	88,1
14	1,5	13,968	13,732	12,994	12,854	12,128	11,930	13,026	13,216	12,376	12,676	116,1	125
16	1,5	15,968	15,732	14,994	14,854	14,128	13,930	15,026	15,216	14,376	14,676	157,5	167
18	1,5	17,968	17,732	16,994	16,854	16,128	15,930	17,026	17,216	16,376	16,676	205,1	216
18	2	17,962	17,682	16,663	16,503	15,508	15,271	16,701	16,913	15,835	16,210	189,8	204
20	1,5	19,968	19,732	18,994	18,854	18,128	17,930	19,026	19,216	18,376	18,676	259,0	272
20	2	19,962	19,682	18,663	18,503	17,508	17,271	18,701	18,913	17,835	18,210	241,8	258
22	1,5	21,968	21,732	20,994	20,854	20,128	19,930	21,026	21,216	20,376	20,676	319,2	333
22	2	21,962	21,682	20,663	20,503	19,508	19,271	20,701	20,913	19,835	20,210	300,1	318
24	1,5	23,968	23,732	22,994	22,854	22,128	21,930	23,026	23,216	22,376	22,676	385,7	401
24	2	23,962	23,682	22,663	22,493	21,508	21,261	22,701	22,925	21,835	22,210	364,6	384
27	1,5	26,968	26,732	25,994	25,844	25,128	24,920	26,026	26,226	25,376	25,676	497,2	514
27	2	26,962	26,682	25,663	25,493	24,508	24,261	25,701	25,925	24,835	25,210	473,2	496
30	1,5	29,968	29,732	28,994	28,844	28,128	27,920	29,026	29,226	28,376	28,676	622,8	642
30	2	29,962	29,682	28,663	28,493	27,508	27,261	28,701	28,925	27,835	28,210	596,0	621
33	1,5	32,968	32,732	31,994	31,844	31,128	30,920	32,026	32,226	31,376	31,676	762,6	784
33	2	32,962	32,682	31,663	31,493	30,508	30,261	31,701	31,925	30,835	31,210	732,8	761
36	1,5	35,968	35,732	34,994	34,844	34,128	33,920	35,026	35,226	34,376	34,676	916,5	940
36	3	35,952	35,682	34,003	33,803	32,271	31,955	34,051	34,316	32,752	33,252	820,4	865
39	1,5	38,968	38,732	37,994	37,844	37,128	36,920	38,026	38,226	37,376	37,676	1085	1110
39	3	38,952	38,577	37,003	36,803	35,271	34,955	37,051	37,316	35,752	36,252	979,7	1028
42	1,5	41,968	41,732	40,994	40,844	40,128	39,920	41,026	41,226	40,376	40,676	1267	1294
42	3	41,952	41,577	40,003	39,803	38,271	37,955	40,051	40,316	38,752	39,252	1153	1206
45	1,5	44,968	44,732	43,994	43,844	43,128	42,920	44,026	44,226	43,376	43,676	1463	1492
45	3	44,952	44,577	43,003	42,803	41,271	40,955	43,051	43,316	41,752	42,252	1341	1398
48	1,5	47,968	47,732	46,994	46,834	46,128	45,910	47,026	47,238	46,376	46,676	1674	1705
48	3	47,952	47,577	46,003	45,791	44,271	43,943	46,051	46,331	44,752	45,252	1543	1604
52	1,5	51,968	51,732	50,994	50,834	50,128	49,910	51,026	51,238	50,376	50,676	1976	2010
52	3	51,952	51,577	50,003	49,791	48,271	47,943	50,051	50,331	48,752	49,252	1834	1900
56	2	55,962	55,682	54,663	54,483	53,508	53,251	54,701	54,937	53,835	54,210	2252	2301
56	4	55,940	55,465	53,342	53,106	51,033	50,643	53,402	53,717	51,670	52,270	2050	2144
60	4	59,940	59,465	57,342	57,106	55,033	54,643	57,402	57,717	55,670	56,270	2384	2485
64	4	63,940	63,465	61,342	61,106	59,033	58,643	61,402	61,717	59,670	60,270	2743	2851
68	4	67,940	67,465	65,342	65,106	63,033	62,643	65,402	65,717	63,670	64,270	3127	3242
72	6	71,920	71,320	68,023	67,743	64,559	64,048	68,103	68,478	65,505	66,305	3287	3463
76	6	75,920	75,320	72,023	71,743	68,559	68,048	72,103	72,478	69,505	70,305	3700	3889
80	6	79,920	79,320	76,023	75,743	72,559	72,048	76,103	76,478	73,505	74,305	4144	4344
90	6	89,920	89,320	86,023	85,743	82,559	82,048	86,103	86,478	83,505	84,305	5364	5590
100	6	99,920	99,320	96,023	95,723	92,559	92,028	96,103	96,503	93,505	94,305	6740	7000
110	6	109,920	109,320	106,023	105,723	102,559	102,028	106,103	106,503	103,505	104,305	8273	8560

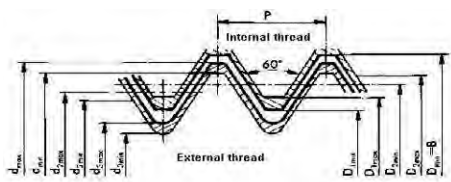
¹⁾ Pentru filete acoperite valorile maxime ale d, d₂ și d₃ sunt egale cu valorile profilului de bază. (d_{2max} = D_{2min} și d_{3max} = D_{1min})

²⁾ Filetul metric de șurub, tip fin, este desemnat de către diametru de bază, precedat de litera de profil M și urmate de pas și separate de un x și apoi de gradul de toleranță, cum ar fi 6, și de poziția de toleranță, cum ar fi H. Exemplu: M10x1,25-6H. Dacă nu se menționează o clasă de toleranță anume, toleranța 6H/6g se aplică.

3.3 Filetul de șurub Unified (ISO) – UNC

Profilul de bază și profilele de limitare

Liniile îngroșate indică profilele maxime de material. Profilul de material maxim al filetului intern este profilul de bază.



B = diametru major de bază
P = pas
N = număr de filete pe inch

Filet exterior

d = diametru major
d₃ = diametru minor
d₂ = diametru de pas

Filet interior

D = diametru major
D₁ = diametru minor
D₂ = diametru de pas

3.3.1 Dimensiunile limită ale filetului de șurub unified: tip gros UNC, clasă de toleranță 2A și 2B

Tabelul de mai jos este bazat pe ISO 5864 (1993). Dimensiunile sunt în mm.

Diametru de bază ²⁾	Număr de filete pe inch	Filet exterior toleranță 2A (bolțuri și șuruburi)						Filet interior toleranță 2B (piulițe)					Secțiune la diametru minor	Zona de stres
		Diametru major		Diametru de pas		Diametru minor		Diametru major	Diametru de pas		Diametru minor		$\frac{\pi}{4} d_2^2$	$\frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$
B inch	N	d _{max.}	d _{min.}	d _{2max.}	d _{2min.}	d _{3max.}	d _{3min.}	D _{min.}	D _{2min.}	D _{2max.}	D _{1min.}	D _{1max.}	A _{d3} mm ²	A _s mm ²
¼	20	6,322	6,117	5,496	5,403	4,765	4,580	6,350	5,525	5,646	4,979	5,257	17,4	20,5
5/16	18	7,907	7,687	6,990	6,889	6,174	5,972	7,938	7,021	7,155	6,401	6,731	29,3	33,8
¾	16	9,491	9,254	8,460	8,349	7,543	7,318	9,525	8,494	8,638	7,798	8,153	43,7	50
7/16	14	11,076	10,816	9,898	9,779	8,851	8,603	11,113	9,934	10,088	9,144	9,550	60,2	68,6
½	13	12,661	12,386	11,391	11,265	10,264	9,998	12,700	11,430	11,595	10,592	11,023	81,1	91,5
9/16	12	14,246	13,958	12,872	12,741	11,650	11,367	14,288	12,914	13,086	11,989	12,446	105	117,4
5/8	11	15,834	15,528	14,335	14,197	13,002	12,698	15,875	14,377	14,559	13,386	13,868	130	146
¾	10	19,004	18,677	17,353	17,204	15,887	15,555	19,050	17,399	17,594	16,307	16,840	195	215
7/8	9	22,176	21,824	20,342	20,183	18,714	18,352	22,225	20,392	20,599	19,177	19,761	270	298
1.IN.	8	25,349	24,969	23,286	23,114	21,452	21,052	25,400	23,338	23,561	21,971	22,606	355	391
1 1/8	7	28,519	28,103	26,162	25,980	24,066	23,623	28,575	26,218	26,456	24,638	25,349	447	492
1 1/4	7	31,694	31,278	29,337	29,150	27,241	26,792	31,750	29,393	29,636	27,813	28,524	574	625
1 3/8	6	34,864	34,402	32,113	31,911	29,669	29,162	34,925	32,175	32,438	30,353	31,115	680	745
1 1/2	6	38,039	37,577	35,288	35,083	32,844	32,335	38,100	35,350	35,615	33,528	34,290	835	906
1 3/4	5	44,381	43,861	41,081	40,856	38,148	37,557	44,450	41,151	41,445	38,964	39,827	1123	1226
2.IN.	4 1/2	50,726	50,168	47,061	46,820	43,802	43,155	50,800	47,135	47,449	44,679	45,593	1484	1613
2 1/4	4 1/2	57,076	56,518	53,411	53,165	50,152	49,500	57,150	53,485	53,804	51,029	51,943	1948	2097
2 1/2	4	63,421	62,817	59,296	59,033	55,631	54,910	63,500	59,376	59,717	56,617	57,581	2400	2581
2 3/4	4	69,768	69,165	65,643	65,378	61,978	61,255	69,850	65,726	66,073	62,967	63,931	2981	3181
3.IN.	4	76,118	75,515	71,993	71,722	68,328	67,600	76,200	72,076	72,428	69,317	70,281	3626	3852

Filetul de șurub Unified este desemnat de diametrul nominat urmat de numărul de filete pe inch (n), tipul de filet UNC și de clasa de toleranță. Ex: 3/8 – 16 UNC – 2A. Dacă nu este menționată nici o clasă de toleranță anume, toleranța 2A/2B se aplică.

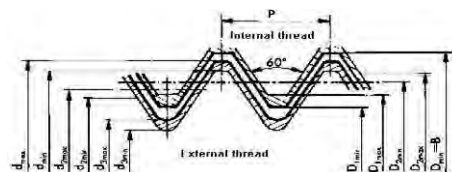
Pentru filete exterioare acoperit, valorile maxime ale d, d₂ și d₃ sunt egale cu valorile profilului de bază:

$$(d_{2max.} = D_{2min.} \text{ și } d_{3max.} = D_{1min.})$$

3.4 Filetul de șurub Unified (ISO) – UNF

Profilul de bază și profilele de limitare

Liniile îngroșate indică profilele maxime de material. Profilul maxim de material al filetului intern este profilul de bază.



B = diametru major de bază
P = pas
N = număr de filete pe inch

Filet exterior

d = diametru major
d₃ = diametru minor
d₂ = diametru de pas

Filet interior

D = diametru major
D₃ = diametru minor
D₂ = diametru de pas

3.4.1 Dimensiunile limită pentru filetele de șurub unified: tip fin UNF, clase de toleranță 2A și 2B

Tabelul de mai jos este bazat pe ISO 5864 (1993). Dimensiunile sunt în mm.

Diametru de bază	Număr de filete pe inch	Filet extern toleranță 2A (bolțuri și șuruburi)						Filet intern toleranță 2B (piulițe)					Secțiune la diametru minor	Aria de stres
		Diametru major		Diametru de pas		Diametru minor		Diametru major	Diametru de pas		Diametru minor		$\frac{\pi}{4} d_3^2$	$\frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$
B cal	N	d _{max.}	d _{min.}	d _{2max.}	d _{2min.}	d _{3max.}	d _{3min.}	D _{min.}	D _{2min.}	D _{2max.}	D _{1min.}	D _{1max.}	A _{d3} mm ²	A _s mm ²
¼	28	6,324	6,160	5,735	5,652	5,212	5,063	6,350	5,761	5,869	5,360	5,588	21,0	23,5
5/16	24	7,909	7,727	7,221	7,128	6,611	6,442	7,938	7,250	7,371	6,782	7,035	33,8	37,4
¾	24	9,497	9,315	8,808	8,713	8,199	8,027	9,525	8,837	8,961	8,382	8,636	52,2	56,6
7/16	20	11,079	10,874	10,253	10,148	9,522	9,325	11,113	10,287	10,424	9,729	10,033	70,3	76,6
½	20	12,666	12,462	11,841	11,733	11,109	10,910	12,700	11,875	12,016	11,329	11,607	95,9	103
5/8	18	14,251	14,031	13,335	13,221	12,519	12,304	14,288	13,371	13,520	12,751	13,081	122	131
5/8	18	15,839	15,619	14,922	14,804	14,107	13,887	15,875	14,959	15,110	14,351	14,681	155	165
¾	16	19,011	18,774	17,980	17,854	17,063	16,823	19,050	18,019	18,183	17,323	17,678	226	241
7/8	14	22,184	21,923	21,005	20,869	19,959	19,693	22,225	21,047	21,224	20,270	20,675	310	328
1.IN.	12	25,354	25,065	23,980	23,831	22,758	22,457	25,400	24,026	24,218	23,114	23,571	403	428
1.IN.	14	25,357	25,095	24,178	24,036	23,123	25,400	24,220	24,407	23,444	23,825	–	420	439
1 1/8	12	28,529	28,240	27,155	27,003	25,933	25,629	28,575	27,201	27,398	26,289	26,746	524	552
1 1/4	12	31,704	31,415	30,330	30,173	29,108	28,799	31,750	30,376	30,579	29,464	29,921	661	692
1 3/8	12	34,879	34,588	33,502	33,343	32,280	31,969	34,925	33,551	33,759	32,639	33,096	813	848
1 1/2	12	38,051	37,763	36,677	36,516	35,455	35,141	38,100	36,726	36,936	35,814	36,271	981	1020

Filetul de șurub Unified este desemnat de diametrul de bază urmat de numărul de filete pe inch (n), tipul de filet UNF și clasa de toleranță. Ex: 3/8 – 24 UNF – 2A. Dacă o clasă de toleranță nu este specificată, toleranța 2A/2B se aplică.

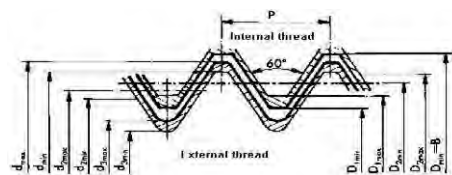
Pentru filete externe acoperite, valorile maxime ale d, d₂ și d₃ sunt egale cu valorile profilului de bază:

(d_{2max.} = D_{2min.} și d_{3max.} = D_{1min.})

3.5 Filetul de șurub Unified (ISO) - 8UN

Profilul de bază și profilele de limitare

Liniile îngroșate indică profilele maxime de material. Profilul de material maxim al filetului intern este profilul de bază.



B = diametru major de bază
P = pas
N = număr de filete pe inch

Filet exterior

d = diametru major
d₃ = diametru minor
d₂ = diametru de pas

Filet interior

D = diametru major
D₁ = diametru minor
D₂ = diametru de pas

3.5.1 Dimensiunile limită pentru filetul de șurub 8UN, clasa de toleranță 2A și 2B

Tabelul de mai jos este bazat pe ISO 5864 (1993). Dimensiunile sunt în mm.

Diametru de bază	Număr de filete pe inch	Filet extern toleranță 2A (bolțuri și șuruburi)					Filet intern toleranță 2B (piulițe)					Secțiune la diametru minor	Aria de stres
		Diametru major		Diametru de pas		Diametru minor	Diametru major	Diametru de pas		Diametru minor		$\frac{\pi}{4} d_3^2$	$\frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$
B inch	N	d _{max}	d _{min}	d _{2max}	d _{2min}	nominal	D _{min}	D _{2min}	D _{2max}	D _{1min}	D _{1max}	A ₄₃ mm ²	A _s mm ²
1⅜	8	28,521	28,141	26,459	26,284	24,653	28,575	26,513	26,741	25,146	25,781	470	510
1¼	8	31,697	31,316	29,634	29,456	27,800	31,750	29,688	29,921	28,321	28,956	599	645
1⅓	8	34,869	34,488	32,807	32,624	30,973	34,925	32,863	33,099	31,496	32,131	745	795
1½	8	38,044	37,663	35,982	35,796	34,148	38,100	36,038	36,279	34,671	35,306	906	963
1⅝	8	41,219	40,838	39,157	38,969	37,323	41,275	39,213	39,459	37,846	38,481	1084	1148
1¾	8	44,392	44,011	43,329	42,139	40,495	44,450	42,388	42,636	41,021	41,656	1277	1342
1⅞	8	47,567	47,186	45,564	45,309	43,670	47,625	45,563	45,817	44,196	44,831	1484	1555
2 IN.	8	50,742	50,361	48,679	48,481	46,845	50,800	48,738	48,994	47,371	47,371	1710	1787

Filetul de șurub este desemnat de către diametrul de bază urmat de numărul de filete pe inch (n), seria de filet UN și clasa de toleranță. Ex: 1.3/8 – 8UN – 2A. Dacă nu este specificată o anumită toleranță, toleranța 2A/2B se aplică.

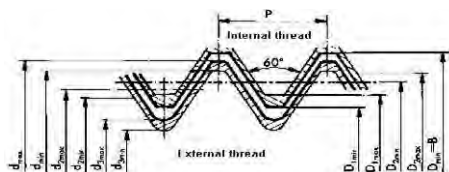
Pentru filete exterioare acoperite, valorile maxime ale d, d₂ și d₃ sunt egale cu valoarea profilului de bază:

$$(d_{2max} = D_{2min} \text{ și } d_{3max} = D_{1min}.)$$

3.6 Filetele de număr Unified – UNC și UNF

Profilul de bază și profilele de limitare

Liniile îngroșate indică profilele maxime de material. Profilul de material maxim al filetului intern este profilul de bază.



B = diametru major de bază
P = pas
N = număr de filete pe inch

Filet exterior

d = diametru major
d₂ = diametru minor
d₂ = diametru de pas

Filet interior

D = diametru major
D₁ = diametru minor
D₂ = diametru de pas

3.6.1 Dimensiunile limită pentru filetul de număr UNC și UNF, clasă de toleranță 2A și 2B

Tabelul de mai jos este bazat pe ISO 5864 (1993). Dimensiunile sunt în mm.

Indicativ	Diametru de bază	Număr de filete pe inch	Filet extern toleranță 2A (bolțuri și șuruburi)					Filet intern toleranță 2B (piulițe)			
			Diametru Major		Diametru de pas		Diametru Minor	Diametru de pas		Diametru Minor	
			d _{max.}	d _{min.}	d _{2max.}	d _{2min.}		D _{2min.}	D _{2max.}	D _{1min.}	D _{1max.}
2-56 UNC	2,184	56	2,169	2,066	1,874	1,822	1,612	1,890	1,960	1,695	1,871
3-48 UNC	2,514	48	2,496	2,383	2,153	2,096	1,846	2,172	2,247	1,941	2,146
4-40 UNC	2,844	40	2,824	2,695	2,413	2,350	2,044	2,434	2,517	2,157	2,385
5-40 UNC	3,175	40	3,154	3,026	2,743	2,678	2,374	2,764	2,847	2,487	2,697
6-32 UNC	3,505	32	3,484	3,333	2,969	2,899	2,512	2,990	3,083	2,642	2,895
8-32 UNC	4,165	32	4,142	3,991	3,627	3,554	3,169	3,650	3,746	3,302	3,530
10-24 UNC	4,826	24	4,800	4,618	4,112	4,029	3,502	4,138	4,246	3,683	3,962
12-24 UNC	5,486	24	5,461	5,279	4,772	4,687	4,163	4,799	4,909	4,344	4,597
4-48 UNF	2,844	48	2,827	2,713	2,484	2,424	2,176	2,502	2,580	2,271	2,458
5-44 UNF	3,175	44	3,157	3,036	2,781	2,718	2,448	2,800	2,880	2,551	2,740
6-40 UNF	3,505	40	3,484	3,356	3,073	3,008	2,705	3,094	3,180	2,820	3,022
8-36 UNF	4,165	36	4,145	4,006	3,688	3,617	3,279	3,709	3,799	3,404	3,606
10-32 UNF	4,826	32	4,803	4,651	4,287	4,212	3,830	4,311	4,409	3,963	4,165
12-28 UNF	5,486	28	5,461	5,296	4,871	4,791	4,348	4,898	5,003	4,496	4,724

3.7 Filete de șurub, fin comparativ cu gros

3.7.1 Explicații

Trendul general pentru organele de asamblare comerciale a arătat o trecere graduală și clară a popularității către filete groase. Și pe bună dreptate deoarece sunt din ce în ce mai puține motive bune pentru a folosi filete fine. Cu toate că în cazuri speciale (cum ar fi ajustările sau pentru anumite șuruburi de motor) se folosesc filete fine, acestea apar din ce în ce mai rar și aceste organe de asamblare cu filet fin devin din ce în ce mai mult un produs special datorită dezavantajelor economice care vin cu ele (preț mai mare, disponibilitate scăzută, stocare dublă).

Șurubul cu pas fin a fost creat în special, și este în continuare folosit în, industria automotive - și alte industrii conexe

Cel mai important argument pentru avocații filetelor fine sunt:

- Rezistența la tensiuni statice mai mare datorită zonei de stres mai mare a filetului
- Datorită unghiului de mișcare mai mic oferă o rezistență sporită la slăbire când este supus la vibrații
- Precizie mai bună la reglaje

În practică totuși, marea majoritate a construcțiilor nu sunt supuse la sarcini statice ci la sarcini dinamice, deci rezistența la oboseală este un criteriu important. Filetul gros prezintă o rezistență la oboseală mai bună deoarece concentrarea stresului la bază scade pe măsură ce pasul filetului crește. Argumentul rezistenței mai bune la slăbire a fost eliminat de dezvoltarea de sisteme de blocare mecanice și chimice care oferă o soluție eficientă la pierderea pre-tensionării în special când organul de asamblare este supus la forțe dinamice transversale.

Avantaje în plus ale filetului gros sunt:

- Este mai puțin sensibil la deteriorare, este în general mai ușor și mai simplu de asamblat
- Acoperiri mai groase sunt posibile deoarece există toleranțe mai mari ale filetelor
- Șanse mai mici ca filetul să fie smuls

Cele mai importante aspecte pro și contra sunt rezumate în tabelul următor de evaluare:

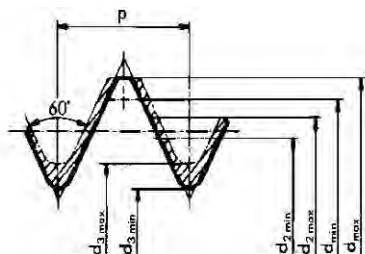
Proprietăți funcționale	Filetul de șurub gros ¹⁾	Filetul de șurub fin
Rezistență statică	+	++
Rezistență dinamică	+	-
Rezistență la slăbire	-	+
Rezistent la deteriorare	+	-
Grosime acoperire	+	-
Șanse de smulgere a filetului	+	-
Ușurința în asamblare	+	-
Cost redus / disponibilitate	+	-

¹⁾ Filetul gros este recomandat pentru organele de asamblare standardizate în construcții generale.

3.8 Filete de șurub metric cu clasă de toleranță Sk6 pentru prezoane DIN 939

Profilul de bază și profilele limitatoare

Linia îngroșată indică profilul minim de material.



P = Pas

d = Diametru Major = dimensiunea de bază

d₂ = Diametru de pas

d₃ = Diametru Minor

Clasa de toleranță Sk6 este folosită pentru aplicații generale, cum ar fi capătul de fixare al prezoanelor conform DIN 939 (fixări fără funcție de sigilare) și în combinație cu un filet intern, cu clasă de toleranță fină (4H respectiv. 4H5H) conform DIN 13 Partea 14. De fapt, aceste clase de toleranță pentru diametru de pas au legătură cu toleranțele tranziționale deoarece în multe cazuri nu se realizează nici o interferență de toleranțe evidentă.

Notă:

O interferență reală de toleranțe pentru filetele metrice a fost dezvoltată (MFS), fiind realizată prin includerea supradimensionării în diametrul major. Puteți face referințe la DIN 8141 Partea 1 pentru aceste toleranțe și la DIN 8141 Partea 2 pentru dimensiunile asociate cu aceste filete. Cu toate acestea, aceste norme se aplică doar pentru aplicații în aliaje turnate de aluminiu pentru dimensiuni de la M5 până la M16. Dezvoltări ulterioare depind de experiența utilizării acestora.

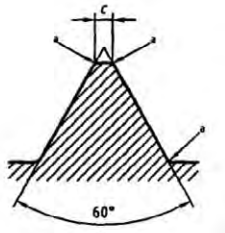
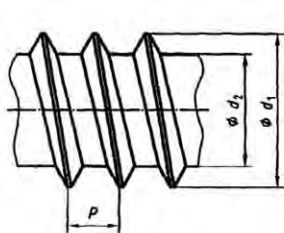
3.8.1 Dimensiuni limită pentru filetul de șurub metric cu clasă de toleranță Sk6

Tabelul de mai jos este bazat pe DIN 13-51 (2013). Dimensiunile sunt în mm.

Diametru de bază	Pasul	Filet extern (prezoane)					
		Diametru Major		Diametru de Pas		Diametru Minor	
d	P	d _{max.}	d _{min.}	d _{2max.}	d _{2min.}	d _{3max.}	d _{3min.}
6	1	6	5,776	5,406	5,335	4,773	4,663
(7) ¹⁾	1	7	6,776	6,406	6,335	5,773	5,633
8	1,25	8	7,750	7,244	7,173	6,466	6,343
(9) ¹⁾	1,25	9	8,750	8,244	8,173	7,466	7,343
10	1,5	10	9,720	9,082	9,011	8,160	8,017
(11) ¹⁾	1,5	11	10,720	10,082	10,011	9,160	9,017
12	1,75	12	11,600	10,943	10,843	9,853	9,691
14	2	14	13,525	12,781	12,681	11,546	11,369
16	2	16	15,525	14,781	14,681	13,546	13,369
18	2,5	18	17,470	16,456	16,356	14,933	14,731
20	2,5	20	19,470	18,456	18,356	16,933	16,731
22	2,5	22	21,470	20,456	20,356	18,933	18,731
24	3	24	23,400	22,131	22,031	20,319	20,078
¹⁾ Preferabil să nu fie folosit							

Desemnarea acestui filet se face Ex. M12 Sk6

3.9 Filet de șurub filetant – ST



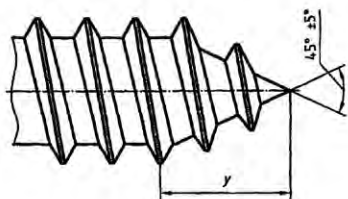
Marginile rotunjite la (a)

3.9.1 Dimensiunile limită pentru filetul de șurub filetant

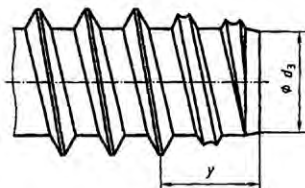
Tabelul de mai jos este bazat pe ISO 1478 (1999). Dimensiunile sunt în mm.

Diametru de bază	Nr.	Pas	Diametru Major		Diametru Minor		Diametru capăt plat		Aplatizarea vârfului	Lungimea vârfului filetant y_{max}		
		P~	$d_{1max.}$	$d_{1min.}$	$d_{2max.}$	$d_{2min.}$	$d_{3max.}$	$d_{3min.}$	$c_{max.}$	Tip C	Tip F	Tip R
ST 2,2	2	0,8	2,24	2,1	1,63	1,52	1,47	1,37	0,1	2	1,6	--
ST 2,6	3	0,9	2,57	2,43	1,9	1,8	1,73	1,6	0,1	2,3	1,8	--
ST 2,9	4	1,1	2,9	2,76	2,18	2,08	2,01	1,88	0,1	2,6	2,1	--
ST 3,3	5	1,3	3,3	3,12	2,39	2,29	2,21	2,08	0,1	3	2,5	--
ST 3,5	6	1,3	3,53	3,35	2,64	2,51	2,41	2,26	0,1	3,2	2,5	2,7
ST 3,9	7	1,4	3,91	3,73	2,92	2,77	2,67	2,51	0,1	3,5	2,7	3
ST 4,2	8	1,4	4,22	4,04	3,10	2,95	2,84	2,69	0,1	3,7	2,8	3,2
ST 4,8	10	1,6	4,8	4,62	3,58	3,43	3,3	3,12	0,15	4,3	3,2	3,6
ST 5,5	12	1,8	5,46	5,28	4,17	3,99	3,86	3,68	0,15	5	3,6	4,3
ST 6,3	14	1,8	6,25	6,03	4,88	4,7	4,55	4,34	0,15	6	3,6	5
ST 8	16	2,1	8	7,78	6,2	5,99	5,84	5,64	0,15	7,5	4,2	6,3

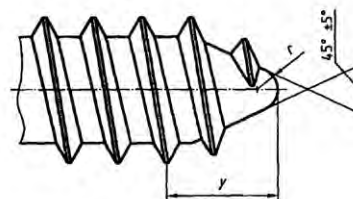
3.9.2 Capete de filet pentru filetul de șurub filetant



Tip C (Con)

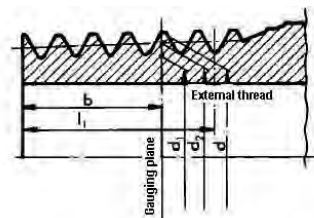
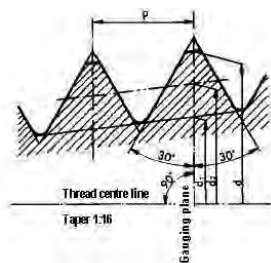


Tip F (Plat)



Tip R (Rotunjit)

3.10 Filet exterior conic metric fin – DIN 158-1



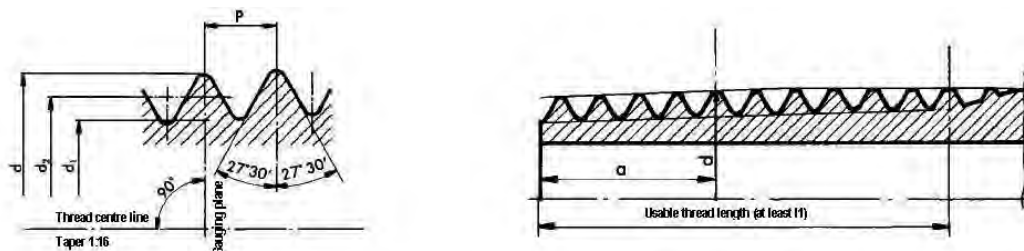
Filetul exterior conic metric fin este intenționat să fie folosit pentru conexiuni etanșe pentru lichide sau gaze cum ar fi dopurile de țevi conform DIN 906 sau ungătoare, etc. Până la și inclusiv M26 nu este necesară adăugarea unui material pe filet pentru etanșeizare. Pentru dimensiuni peste M26 se recomandă folosirea de adezivi sau alte materiale pentru a asigura etanșeitatea. Filetul exterior conic este în mod normal combinat cu filet interior paralele conform DIN 158. Filetul exterior conic metri fin este desemnat prin diametru de bază precedat de litera de profil M și urmat de pas, separat printr-un „x”.
Ex: M 20x1.5.

3.10.1 Dimensiuni limită pentru filetul extern conic, tip scurt

Tabelul de mai jos este bazat pe DIN 158-1 (1997). Dimensiunile sunt în mm.

Diametrul de bază x P	Diametrul Major		Diametrul de Pas		Diametrul Minor		Lungimea de înclinăție	Lungime filet util
	$d_{max.}$	$d_{min.}$	$d_{2max.}$	$d_{2min.}$	$d_{1max.}$	$d_{1min.}$	b	l_1
M 8x1	8,093	8,033	7,443	7,383	6,866	6,806	3	4
M 10x1	10,093	10,033	9,443	9,383	8,866	8,806	3	4
M 12x1,5	12,235	12,141	11,261	11,167	10,395	10,301	5,5	7,5
M 14x1,5	14,235	14,141	13,261	13,167	12,395	12,301	5,5	7,5
M 16x1,5	16,235	16,141	15,261	15,167	14,395	14,301	5,5	7,5
M 18x1,5	18,235	18,141	17,261	17,167	16,395	16,301	5,5	7,5
M 20x1,5	20,235	20,141	19,261	19,167	18,395	18,301	5,5	7,5
M 22x1,5	22,235	22,141	21,261	21,167	20,395	20,301	5,5	7,5
M 24x1,5	24,235	24,141	23,261	23,167	22,395	22,301	5,5	7,5
M 30x1,5	30,235	30,141	29,261	29,167	28,395	28,301	5,5	7,5
M 36x1,5	36,282	36,141	35,308	35,182	34,442	34,316	6,9	9
M 42x1,5	42,282	42,156	41,308	41,182	40,442	40,316	6,9	9

3.11 Filetul conic extern de țevi Whitworth tip R – DIN 3858



3.11.1 Dimensiuni nominale pentru filetul conic extern cu toleranță 2, scurt tip a

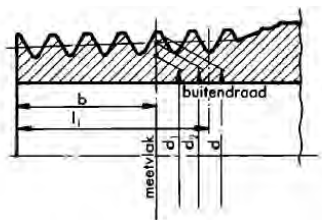
Tabelul de mai jos este bazat pe DIN 3858 (2005). Dimensiunile sunt în mm.

Indicativ	Numărul de filete N pe inch	Pas	Filet extern				
			Diametru major d	Diametru de pas d ₂	Diametru minor d ₁	Lungimea de înclinăție a	Lungime parte filet util l ₁
R $\frac{1}{8}$	28	0,907	9,728	9,147	8,566	3	5,5
R $\frac{1}{4}$	19	1,337	13,157	12,301	11,445	4,5	8,2
R $\frac{3}{8}$	19	1,337	16,662	15,806	14,950	4,5	8,2
R $\frac{1}{2}$	14	1,814	20,955	19,793	18,631	5	10,0
R $\frac{3}{4}$	14	1,814	26,441	25,279	24,117	6	11,0
R1	11	2,309	33,249	31,770	30,291	7	13,4
R1 $\frac{1}{4}$	11	2,309	41,910	40,431	38,952	7,5	13,9
R1 $\frac{1}{2}$	11	2,309	47,803	46,324	44,845	7,5	13,9

Filetul conic extern de țevi Whitworth este indicat prin litera R, urmată de diametru de bază în inch, Ex.: R1/8

3.12 Filetul paralel de țevi tip G – ISO 228-1

Linia îngroșată este profilul de bază.



	Filet extern	Filet intern
	d = Diametru Major	D = Diametru Major
	d ₁ = Diametru Minor	D ₁ = Diametru Minor
P = pas	d ₂ = Diametru de pas	D ₂ = Diametru de pas
N = număr de filete pe inch		

Filetul paralel de țevi Whitworth tip G este intenționat a fi folosit pentru conexiuni etanșe mecanic precum fittinguri, valve, robineți, etc. unde etanșeizarea nu este făcută pe filet. Acest filet este indicat prin litera de profil G, urmată de diametrul în inch și, pentru filetul extern, urmat de litera mare A sau B a clasei de toleranță.
Ex.: pentru filetul extern G $\frac{1}{2}$ A și pentru filetul intern G $\frac{1}{2}$.

3.12.1 Dimensiunile limită pentru filetele paralele de țevi tip G

Tabelul de mai jos este bazat pe ISO 228-1 (2000). Dimensiunile sunt în mm.

Filet exterior, clasă toleranță A							Filet interior						
Indicativ	Număr de filete	Diametru Major		Diametru de pas		Diametru Minor	Indicativ	Număr de filete	Diametru Major	Diametru de pas		Diametru Minor	
	N	d _{max.}	d _{min.}	d _{2max.}	d _{2min.}	d _{1nom.}		N	D _{Basic}	D _{2max.}	D _{2min.}	D _{1max.}	D _{1min.}
G $\frac{1}{8}$ A	28	9,728	9,514	9,147	9,040	8,566	G $\frac{1}{8}$	28	9,728	9,254	9,147	8,848	8,566
G $\frac{1}{4}$ A	19	13,157	12,907	12,301	12,176	11,445	G $\frac{1}{4}$	19	13,157	12,426	12,301	11,890	11,445
G $\frac{3}{8}$ A	19	16,662	16,412	15,806	15,681	14,950	G $\frac{3}{8}$	19	16,662	15,931	15,806	15,395	14,950
G $\frac{1}{2}$ A	14	20,955	20,671	19,793	19,651	18,631	G $\frac{1}{2}$	14	20,995	19,935	19,793	19,172	18,631
G $\frac{5}{8}$ A	14	22,911	22,627	21,749	21,607	20,587	G $\frac{5}{8}$	14	22,911	21,891	21,749	21,128	20,587
G $\frac{3}{4}$ A	14	26,441	26,157	25,279	25,137	24,117	G $\frac{3}{4}$	14	26,441	25,421	25,279	24,658	24,117
G $\frac{7}{8}$ A	14	30,201	29,917	29,039	28,897	27,877	G $\frac{7}{8}$	14	30,201	29,181	29,039	29,418	27,877
G1A	11	33,249	32,889	31,770	31,590	30,291	G1	11	33,249	31,950	31,770	30,931	30,291
G1 $\frac{1}{8}$ A	11	37,897	37,537	36,418	36,238	34,939	G1 $\frac{1}{8}$	11	37,897	36,598	36,418	35,579	34,939
G1 $\frac{1}{4}$ A	11	41,910	41,550	40,431	40,251	38,952	G1 $\frac{1}{4}$	11	41,910	40,611	40,431	39,592	38,952
G1 $\frac{1}{2}$ A	11	47,803	47,443	46,324	46,144	44,845	G1 $\frac{1}{2}$	11	47,803	46,504	46,324	45,485	44,845

4 Standarde de bază

4.1 Diametre de găurire pentru șuruburi autofiletante

4.1.1 Ghid de aplicabilitate

Caracteristica esențială a filetului de șurub autofiletant este capacitatea acestuia de a forma un filet intern fără șpan în gaura realizată prin materialele care trebuie fixate între ele. Diametrele acestor găuri, care sunt determinate teoretic și prin testări, se aplică organelor de asamblare cu filet autofiletant conform ISO 1478 și numai pentru aplicații în metale cu rezistențele la rupere indicate în tabele. Nu se aplică pentru folosirea în materiale plastice pentru care există câteva tipuri speciale de șuruburi autofiletante pe piață. De asemenea nu se aplică la utilizarea în oțel inoxidabil. Nu este posibil să oferim recomandări generale și determinări precise trebui făcute în fiecare caz bazat pe condițiile sub care fixările sunt posibile. Asta se aplică și șuruburilor autofiletante din oțel inoxidabil.

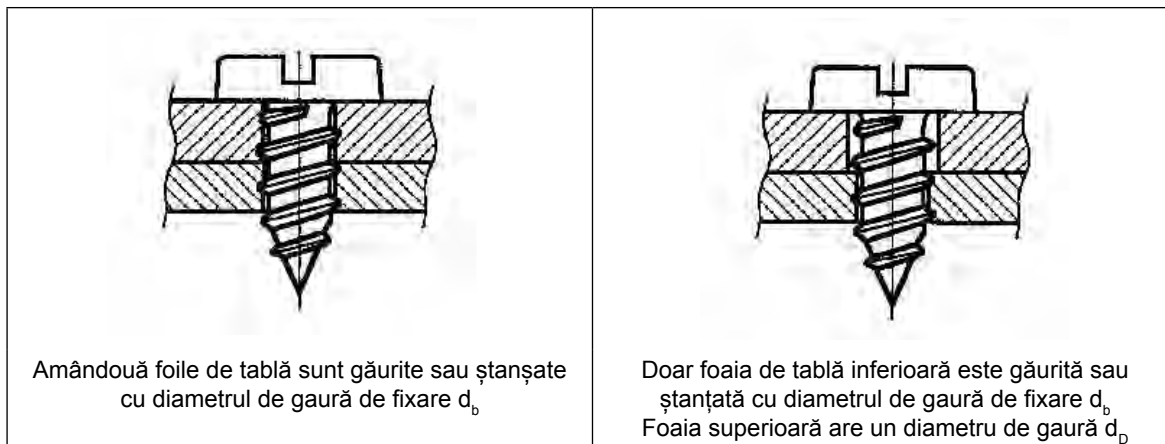
Acoperirile de suprafață pot avea o asemenea influență asupra coeficienților de frecare încât la montajul șuruburilor diametrele de gaură pentru montare trebuie modificate.

În materiale de grosime până la 2 mm, găurile sunt în generale ștanțate, nu găurite. Datorită întăririi peretelui găurii în acest proces, găurile trebuie făcute mai largi cu 0.1 până la 0.3 mm mai largi, în funcție de tipul de tablă și de grosimea acesteia. Asigurați-vă că șurubul este introdus din direcția din care s-a făcut și ștanțarea și nu din direcția opusă.

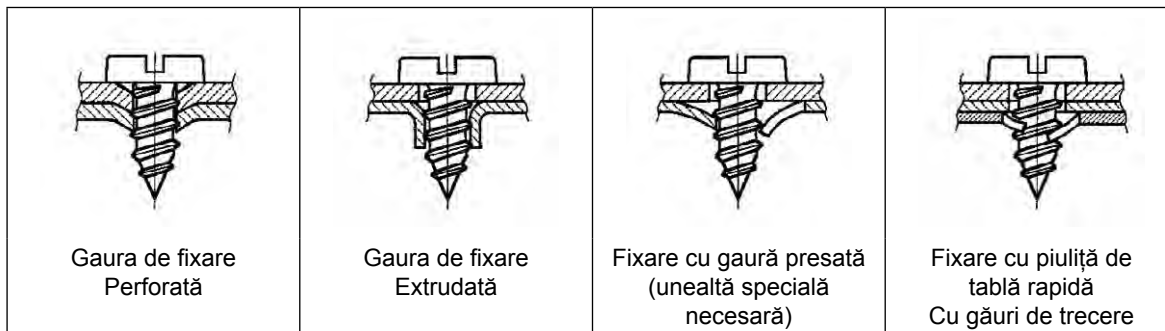
- Șuruburile autofiletante cu vârful tip C și tip R (vezi capitolul anterior) sunt cel mai des folosite, în special la fixarea mai multor foi de tablă unde vârful lor permite alinierea găurilor de fixare.
- Șuruburile autofiletante cu vârful tip F (vezi capitolul anterior) sunt utilizate acolo unde vârfuri ascuțite ieșind din fixare pot cauza probleme, de ex rănire sau zgâriere

4.1.2 Posibilități de aplicare

Grosimea tablei nu este mai mică decât pasul de filet al șurubului.



Pentru grosimi de tablă mai mici există următoarele posibilități



4.1.3 Valori orientative pentru diametrele de gaură de fixare d_h^1

Tabelele de mai jos sunt bazate pe DIN 7975 (1989). Dimensiunile sunt în mm.

Diametrele de găurire pentru filet de șurub autofiletant ST2,2										Diametrele de găurire pentru filet de șurub autofiletant ST2,9										
Grosime tablă ²	Rezistența la rupere a materialului R _m în N/mm²									Grosime tablă ²	Rezistența la rupere a materialului R _m în N/mm²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500		100	150	200	250	300	350	400	450	500	
0,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	
0,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	
1,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	
1,1	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	
1,2	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,5	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	
1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	
1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,7	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	
1,5	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,8	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	
1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	
1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	
1,8	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	

Diametrele de găurire pentru filet de șurub autofiletant ST3,5										Diametrele de găurire pentru filet de șurub autofiletant ST3,9									
Grosime tablă ²	Rezistența la rupere a materialului R _m în N/mm²									Grosime tablă ²	Rezistența la rupere a materialului R _m în N/mm²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500		100	150	200	250	300	350	400	450	500
1,3	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	1,3	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	
1,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	1,4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	
1,5	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	1,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	
1,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	1,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	
1,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	1,7	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	
1,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	1,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	
1,9	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	1,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	
2,0	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	
2,2	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	2,2	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	
2,5	2,7	2,7	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	2,5	3,0	3,0	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	
2,8	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	2,8	3,0	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	
										3,0	3,0	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5

[illegible]

Diametrele de găurire pentru filet de șurub autofiletant ST5,5										Diametrele de găurire pentru filet de șurub autofiletant ST6,3									
Grosime tablă ²	Rezistența la rupere a materialului R _m în N/mm ²									Grosime tablă ²	Rezistența la rupere a materialului R _m în N/mm ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500		100	150	200	250	300	350	400	450	500
1,8	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6	1,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,2	5,3	5,3	5,4
1,9	4,2	4,2	4,2	4,2	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	1,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4
2,0	4,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	2,0	4,9	4,9	4,9	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5
2,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,7	4,8	2,2	4,9	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,5	5,6
2,5	4,2	4,2	4,4	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	2,5	4,9	5,0	5,2	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	5,6
2,8	4,2	4,4	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	2,8	4,9	5,2	5,3	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7
3,0	4,2	4,5	4,6	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	4,9	3,0	4,9	5,3	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	5,7
3,5	4,4	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	3,5	5,2	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8
4,0	4,6	4,7	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	4,0	5,3	5,5	5,6	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8
4,5	4,7	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0	5,0	4,5	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
										5,0	5,5	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8

Diametrele de găurire pentru filet de șurub autofiletant ST8									
Grosime tablă ²	Rezistența la rupere a materialului R _m în N/mm ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
2,1	6,3	6,3	6,3	6,3	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9
2,2	6,3	6,3	6,3	6,5	6,6	6,8	6,8	6,9	7,0
2,5	6,3	6,3	6,5	6,7	6,8	6,9	7,0	7,0	7,1
2,8	6,3	6,4	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2
3,0	6,3	6,5	6,8	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2
3,5	6,4	6,8	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3
4,0	6,7	6,9	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3
4,5	6,8	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	7,4
5,0	7,0	7,1	7,2	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4
5,5	7,1	7,2	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4
6,0	7,1	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
6,5	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4

¹ Aceste diametre de găurire se aplică pentru o fixare simplă cu șurub autofiletant cu o gaură de trecere în prima foaie de tablă și o gaură de fixare în foaia inferioară și pentru șuruburi autofiletante fără acoperire.

² Grosimea minimă a tablei a fost aleasă în așa fel încât forța de torsiune la montaj să nu depășească 50% din rezistența minimă la torsiune conform ISO 2702. Această limită superioară este circa 0,8 din diametrul nominal al șurubului- de ex ST4,2 poate fi folosit în tablă care nu este mai groasă de 0,8 x 4,2 = 3,5 mm.

Informații orientative pentru diametrele găurilor de trecere:

Diametrul minim al găurii de trecere poate fi calculat folosind formula:

$$d_D = d_1 + 1/3(d_1 - d_b) \text{ mm}$$

unde: d_D = diametrul găurii de trecere
 d_1 = diametrul nominal al filetului șurubului
 d_b = diametru găurii de fixare

Exemplu:

Diametrul minim al găurii de trecere pentru șurubul autofiletant cu filet ST6,3 în material de 4 mmși care are o rezistență la sarcină de 350 N/mm² va fi $d_D = 6,3 + 1/3(6,3-5,7) = 6,5 \text{ mm}$.

4.2 Găuri de fixare pentru șuruburi formatoare de filet în metale (Taptite 2000)

4.2.1 Recomandări pentru găuri perforate și forate în materiale de duritate până la 150 HB, 500 N/mm²

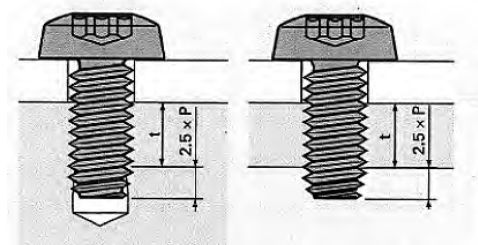
Diametrele de găuri de fixare (zona indicată este cea colorată) din tabelul de mai jos sunt determinate experimental de către producători și utilizatori, în funcție de tipul de material, grosimea materialului sau adâncimea de montare. Aceste valori sunt strict orientative.

Procesele de fabricație (cum ar fi ștanțarea) pot cauza întărirea prin prelucrarea rece a pereților găurii, necesitând astfel un diametru relativ mai mare. Asta se aplică și găurilor create prin turnare. Clasa de toleranță recomandată pentru găurile de fixare: H11.

În special în scopuri de producție în masă este recomandată realizarea unor testări riguroase pentru a ajunge la rezultatul optim legat de proprietățile mecanice ale șurubului, adâncimea de montare și proprietățile mecanice ale materialului în care șuruburile se montează. Este recomandat să începeți testarea cu cel mai mic diametru recomandat.

d	M2.5	M3	M3.5	M4	M5	M6	M8	d
Grosimea Materialului sau adâncimea de montare	Diametru găurii D_h [mm]							Grosimea Materialului sau adâncimea de montare
0,8								0,8
0,9								0,9
1	2,20							1
1,2		2,65						1,2
1,5	2,20		3,15	3,60				1,5
1,6	până la 2,25							1,6
1,7								1,7
1,8								1,8
2					4,45 până la 4,50	5,25 până la 5,30		2
2,2		2,65 până la 2,70	3,15 până la 3,20	3,60 până la 3,70				2,2
2,5	2,25 până la 2,30							2,5
3								3
3,2						5,30 până la 5,40	7,10 până la 7,20	3,2
3,5								3,5
4	2,25 până la 2,30				4,50 până la 4,55			4
5		2,70 până la 2,75	3,20 până la 3,25	3,65 până la 3,70		5,40 până la 5,45	7,20 până la 7,30	5
5,5								5,5
6								6
6,5								6,5
7								7
7,5					4,55 to 4,65		7,30 până la 7,35	7,5
8						5,45 până la 5,65		8
10								10
12								12
>12-16							7,35 până la 7,45	>12-16
>16-20								>16-20

Valori de ghidaj pentru mărirea adâncimii de montaj.



Valori de ghidaj pentru adâncimea de montaj

Oțel = 1,5 x d
Aluminiu = 2 x d
Zinc = 2 x d
Magneziu = 2,5 x d

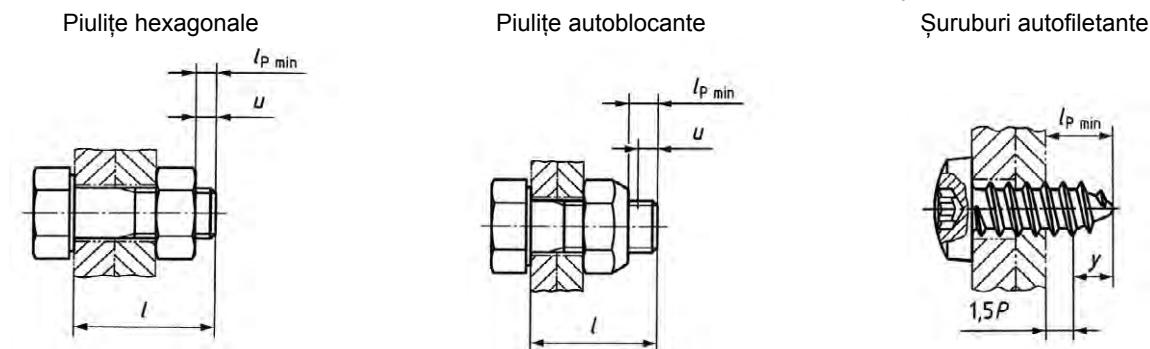
Notă importantă:

Lungimea de filet care susține sarcina este redusă de lungimea vârfului

Pentru găuri turnate, conice, turnate înfundate sau găuri de trecere informații specifice sunt disponibile la cerere.

*Plastice sensibile la crăpături de stres

4.4 Lungimea porțiunii exterioare pentru capetele de șurub (l_p)



Lungimea părții exterioare (l_p) a unui capăt de șurub într-o asamblare este bazată pe DIN 78 (2013)

Pentru piulițe hexagonale aceasta este: $l_{p \min} = 2P + (ISO 4753(2011): u \geq 2P)$

Pentru piulițe autoblocante aceasta este: $l_{p \min} = 3P + (ISO 4753(2011): u \geq 2P)$

Lungimea nominală a șuruburilor, L , este calculată ca totalul dintre lungimea de fixare plus lungimea totală a piuliței și lungimea minimă a părții exterioare, $l_{p \min}$. Valorile astfel calculate trebuie approximate apoi în sus (deci mai lung) către următoarea valoare standardizată a șurubului. Pentru lungimea exterioară a capetelor în aplicații cu piulițe hexagonale crenelate, vedeți DIN 34803.

Valoarea y este conformă cu DIN-EN-ISO 1478 (1999)

y	Tip	ST2,2	ST2,9	ST3,5	ST3,9	ST4,2	ST4,8	ST5,5	ST6,3
	C	2,0	2,3	3,2	3,5	3,7	4,3	5,0	6,0
	F	1,6	1,8	2,5	2,7	2,8	3,2	3,6	3,6
	R	--	--	2,7	3,0	3,2	3,6	4,3	5,0

4.5 Dimensiunea de găurire pentru filetarea cu tarozi

4.5.1 Informații generale

Aceste dimensiuni de găurire sunt valori orientative pentru diametre de găuri de fixare pentru filetarea cu tarozi pentru filete de șurub.

Limitele de toleranță a filetului de șurub nu trebuie depășite. În funcție de material, uneltele și metodele de fabricație folosite e posibil să fie necesar să deviați de la valorile orientative și să determinați experimental dimensiunea necesară.

Pentru filete metrice și unified (profil ISO), în principiu, următoarea formulă se aplică:

Dimensiunea burghiului = Diametrul nominal al filetului - Pas, dacă este necesar se aproximează.

4.5.2 Diametrul burghiilor pentru filet de șurub Metric (ISO) - gros - M

Bazat pe ISO 2306 (1972). Dimensiunile sunt în mm.

Mărime filet șurub	Mărime burghiu
M1	0,75
M1,1	0,85
M1,2	0,95
M1,4	1,1
M1,6	1,25
M1,8	1,45
M2	1,6

Mărime filet șurub	Mărime burghiu
M2,2	1,75
M2,5	2,05
M3	2,5
M3,5	2,9
M4	3,3
M4,5	3,7
M5	4,2

Mărime filet șurub	Mărime burghiu
M6	5
M7	6
M8	6,8
M9	7,8
M10	8,5
M11	9,5
M12	10,2

Mărime filet șurub	Mărime burghiu
M14	12
M16	14
M18	15,5
M20	17,5
M22	19,5
M24	21
M27	24

Mărime filet șurub	Mărime burghiu
M30	26,5
M33	29,5
M36	32
M39	35
M42	37,5
M45	40,5
M48	43

Mărime filet șurub	Mărime burghiu
M52	47
M56	50,5
M60	54,5
M64	58
M68	62

4.5.3 Diametrul burghiilor pentru filet de șurub Metric (ISO) - fin - MF

Bazat pe ISO 2306 (1972). Dimensiunile sunt în mm.

Diametru filet x pas	Mărime burghiu
M3 x 0,35	2,65
M3,5 x 0,35	3,15
M4 x 0,5	3,5
M4,5 x 0,5	4

Diametru filet x pas	Mărime burghiu
M5 x 0,5	4,5
M6 x 0,75	5,2
M8 x 1	7
M10 x 1	9

Diametru filet x pas	Mărime burghiu
M10 x 1,25	8,8
M12 x 1	11
M12 x 1,25	10,8
M12 x 1,5	10,5

Diametru filet x pas	Mărime burghiu
M14 x 1,5	12,5
M16 x 1,5	14,5
M18 x 1,5	16,5
M18 x 2	16

Diametru filet x pas	Mărime burghiu
M20 x 1,5	18,5
M20 x 2	18
M22 x 1,5	20,5
M22 x 2	20

Diametru filet x pas	Mărime burghiu
M24 x 1,5	22,5
M24 x 2	22
M27 x 1,5	25,5
M27 x 2	25

4.5.4 Diametrul burghiilor pentru filet paralel de țevi Whitworth – G

Bazat pe ISO 2306 (1972). Dimensiunile sunt în mm.

Diametru filet x filete/inch	Mărime burghiu
G $\frac{1}{8}$ x 28	8,8
G $\frac{1}{4}$ x 19	11,8
G $\frac{3}{8}$ x 19	15,25
G $\frac{1}{2}$ x 14	19

Diametru filet x filete/inch	Mărime burghiu
G $\frac{5}{8}$ x 14	21
G $\frac{3}{4}$ x 14	24,5
G $\frac{7}{8}$ x 14	28,25
G1 x 11	30,75

Rozmiar gwintu x ilość zwojów/cal	Rozmiar wiertła
G1 $\frac{1}{8}$ x 11	35,3
G1 $\frac{1}{4}$ x 11	39,5
G1 $\frac{1}{2}$ x 11	45
G1 $\frac{3}{4}$ x 11	51

4.6 Diametrul de cheie conform ISO

Diametrul de cheie al unor piulițe hexagonale și șuruburi cu cap hexagonal standardizate ISO a fost schimbat față de acum învechitele standarde DIN. Aceste schimbări au legătură doar cu șuruburi cu diametru de filet M10, M12, M14 și M22.

Comparația dintre mărimile de cheie DIN și ISO din tabelul de mai jos este bazată pe ISO 272 (1982).

Dimensiunile sunt în mm.

Diametru de bază	M10	M12	M14	M22
Diametrul de cheie conform DIN	17	19	22	32
Diametrul de cheie conform ISO 272	16	18	21	34

5 Acoperirile de suprafață ale organelor de asamblare

5.1 Introducere

Conform DIN 50900-1, coroziunea metalelor este o reacție a acestui material cu mediul în care este montat care poate crea schimbări vizibile în metal și care poate duce la performanțe reduse ale metalului sau a unui întreg sistem.

Există diferite tipuri de coroziune.

Unele tipuri de coroziune apar înafara efectelor mecanice ale sarcinii pe produs: coroziunea de suprafață, coroziunea în puncte, coroziunea de crevase, coroziunea galvanică, coroziunea chimică.

Alte tipuri de coroziune sunt inițiate prin o combinație cu sarcină mecanică: fisurarea corozivă de stres, erodarea.

Rezistența la coroziune a acoperirii este de multe ori exprimată în numărul de ore până la rugină albă (coroziune albă) sau până la rugina roșie (coroziune metalică) conform testului de ceață salină ISO 9227. Testarea cu ceață salină este o metodă de a verifica în ce măsură calitatea comparativă a protecției la coroziune este menținută. Cu toate acestea, de multe ori, legătura dintre rezultatele testelor și rezistența la coroziune în alte medii nu este una foarte clară deoarece câțiva factori care influențează avansarea coroziunii diferă mult cu condițiile reale. Din acest motiv rezultatele de rezistență la testul de ceață salină nu ar trebui luat ca un ghid direct al rezistenței la coroziune în aplicații.

Câteva măsuri pot fi luate pentru a preveni sau amâna efectele coroziunii asupra organelor de asamblare, cum ar fi proiectarea asamblării în sine, alegerea corectă a materialelor, aplicarea unui sistem de acoperire potrivit.

În secțiunea de tabele a acestui manual, se poate găsi un tabel de coroziune de contact și un tabel de coroziune chimică care vă pot oferi un prim ajutor în determinarea tipului de material acceptabil în funcție de mediul coroziv în care este folosit.

Acest capitol se referă doar la acoperirile de suprafață care sunt potrivite pentru organe de asamblare.

5.1.1 Rezumat al sistemelor de acoperiri

Acoperirile pot fi împărțite în sisteme metalice și non-metalice.

Acoperiri metalice (anorganice):

- Acoperiri aplicate electrolitic (conform ISO 4042) cum ar fi zinc, zinc-fier, nichel, ...
- Acoperiri chimice (fără electricitate): nichelare chimică
- Zincarea la cald (ISO 10684): acoperire groasă de zinc, aplicată prin scufundarea în zinc topit
- Acoperiri de difuziune: pudră metalică aplicată la temperaturi ridicate (cromarea, zincarea cu vapori)
- Zincarea mecanică (ISO 12683): pudră de zinc aplicată mecanic
- Acoperiri prin dispersare (ISO 10683): zincarea cu fulgi aplicați într-o soluție de dispersare

Acoperiri nemetalice:

- Ulei: aplicat în general pe organe de asamblare uzuale pentru a reduce riscul de coroziune în timpul depozitării
- Oxidarea neagră: nu este o acoperire reală, este conversia suprafeței oțelului în oxid de fier prin introducerea într-un lichid alcalin cald
- Fosfatarea (ISO 3892): aplicarea chimică de acoperire de fosfat de magan și zinc, combinat cu ulei pentru a oferi rezistență la coroziune
- Pasivarea de cromat (EN12329): acoperire suplimentară peste zinc pentru a îmbunătăți rezistența la coroziune
- Acoperiri subțiri cu lac: exemple de acoperiri ar fi PTFE, Teflon, KTL

Cel mai des utilizate pe organe de asamblare sunt acoperirile "active". Aceste acoperiri (zincări) oferă protecție "catodică", ceea ce înseamnă că acoperirea va fi sacrificială oxidării pentru protejarea metalului de bază. Avantajul acoperirilor active este că ele vor proteja chiar și în pofida unor defecte minor și vor întârzia astfel coroziunea severă a metalului de bază

Acoperirile "pasive" sunt cele care izolează materialul de mediu, precum Teflon. Asemenea acoperiri au dezavantajul că o dată instalată coroziunea va avansa rapid.

Uneori o combinație de acoperiri este realizată, denumită și "acoperire duplex".

5.1.2 Limitele de grosime a acoperirilor

Gradul de protecție împotriva coroziunii este în general proporțional cu grosimea de acoperire aplicată. Pentru organe de asamblare filetate grosimea maximă de strat de acoperire depinde de interstițiul dintre mărimea maximă de filet extern și mărimea minimă de filet intern. Pentru a preveni blocarea conexiunilor piuliță/șurub în timpul asamblărilor, grosimea nominală maximă a stratului de protecție nu trebuie să depășească $\frac{1}{4}$ din acest interstițiu.

Tabelul de mai jos (conform ISO 4042) oferă interstițiul și grosimea maximă de acoperire pentru fiecare pas. Majoritatea acoperirilor au o grosime care poate varia pe lungimea organului de asamblare. Pentru acoperiri electrolitice, ISO 4042 a definit relația dintre lungime și diametru și grosimea maximă de acoperire.

Filet extern						
Pas P	Diametru nominal filet d'	Pozitia de toleranță g				
		Interstițiu fundamental	Grosimea de acoperire maximă nominală			
			2	3		
			Toate lungimile nominale	Lungime nominală L		
				L≤5d	5d<L≤10d	10d<L≤15d
	mm	μm	μm	μm	μm	μm
0,2		-17	3	3	3	3
0,25	1; 1,2	-18	3	3	3	3
0,3	1,4	-18	3	3	3	3
0,35	1,6 (1,8)	-19	3	3	3	3
0,4	2	-19	3	3	3	3
0,45	2,5 (2,2)	-20	5	5	3	3
0,5	3	-20	5	5	3	3
0,6	3,5	-21	5	5	3	3
0,7	4	-22	5	5	3	3
0,75	4,5	-22	5	5	3	3
0,8	5	-24	5	5	3	3
1	6 (7)	-26	5	5	3	3
1,25	8	-28	5	5	5	3
1,5	10	-32	8	8	5	5
1,75	12	-34	8	8	5	5
2	16 (14)	-38	8	8	5	5
2,5	20 (18; 22)	-42	10	10	8	8
3	24 (27)	-48	12	12	8	8
3,5	30 (33)	-53	12	12	10	8
4	36 (30)	-60	15	15	12	10
4,5	42 (45)	-63	15	15	12	10
5	48 (52)	-71	15	15	12	10
5,5	56 (60)	-75	15	15	15	12
6	64	-80	20	20	15	12

¹ Aceste informații legate de filetele groase sunt oferite doar din motive de conveniență. Pasul este normativ.

² Grosimea maximă nominală de strat pentru măsurarea locală.

³ Grosimea maximă nominală de strat dacă măsurarea este bazată pe grosimea medie a stratului agreeată în conformitate cu metoda definită în ISO 4042, anexa B.

5.1.3 Fragilizarea de hidrogen

Când hidrogenul sub formă atomică intră în oțel, el poate cauza fisuri de fragilizare catastrofale la aplicarea de sarcini care sunt mult mai mici decât rezistența la rupere. Acest fenomen este denumit cedarea întârziată indusă de hidrogen sau fragilizarea de hidrogen. Tipic, cedarea cauzată de fragilizarea de hidrogen apare la câteva ore sau zile după asamblare.

Hidrogenul poate fi introdus prin diverse tratamente precum curățarea, răcirea rapidă, electroliza...dar și în mediul de service ca un rezultat al reacțiilor protecției catodice sau reacțiilor corozive.

Fragilizarea de hidrogen apare cel mai des în produse cu următoarele caracteristici:

- Cu rezistență la rupere $\geq 1000 \text{ N/mm}^2$
- Cu duritatea $\geq 320 \text{ HV}$
- Care sunt tratate termic

Pentru a reduce riscul de cedare prin fragilizare de hidrogen, piesele care prezintă risc se vor coace timp de 4 ore după acoperirea loc electrolitică și înainte de pasivare la temperaturi de la 200°C la 230°C. Chiar și așa nu se pot oferi garanții că piesele astfel tratate vor fi complet scutite de fenomenul de fragilizare de hidrogen.

În special la șuruburi cu rezistență la rupere foarte ridicată, precum clasa de proprietăți 12.9 este contraindicată aplicarea de acoperiri care generează riscul de fragilizare de hidrogen. Acoperiri standard care sunt considerate a avea risc scăzut de fragilizare de hidrogen: zincarea cu fulgi, zincarea la cald.

5.1.4 Directivele Europene RoHS și ELV

RoHS sau RoHS II: Restriction on the use of Hazardous Substances (European Directive 2011/65/EU) – Restricționarea folosirii de Substanțe Periculoase.

ELV: End of Live Vehicles (European Directive 2000/53/EC) – Vehicule la Sfârșit de Utilizare.

Ambele directive interzic folosirea de plumb (Pb), mercur (Hg), cadmiu (Cd) și crom hexavalent (Cr^{6+}).

RoHS II interzice de asemenea folosirea de Bifenili Polibrominați (PBB), Eteri Difenili Polibrominați (PBDF).

RoHS este aplicabil pentru echipamente electrice și electronice iar ELV afectează autovehiculele de pasageri.

În special interzicerea folosirii de Cr^{6+} este importantă pentru acoperirea organelor de asamblare, deoarece pasivări des folosite precum cea galbenă sau neagră, dar și zincarea cu fulgi Dacromet conțin un nivel inacceptabil de mare al acestei substanțe. Este așteptat ca în viitorul apropiat acoperirile cu Cr^{6+} să fie complet interzise în toată Europa.

Din organele de asamblare standard existente pe stoc, există o gamă largă de articole cu acoperiri fără Cr^{6+} în special

- Zincate electrolitic, pasivate alb (Cr^{3+})
- Zincate cu fulgi flZn/nc/L/600h



La cerere se pot oferi și alte acoperiri fără Cr^{6+} .

Trebuie luat în calcul în cazul plumbului (Pb) care există în unele tipuri de oțel și alamă, în funcție de excepțiile oferite de către legislația RoHS și dacă acestea vor fi continuate după expirarea lor la jumătatea lui 2016.

5.2 Zincarea electrolitică

O acoperire prin zincare electrolitică este un strat metalic care este depozitat pe suprafața unor piese metalice prin introducerea lor într-o soluție care conține un electrolit și prin care se trece un curent electric.

Cerințele pentru acoperiri electrolitice pe organe de asamblare sunt definite de ISO 4042:1999. Această ediție a standardelor ISO nu ia în considerație restricțiile care există în unele legislații ale UE. O nouă ediție a ISO 4042 este pregătită, aceasta va defini acoperirile electrolitice care nu conține nici una dintre substanțele definite de RoHS ca fiind periculoase.

Un sistem de coduri poate fi folosit pentru definirea acoperirii metalice, a grosimii sale și a tipului de strat de pasivare.

Codul este compus din 2 litere mari și o cifră între ele.

- Literă de cod pentru metalul cu care se face acoperirea
- Cifră de cod pentru grosimea minimă a stratului de acoperire
- Literă de cod pentru tipul de pasivare care se aplică peste metalul de acoperire.

Litera de cod pentru metalul cu care se face acoperirea:

Litera de Cod	Metalul cu care se face acoperire	Simbolul Chimic
A	Zinc	Zn
B	Cadmiu	Cd
C	Cupru	Cu
D	Alamă	CuZn
E	Nichel	Ni
F	Nichel-Crom ¹	NiCr
G	Cupru-Nichel	CuNi
H	Cupru-Nichel-Crom ¹	CuNiCr
J	Staniu	Sn
K	Cupru-Staniu	CuSn
L	Argint	Ag
N	Cupru-Argint	CuAg
P	Zinc-Nichel	ZnNi
Q	Zinc-Cobalt	ZnCo
R	Zinc-Fier	ZnFe

¹ Grosimea stratului de crom $\approx 0.3\mu\text{m}$.

Cifra de cod pentru grosimea acoperirii:

Cifra de cod	Grosimea minimă de acoperire (structură acoperire) în µm	
	1 metal de acoperire	2 metale de acoperire
0 ²	-	-
1	3	-
2	5	2+3
3	8	3+5
4	12	4+8
5	15	5+10
6	20	8+12
7 ³	25	10+15
8 ³	30	12+18

² Cifra de cod 0 se aplică la filete de şurub sub M1.6 unde nici o grosime anume de strat nu poate fi specificată.

³ Nu se aplică la componente filetate.

Litera de cod pentru stratul de pasivare cromată:

Literă de cod	Finisaj	Culoarea pasivării cromate
A	Mat	Fără culoare
B		Albastru spre albastru strălucitor ¹
C		Galben spre galben-marou, strălucitor
D		Verde măsliniu spre verde-marou
E	Semi -strălucitor	Fără culoare
F		Albastru spre albastru strălucitor ¹
G		Galben spre galben-marou, strălucitor
H		Verde măsliniu spre verde-marou
J	Strălucitor	Fără culoare
K		Albastru spre albastru strălucitor ¹
L		Galben spre galben-marou, strălucitor
M		Verde măsliniu spre verde-marou
N	Foarte deschis	Fără culoare
P	Opţional	La fel ca B, C sau D
R	Mat	Marou spre negru sau negru
S	Semi -strălucitor	
T	Strălucitor	

¹ Se aplică doar la acoperirea cu Zn

Exemplu de codificare: A3L

“A” înseamnă acoperire cu zinc

“3” indică grosimea stratului de cel puţin 8 µm

“L” se referă la pasivare galbenă cu un grad de strălucire egal cu strălucitor

Exemplu de indicativ: Şurub hexagonal ISO 4014 – M16 x 60 – 8.8 – A3L.

Ca rezultat al legislaţiilor RoHS/ELV şi cerinţelor ridicate ale industriei automotivă pentru rezistenţa la coroziune a acoperirilor fără Cr⁶⁺ s-au creat noi tipuri de acoperiri pasivate şi etanşante care nu sunt încă standardizate.

5.3 Zincarea la cald

Zincarea la cald este definită printr-un strat protectiv de zinc depozitat pe suprafața pieselor de oțel prin scufundarea lor în zinc lichid. Părțile filetate au în general nevoie de un proces de rotire imediat după procesul de scufundare. ISO 10864 (fostul DIN 267-10) specifică cerințele de material, proces, dimensiuni și performanțe pentru aplicarea zincării la cald pe filete groase de oțel de la M8 la M64. Datorită rezistenței foarte bune la coroziune în mediu extern, zincarea la cald se aplică cel mai multe la organe de asamblare care se folosesc în construcții metalice și industria de construcții.

Filetul normal este în mod normal tăiat după procesul de zincare la cald și deci nu este în mod normal acoperit. După asamblare filetul intern este protejat împotriva coroziunii de filetul extern zincat la cald al șurubului cu care se montează.

Zincarea la cald a organelor de asamblare cu clasa de proprietăți 10.9 implică proceduri specifice pentru a preveni fragilizarea de hidrogen și micro-fisuri la bolțuri $\geq$ M27.

Grosime acoperire: minim 40 μm .

Datorită grosimii acoperirii, care este dincolo de toleranțele permise între clasele de toleranță 6g și 6H, anumite măsuri speciale trebuie luate:

1. Sistemul de "filet supradimensionat":
Șuruburile standard cu clasă de toleranță a filetului 6g se acoperă cu zinc la cald și filetul devine „supradimensionat”. Aceste șuruburi trebuie combinate cu piulițe care au fost filetate „supradimensionat” (cu circa 0.3 mm mai mari) după galvanizare. Deci nu au potrivirea uzuală de filet. Aceste șuruburi și piulițe trebuie folosite ca un set. Această combinație este de obicei folosită și recomandată.
2. Sistemul de filet ISO-metric:
Cea de-a doua metodă, în conformitate cu ISO 10684, dimensiunea de filet după zincarea la cald este conformă cu ISO 965-1 clasa 6h/6H. Înainte de zincarea la cald filetul extern este realizat mai mic decât clasa normală de toleranță 6g (filet subdimensionat). Asta înseamnă că șuruburile după zincarea la cald trebuie să se încadreze în poziția de toleranță 6h. Aceste șuruburi "ISO metrice" zincate la cald trebuie potrivite cu piulițe care au fost filetate normal după galvanizare și deci se încadrează la poziția de toleranță 6H. Această metodă crează fixarea de filet normală și poate astfel să fie folosită cu piulițe și găuri filetate care sunt realizate conform standardului de filet ISO-metric standard.

Remarci importante:

- **Atenție specială trebuie acordată pentru a nu amesteca șuruburi și piulițe din sistemul cu "filet supradimensionat" și sistemul "ISO-metric", deoarece asamblarea realizată astfel va ceda cu siguranță!**
- **De asemenea trebuie luat în calcul că rezistența la sarcină a piulițelor supradimensionate filetate și rezistența la rupere a șuruburilor filetate subdimensional poate fi redusă comparativ cu valorile specificate în ISO 898-2 și respectiv ISO 898-1.**

5.4 Zincarea cu fulgi

Acoperirea prin zincare cu fulgi (conform ISO 10683) este o acoperire non-electrolitică care este realizată prin aplicarea pe suprafața organelor de asamblare a unei dispersii de fulgi de zinc, și posibil și a unor fulgi de aluminiu. Un mediu potrivit crează o legătură între fulgi și între aceștia și substratul de oțel prin tratament termic. Acoperirea anorganică astfel formată este conductoare electric și asigură protecția catodică.

Comparativ cu majoritatea acoperirilor cu zinc, acest tratament cu fulgi de zinc oferă o rezistență la coroziune mult mai ridicată, fără riscul de fragilizare de hidrogen.

ISO 10683 definește acoperiri cu fulgi de zinc cu sau fără Cr^{6+} . Acest fapt este indicat de către standardul ISO ca fZn/nc (fl=fulgi, Zn=zinc, nc=nu crom).

Rezistența la coroziune a acoperirilor cu fulgi de zinc depășesc performanțele zincării electrolitice convenționale cu mai mulți multipli având o grosime comparabilă a stratului de acoperire. Pentru gama standard, cu o rezistență la coroziune de 480 ore pentru diametre mici și 600 de ore pentru dimensiuni mai mari (>M8). Această ultimă categorie este specificată de către standardul ISO ca fZn/nc/600h.

De multe ori, la menționarea unei acoperiri, este coeficientul de frecare. În majoritatea aplicațiilor filetate organele de asamblare trebuie strânse până este atinsă forța minimă de strângere, fără suprasolicitarea părților fixate sau a organelor de asamblare în sine. De multe ori acest proces de strângere este controlat prin o torsiune specificată în acest sens. S-a decis acoperirea cu fulgi de zinc lubrifiată, cu un coeficient de frecare care este apropiat de cel al organelor de asamblare normale zincate electrolitic: $\mu_{\text{tot}} = 0,12 - 0,18$. Aplicarea lubrifianului este indicată cu "L".

Acoperirile cu fulgi de zinc alese pentru gama standard sunt specificate ca fiind conforme cu ISO 10683 ca "fZn/nc/L/480h" pentru organe de asamblare până la M8 și ca "fZn/nc/L/600h" pentru dimensiuni mai mari.

6 Documente de inspectare pentru organe de asamblare

6.1 Rapoarte de testări și certificate EN 10204

Inițial documentele de inspectie (tipurile de certificate) au fost specificate în standardul DIN 50049. Definițiile testărilor de material și tipurilor de certificate din DIN 50049 au fost baza pentru standardul European EN 10204, care a fost publicat pentru prima dată în 1991.

Atât DIN 50049 cât și EN 10204 au definit tipurile de certificate ca fiind 2.1, 2.2, 2.3, 3.1A, 3.1B, 3.1C și 3.2. EN 10204 a fost revizuit ultima dată în 2004 cu o listă simplificată de documente de inspectie (tipuri de certificate). Acestea sunt acum tipurile 2.1, 2.2, 3.1 and 3.2. Tipul 2.3 a fost eliminat. Tipul 3.1 a înlocuit tipul 3.1B. Tipul 3.2 a înlocuit 3.1A, 3.1C și 3.2 din ediția anterioară.

Tabelul de mai jos arată lista curentă (C=ediția curentă 2004) și lista retrasă (R=ediția retrasă 1995) de certificate EN 10204, cu explicații legate de cuprinsul lor.

Tipul de certificat	Titlu	Statu	Sumar al cerințelor EN10204	Note
2.1	Declarație de conformitate cu comanda	C	Declarație de conformitate cu comanda eliberată de producător.	Nu conține rezultate de testări.
2.2	Raport de testări	C	Declarație de conformitate cu comanda eliberată de producător bazată pe inspecții non-specifice (teste) realizate de producător.	Se pot folosi rezultatele de testare de mostre din alt lot, produse prin același lanț de producție.
2.3	Raport de testări specifice	R	Cu mențiuni ale rezultatelor testelor de la inspecții și testări specifice	Rezultatele testelor lotului livrat trebuie să apară pe certificat. Certificatul este eliberat și semnat de reprezentantul producătorului care nu este necesar să fie o terță parte independentă de departamentul de producție.
3.1	Certificat de inspectie	C	Declarație de conformitate cu comanda eliberată de producător care conține rezultatele inspecției specific realizată	Înlocuiește 3.1B. Certificat comun eliberat pentru lotul livrat cu numărul specific. Certificat eliberat și semnat de reprezentantul producătorului care trebuie să fie independent de departamentul de producție. De ex – managerul departamentului de calitate, supervisorul de calitate.
3.1A	Certificat de inspectie 3.1A	R	Cu menționarea rezultatelor testărilor și inspecțiilor specifice	Rezultatele testelor pentru lotul livrat cu numărul specific. Certificat eliberat de un inspector independent desemnat de o autoritate stabilită (de ex. TUV pentru vase de presiune Germania). Înlocuit de 3.2 din 2004.
3.1B	Certificat de inspectie 3.1B	R	Cu menționarea rezultatelor testărilor și inspecțiilor specifice	Rezultatele testelor pentru lotul livrat cu numărul specific. Certificat eliberat și semnat de reprezentantul producătorului. Înlocuit de 3.1 din 2004.
3.1C	Certificat de inspectie 3.1C	R	Cu menționarea rezultatelor testărilor și inspecțiilor specifice	Rezultatele testelor pentru lotul livrat cu numărul specific. Certificat eliberat și semnat de un inspector independent numit de către client (de ex. Lloyds, laborator acreditat). Înlocuit cu 3.2 din 2004.
3.2	Certificat de inspectie	C	Declarație de conformitate cu comanda cu indicarea rezultatelor inspecției și testelor specifice	Rezultatele testelor pentru lotul livrat cu numărul specific. Certificat eliberat atât de reprezentantul producătorului și de un inspector independent numit ori de către client (conf. 3.1 C retras) ori de către un inspector desemnat conform regulamentelor oficiale (conf. 3.1A retras). Prin urmare 3.2 acoperă scopul certificatelor 3.1A și 3.1C din ediția precedentă.

6.2 Documentația PPAP

PPAP este un acronim pentru "Production Part Approval Process" (Proces de Aprobare Piese Producție) și se pronunță de cele mai multe ori "pee-pap". Principalul scop al documentației asociate calității PPAP este de a verifica capacitatea producătorului de a produce și livra într-un mod consistent un subansamblu auto care să fie conform în totalitate cu cerințele comenzilor de achiziție.

Sistemul PPAP este unic industriei automotive, cu toate acestea și alte industrii folosesc acest tip de proces. Cantitatea mare de documentație necesară are rolul de a reduce posibilitatea de defect al unui subansamblu auto, care poate reduce siguranța vehiculului, fiabilitatea acestuia, satisfacția clientului și de asemenea poate întrerupe producția unui vehicul nou.

Câteva nivele de inspecție sunt definite de manualul PPAP, publicat de Automotive Industry Action Group (AIAG).

Există cinci nivele de inspecție PPAP:

Nivel 1: Doar Part Submission Warrant (PSW).

Nivel 2: PSW cu mostre de produse și informații suplimentare limitate.

Nivel 3: PSW cu mostre de produse și informații suplimentare complete.

Nivel 4: PSW și alte cerințe definite de client.

Nivel 5: PSW cu mostre de produse și informații suplimentare complete disponibile pentru verificare la locația de producție.

În general este necesar un "Nivel 3", pentru care producătorul trebuie să adreseze următoarea listă de subiecte:

- Arhivă proiectare
- Modificări Tehnologice
- Aprobări Tehnologice
- Analiza de proiectare pentru efecte și defecțiuni (DFMEA)
- Diagrame de flux procedural
- Analiza de procese pentru efecte și defecțiuni (PFMEA)
- Plan de control
- Studii de analiză a sistemului de măsurare
- Rezultate dimensionale
- Rezultatele testărilor de performanță a materialelor
- Studii de proces inițial
- Documentația de laborator calificat
- Raport de aprobare a aspectului (dacă se aplică)
- Mostre produs
- Arhivă de conformitate cu cerințe specifice ale clienților
- Part Submission Warrant (PSW) – Garanție de livrare subansamblu

Documentația PPAP este în mod normal valabilă până când are loc o schimbare în procesele producătorului.

6.3 Certificarea CE

Un mare număr de produse industriale trebuie realizate de către un producător certificat CE sau necesită marcarea lor cu indicativul CE. În continuare, numărul de produse care necesită marcajul CE va fi extins.

Marcajul CE indică faptul că produsul satisface cerințele fundamentale de siguranță și sănătate în muncă necesare pentru a comercializa produsul. Aceste cerințe minime sunt listate în Ghidul European. Acest Ghid European nu conține specificații tehnice detaliate ale produselor. Aceste specificații tehnice au fost incluse în majoritatea standardelor – europene – pentru multe dintre aceste produse.

Organe de asamblare pentru care marcajul CE este obligatoriu:



Datorită Directivei despre Utilaje (2006/42/EC):

DIN 580 respectiv DIN 582: Ocheți de ridicare șurub și piuliță dacă sunt folosiți ca echipament de ridicare.

Datorită Directivei Produselor de Construcții (89/106/EEC):

EN 14399: Asamblărilor structurale cu bolțuri de înaltă rezistență pentru pre-tensionare.

EN 15048: Asamblărilor structurale cu bolțuri fără pre-tensionare.

Pentru organe de asamblare conforme cu această Directivă sunt disponibile Declarația de Performanță (DoP) și certificate conforme cu EN 10204 tip 3.1.

7 Informații pentru proiectarea și realizarea de fixări cu organe de asamblare

Pentru a asigura că fixările cu organe de asamblare își îndeplinesc rolul și nu se desfac sau cedează, alegerea corectă a organelor de asamblare și a metodei de asamblare trebuie făcută cu mare atenție pentru fiecare aplicație în parte. Informațiile de mai jos sunt bazate pe ghidul VDI 2230:2003 "Calcularea sistematică a conexiunilor de sarcină mare cu șuruburi". În funcție de situația de asamblare reală, este posibil să fie necesare investigații suplimentare în direcțiile de proiectare și asamblare.

Atenție: Pentru construcții care sunt realizate în baza EN 1090, fixările structurale (pre-tensionate sau nepre-tensionate) trebuie realizate conform metodelor descrise în edițiile naționale ale standardelor europene 1090 sau EN 1993. În funcție de țară, cerințe suplimentare se pot aplica.

7.1 Tabele de forță de strângere pentru fixări cu șuruburi de oțel

7.1.1 Forțe de pretensionare fixe / forțe de strângere – filet pas gros

Tabelul de mai jos se aplică la șuruburi cu tijă cu filet metric conform ISO 262, dimensiuni ale capului hexagonal conform ISO 4014-4018 și respectiv pentru șuruburi cu cap cilindric și locaș hexagonal sau hexalobular conform ISO 4762, care sunt fixate în găuri de degajare "medii" conform EN 20273.

Recomandările pentru forțele de strângere pentru alte produse diferite de cele menționate în standardele și condițiile de mai sus (de ex. produse similare conforme standardelor DIN) **nu pot** fi luate din acest tabel și sunt disponibile la cerere.

Diametru nominal	Clasă de proprietăți	Forța de pretensionare fixare F_M în N pentru $\mu_0 =$							Forța de strângere M_A în Nm pentru $\mu_k = \mu_0 =$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M4	8.8	4 600	4 500	4 400	4 300	4 200	3 900	3 700	2,3	2,6	3,0	3,3	3,6	4,1	4,5
	10.9	6 800	6 700	6 500	6 300	6 100	5 700	5 400	3,3	3,9	4,6	4,8	5,3	6,0	6,6
	12.9	8 000	7 800	7 600	7 400	7 100	6 700	6 300	3,9	4,5	5,1	5,6	6,2	7,0	7,8
M5	8.8	7 600	7 400	7 200	7 000	6 800	6 400	6 000	4,4	5,2	5,9	6,5	7,1	8,1	9,0
	10.9	11 100	10 800	10 600	10 300	10 000	9 400	8 800	6,5	7,6	8,6	9,5	10,4	11,9	13,2
	12.9	13 000	12 700	12 400	12 000	11 700	11 000	10 300	7,6	8,9	10,0	11,2	12,2	14,0	15,5
M6	8.8	10 700	10 400	10 200	9 900	9 600	9 000	8 400	7,7	9,0	10,1	11,3	12,3	14,1	15,6
	10.9	15 700	15 300	14 900	14 500	14 100	13 200	12 400	11,3	13,2	14,9	16,5	18,0	20,7	22,9
	12.9	18 400	17 900	17 500	17 000	16 500	15 500	14 500	13,2	15,4	17,4	19,3	21,3	24,2	26,8
M7	8.8	15 500	15 100	14 800	14 400	14 000	13 100	12 300	12,6	14,8	16,8	18,7	20,5	23,6	26,2
	10.9	22 700	22 500	21 700	21 100	20 500	19 300	18 100	18,5	21,7	24,7	27,5	30,1	34,7	38,5
	12.9	26 600	26 000	25 400	24 700	24 000	22 600	21 200	21,6	25,4	28,9	32,2	35,2	40,6	45,1
M8	8.8	19 500	19 100	18 600	18 100	17 600	16 500	15 500	18,5	21,6	24,6	27,3	29,8	34,3	38,0
	10.9	28 700	28 000	27 300	26 600	25 800	24 300	22 700	27,2	31,8	36,1	40,1	43,8	50,3	55,8
	12.9	33 600	32 800	32 000	31 100	30 200	28 400	26 600	31,8	37,2	42,2	46,9	51,2	58,9	65,3
M10	8.8	31 000	30 300	29 600	28 800	27 900	26 300	24 700	36	43	48	54	59	68	75
	10.9	45 600	44 500	43 400	42 200	41 000	38 600	36 200	53	63	71	79	87	100	110
	12.9	53 300	52 100	50 800	49 400	48 000	45 200	42 400	62	73	83	93	101	116	129
M12	8.8	45 200	44 100	43 000	41 900	40 700	38 300	35 900	63	73	84	93	102	117	130
	10.9	66 300	64 800	63 200	61 500	59 800	56 300	52 800	92	108	123	137	149	172	191
	12.9	77 600	75 900	74 000	72 000	70 000	65 800	61 800	108	126	144	160	175	201	223
M14	8.8	62 000	60 600	59 100	57 500	55 900	52 600	49 300	100	117	133	148	162	187	207
	10.9	91 000	88 900	86 700	84 400	82 100	77 200	72 500	146	172	195	218	238	274	304
	12.9	106 500	104 100	101 500	98 800	96 000	90 400	84 800	171	201	229	255	279	321	356
M16	8.8	84 700	82 900	80 900	78 800	76 600	72 200	67 800	153	180	206	230	252	291	325
	10.9	124 400	121 700	118 800	115 700	112 600	106 100	99 600	224	264	302	338	370	428	477
	12.9	145 500	142 400	139 000	135 400	131 700	124 100	116 600	262	309	354	395	433	501	558
M18	8.8	107 000	104 000	102 000	99 000	96 000	91 000	85 000	220	259	295	329	360	415	462
	10.9	152 000	149 000	145 000	141 000	137 000	129 000	121 000	314	369	421	469	513	592	657
	12.9	178 000	174 000	170 000	165 000	160 000	151 000	142 000	367	432	492	549	601	692	769
M20	8.8	136 000	134 000	130 000	127 000	123 000	116 000	109 000	308	363	415	464	509	588	655
	10.9	194 000	190 000	186 000	181 000	176 000	166 000	156 000	438	517	592	661	725	838	933
	12.9	227 000	223 000	217 000	212 000	206 000	194 000	182 000	513	605	692	773	848	980	1092
M22	8.8	170 000	166 000	162 000	158 000	154 000	145 000	137 000	417	495	567	634	697	808	901
	10.9	242 000	237 000	231 000	225 000	219 000	207 000	194 000	595	704	807	904	993	1 151	1 284
	12.9	283 000	277 000	271 000	264 000	257 000	242 000	228 000	696	824	945	1057	1 162	1 347	1 502
M24	8.8	196 000	192 000	188 000	183 000	178 000	168 000	157 000	529	625	714	798	875	1 011	1 126
	10.9	280 000	274 000	267 000	260 000	253 000	239 000	224 000	754	890	1 017	1 136	1 246	1 440	1 604
	12.9	327 000	320 000	313 000	305 000	296 000	279 000	262 000	882	1 041	1 190	1 329	1 458	1 685	1 877
M27	8.8	257 000	252 000	246 000	240 000	234 000	220 000	207 000	772	915	1 050	1 176	1 292	1 498	1 672
	10.9	367 000	359 000	351 000	342 000	333 000	314 000	295 000	1 100	1 304	1 496	1 674	1 840	2 134	2 381
	12.9	429 000	420 000	410 000	400 000	389 000	367 000	345 000	1 287	1 526	1 750	1 959	2 153	2 497	2 787
M30	8.8	313 000	307 000	300 000	292 000	284 000	268 000	252 000	1 053	1 246	1 428	1 597	1 754	2 931	2 265
	10.9	446 000	437 000	427 000	416 000	405 000	382 000	359 000	1 500	1 775	2 033	2 274	2 498	2 893	3 226
	12.9	522 000	511 000	499 000	487 000	474 000	447 000	420 000	1 755	2 077	2 380	2 662	2 923	3 386	3 775
M33	8.8	389 000	381 000	373 000	363 000	354 000	334 000	314 000	1 415	1 679	1 928	2 161	2 377	2 759	3 081
	10.9	554 000	543 000	531 000	517 000	504 000	475 000	447 000	2 015	2 392	2 747	3 078	3 385	3 930	4 388
	12.9	649 000	635 000	621 000	605 000	589 000	556 000	523 000	2 358	2 799	3 214	3 601	3 961	4 598	5 135
M36	8.8	458 000	448 000	438 000	427 000	415 000	392 000	368 000	1 825	2 164	2 482	2 778	3 054	3 541	3 951
	10.9	652 000	638 000	623 000	608 000	591 000	558 000	524 000	2 600	3 082	3 535	3 957	4 349	5 043	5 627
	12.9	763 000	747 000	729 000	711 000	692 000	653 000	614 000	3 042	3 607	4 136	4 631	5 089	5 902	6 585
M39	8.8	548 000	537 000	525 000	512 000	498 000	470 000	443 000	2 348	2 791	3 208	3 597	3 958	4 598	5 137
	10.9	781 000	765 000	748 000	729 000	710 000	670 000	630 000	3 345	3 975	4 569	5 123	5 637	6 549	7 317
	12.9	914 000	895 000	875 000	853 000	831 000	784 000	738 000	3 914	4 652	5 346	5 994	6 596	7 664	8 562

7.1.2 Forțe de pretensionare fixare / forțe de strângere – filet pas fin

Tabelul de mai jos se aplică șuruburilor cu tijă și filet metric fin conform ISO 262, dimensiunile ale capului hexagonal conform cu ISO 4014 – 4018 respectiv șuruburi cu cap cilindric și locaș hexagonal sau hexalobular conform ISO 4762, și în găuri de montaj cu degajare “medie” conform EN 20273.

Recomărilor pentru forțele de strângere pentru alte produse diferite față de cele menționate în standardele și condițiile de mai sus (de ex. produse similare conformelor standardelor DIN) nu pot fi luate din acest tabel și sunt disponibile la cerere.

Diametru nominal	Clasă de proprietăți	Forța de pretensionare fixare F_m în N for $\mu_e =$							Forța de strângere M_k în Nm pentru $\mu_k = \mu_e =$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M8x1	8.8	21 200	20 700	20 200	19 700	19 200	18 100	17 000	19,3	22,8	26,1	29,2	32,0	37,0	41,2
	10.9	31 100	30 400	29 700	28 900	28 100	26 500	24 900	28,4	33,5	38,3	42,8	47,0	54,3	60,5
	12.9	36 400	35 600	34 700	33 900	32 900	31 000	29 100	33,2	39,2	44,9	50,1	55,0	63,6	70,8
M9x1	8.8	27 700	27 200	26 500	25 900	25 200	23 700	22 300	28,0	33,2	38,1	42,6	46,9	54,4	60,7
	10.9	40 700	39 900	39 000	38 000	37 000	34 900	32 800	41,1	48,8	55,9	62,6	68,8	79,8	89,1
	12.9	47 700	46 700	45 600	44 400	43 300	40 800	38 400	48,1	57,0	65,4	73,3	80,6	93,4	104,3
M10x1	8.8	35 200	34 500	33 700	32 900	32 000	30 200	28 400	39	46	53	60	66	76	85
	10.9	51 700	50 600	49 500	48 300	47 000	44 400	41 700	57	68	78	88	97	112	125
	12.9	60 400	59 200	57 900	56 500	55 000	51 900	48 800	67	80	91	103	113	131	147
M10x1,25	8.8	33 100	32 400	31 600	30 800	29 900	28 200	26 500	38	44	51	57	62	72	80
	10.9	48 600	47 500	46 400	45 200	44 000	41 400	38 900	55	65	75	83	92	106	118
	12.9	56 800	55 600	54 300	52 900	51 400	48 500	45 500	65	76	87	98	107	124	138
M12x1,25	8.8	50 100	49 100	48 000	46 800	45 600	43 000	40 400	66	79	90	101	111	129	145
	10.9	73 600	72 100	70 500	68 700	66 900	63 200	59 400	97	116	133	149	164	190	212
	12.9	86 200	84 400	82 500	80 400	78 300	73 900	69 500	114	135	155	174	192	222	249
M12x1,5	8.8	47 600	46 600	45 500	44 300	43 100	40 600	38 200	64	76	87	97	107	123	137
	10.9	70 000	68 500	66 800	65 100	63 300	59 700	56 000	95	112	128	143	157	181	202
	12.9	81 900	80 100	78 200	76 200	74 100	69 800	65 600	111	131	150	167	183	212	236
M14x1,5	8.8	67 800	66 400	64 800	63 200	61 500	58 100	54 600	104	124	142	159	175	203	227
	10.9	99 500	97 500	95 200	92 900	90 400	85 300	80 200	153	182	209	234	257	299	333
	12.9	116 500	114 100	111 400	108 700	105 800	99 800	93 900	179	213	244	274	301	349	390
M16x1,5	8.8	91 400	89 600	87 600	85 500	83 200	78 600	74 000	159	189	218	244	269	314	351
	10.9	134 200	131 600	128 700	125 500	122 300	115 500	108 700	233	278	320	359	396	461	515
	12.9	157 100	154 000	150 600	146 900	143 100	135 100	127 200	273	325	374	420	463	539	603
M18x1,5	8.8	122 000	120 000	117 000	115 000	112 000	105 000	99 000	237	283	327	368	406	473	530
	10.9	174 000	171 000	167 000	163 000	159 000	150 000	141 000	337	403	465	523	578	674	755
	12.9	204 000	200 000	196 000	191 000	186 000	176 000	166 000	394	472	544	613	676	789	884
M18x2	8.8	114 000	112 000	109 000	107 000	104 000	98 000	92 000	229	271	311	348	383	444	495
	10.9	163 000	160 000	156 000	152 000	148 000	139 000	131 000	326	386	443	496	545	632	706
	12.9	191 000	187 000	182 000	178 000	173 000	163 000	153 000	381	452	519	581	638	740	826
M20x1,5	8.8	154 000	151 000	148 000	144 000	141 000	133 000	125 000	327	392	454	511	565	660	741
	10.9	219 000	215 000	211 000	206 000	200 000	190 000	179 000	466	558	646	728	804	940	1055
	12.9	257 000	252 000	246 000	241 000	234 000	222 000	209 000	545	653	756	852	941	1100	1234
M22x1,5	8.8	189 000	186 000	182 000	178 000	173 000	164 000	154 000	440	529	613	692	765	896	1006
	10.9	269 000	264 000	259 000	253 000	247 000	233 000	220 000	627	754	873	985	1090	1276	1433
	12.9	315 000	309 000	303 000	296 000	289 000	273 000	257 000	734	882	1022	1153	1275	1493	1677
M24x1,5	8.8	228 000	224 000	219 000	214 000	209 000	198 000	187 000	570	686	796	899	995	1166	1311
	10.9	325 000	319 000	312 000	305 000	298 000	282 000	266 000	811	977	1133	1280	1417	1661	1867
	12.9	380 000	373 000	366 000	357 000	347 000	330 000	311 000	949	1143	1326	1498	1658	1943	2185
M24x2	8.8	217 000	213 000	209 000	204 000	198 000	187 000	177 000	557	666	769	865	955	1114	1248
	10.9	310 000	304 000	297 000	290 000	282 000	267 000	251 000	793	949	1095	1232	1360	1586	1777
	12.9	362 000	355 000	348 000	339 000	331 000	312 000	294 000	928	1110	1282	1442	1591	1856	2080
M27x1,5	8.8	293 000	288 000	282 000	276 000	269 000	255 000	240 000	822	992	1153	1304	1445	1697	1910
	10.9	418 000	410 000	402 000	393 000	383 000	363 000	342 000	1171	1413	1643	1858	2059	2417	2720
	12.9	489 000	480 000	470 000	460 000	448 000	425 000	401 000	1370	1654	1922	2174	2409	2828	3183
M27x2	8.8	281 000	276 000	270 000	264 000	257 000	243 000	229 000	806	967	1119	1262	1394	1630	1829
	10.9	400 000	393 000	384 000	375 000	366 000	346 000	326 000	1149	1378	1594	1797	1986	2322	2605
	12.9	468 000	460 000	450 000	439 000	428 000	405 000	382 000	1344	1612	1866	2103	2324	2717	3049
M30x2	8.8	353 000	347 000	339 000	331 000	323 000	306 000	288 000	1116	1343	1556	1756	1943	2276	2557
	10.9	503 000	494 000	483 000	472 000	460 000	436 000	411 000	1590	1912	2216	2502	2767	3241	3641
	12.9	588 000	578 000	565 000	552 000	539 000	510 000	481 000	1861	2238	2594	2927	3238	3793	4261
M33x2	8.8	433 000	425 000	416 000	407 000	397 000	376 000	354 000	1489	1794	2082	2352	2605	3054	3435
	10.9	617 000	606 000	593 000	580 000	565 000	535 000	505 000	2120	2555	2965	3350	3710	4350	4892
	12.9	722 000	709 000	694 000	678 000	662 000	626 000	591 000	2481	2989	3470	3921	4341	5090	5725
M36x2	8.8	521 000	512 000	502 000	490 000	478 000	453 000	427 000	1943	2345	2725	3082	3415	4010	4513
	10.9	742 000	729 000	714 000	698 000	681 000	645 000	609 000	2767	3340	3882	4390	4864	5711	6428
	12.9	869 000	853 000	836 000	817 000	797 000	755 000	712 000	3238	3908	4542	5137	5692	6683	7522
M39x2	8.8	618 000	607 000	595 000	581 000	567 000	537 000	507 000	2483	3002	3493	3953	4383	5151	5801
	10.9	880 000	864 000	847 000	828 000	808 000	765 000	722 000	3537	4267	4974	5631	6243	7336	8263
	12.9	1030 000	1011 000	991 000	969 000	945 000	896 000	845 000	4139	5003	5821	6589	7306	8585	9669

7.2 Tabele de forțe de strângere pentru fixări cu șuruburi oțel inoxidabil

7.2.1 Forțe de pretensionare fixe / forțe de strângere

Valorile de mai jos se aplică la șuruburi hexagonale ISO 4014-4018 respectiv șuruburi cu locaș hexagonal conforme cu ISO 4762 din oțel inoxidabil austenitic. Forțele de strângere sunt calculate teoretic în baza coeficientului de frecare ales și sunt bazate pe o pretensionare, utilizând 90% din rezistența minimă de rupere la asamblare.

Recomandările pentru forțele de strângere pentru alte produse diferite față de standardele și condițiile menționate mai sus (de ex. produse similare conforme standardelor DIN) nu pot fi luate din acest tabel și sunt disponibile la cerere.

Coeficientul de frecare		Forța de pretensionare fixă F_m în N for $\mu_g =$								Forța de strângere M_A în Nm pentru $\mu_k = \mu_g =$							
Diametrul de bază	Clasa	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,30	0,40	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,30	0,40
M4	50	1,46	1,41	1,37	1,32	1,28	1,24	1,04	0,88	0,83	0,94	1,04	1,12	1,20	1,28	1,55	1,72
	70	3,12	3,03	2,93	2,84	2,74	2,65	2,22	1,88	1,79	2,01	2,22	2,41	2,58	2,73	3,32	3,68
	80	4,16	4,04	3,91	3,78	3,65	3,53	2,96	2,51	2,38	2,68	2,96	3,21	3,44	3,64	4,42	4,91
M5	50	2,38	2,32	2,25	2,17	2,10	2,03	1,71	1,45	1,65	1,86	2,06	2,24	2,41	2,55	3,12	3,47
	70	5,11	4,96	4,81	4,66	4,51	4,36	3,67	3,11	3,54	4,00	4,42	4,80	5,15	5,47	6,68	7,43
	80	6,81	6,62	6,41	6,21	6,01	5,81	4,89	4,15	4,72	5,33	5,89	6,40	6,87	7,30	8,91	9,90
M6	50	3,36	3,26	3,16	3,06	2,96	2,86	2,40	2,04	2,86	3,23	3,57	3,88	4,16	4,42	5,38	5,98
	70	7,20	6,99	6,77	6,56	6,34	6,13	5,15	4,37	6,14	6,92	7,65	8,31	8,91	9,46	11,53	12,81
	80	9,60	9,32	9,03	8,74	8,45	8,17	6,87	5,83	8,18	9,23	10,20	11,08	11,88	12,62	15,37	17,08
M8	50	6,2	6,0	5,8	5,6	5,5	5,3	4,4	3,8	7,0	7,9	8,7	9,5	10,2	10,8	13,3	14,8
	70	13,2	12,8	12,5	12,1	11,7	11,3	9,5	8,1	14,9	16,9	18,7	20,3	21,8	23,2	28,4	31,6
	80	17,6	17,1	16,6	16,1	15,6	15,1	12,7	10,8	19,9	22,5	24,9	27,1	29,1	30,9	37,9	42,2
M10	50	9,8	9,5	9,3	9,0	8,7	8,4	7,1	6,0	13,7	15,6	17,2	18,8	20,2	21,5	26,4	29,4
	70	21,0	20,5	19,9	19,2	18,6	18,0	15,2	12,9	29,4	33,3	37,0	40,3	43,3	46,1	56,5	63,0
	80	28,1	27,3	26,5	25,7	24,8	24,0	20,3	17,2	39,2	44,5	49,3	53,7	57,7	61,4	75,4	84,0
M12	50	14,3	13,9	13,5	13,1	12,7	12,3	10,4	8,8	23,7	26,9	29,8	32,5	35,0	37,2	45,8	51,1
	70	30,7	29,8	29,0	28,1	27,2	26,3	22,2	18,9	50,8	57,7	63,9	69,7	75,0	79,8	98,1	109,4
	80	40,9	39,8	38,6	37,4	36,2	35,1	29,6	25,2	67,8	76,9	85,3	93,0	100,0	106,4	130,8	145,9
M14	50	19,6	19,0	18,5	17,9	17,4	16,8	14,2	12,1	38,2	43,4	48,2	52,6	56,6	60,3	74,2	82,9
	70	41,9	40,8	39,6	38,4	37,2	36,0	30,4	25,9	81,9	93,0	103,3	112,7	121,3	129,2	159,0	177,6
	80	55,9	54,4	52,8	51,2	49,6	48,0	40,6	34,5	109,3	124,1	137,7	150,3	161,8	172,3	212,0	236,7
M16	50	27,0	26,3	25,6	24,8	24,1	23,3	19,8	16,8	58,3	66,4	74,0	80,9	87,3	93,1	115,3	129,2
	70	57,8	56,4	54,8	53,2	51,6	49,9	42,4	36,1	124,8	142,3	158,5	173,4	187,1	199,6	247,1	276,8
	80	77,1	75,1	73,1	70,9	68,8	66,6	56,5	48,1	166,4	189,8	211,4	231,2	249,5	266,1	329,5	369,1
M18	50	32,9	32,0	31,1	30,2	29,3	28,3	24,0	20,4	81,7	92,8	103,1	112,6	121,2	129,1	159,2	177,9
	70	70,6	68,7	66,7	64,7	62,7	60,7	51,4	43,7	175,0	198,9	220,9	241,2	259,8	276,7	341,1	381,2
	80	94,1	91,6	89,0	86,3	83,6	80,9	68,5	58,3	233,3	265,2	294,6	321,6	346,4	369,0	454,8	508,3
M20	50	42,1	41,1	39,9	38,8	37,6	36,4	30,9	26,3	114,0	130,0	144,8	158,5	171,0	182,4	226,0	253,2
	70	90,3	88,0	85,5	83,0	80,5	78,0	66,2	56,4	244,4	278,6	310,4	339,6	366,4	390,9	484,3	542,6
	80	120,4	117,3	114,1	110,7	107,4	104,0	88,2	75,2	325,8	371,5	413,8	452,8	488,6	521,2	645,7	723,5
M22	50	52,4	51,1	49,8	48,3	46,9	45,5	38,6	33,0	153,0	174,9	195,2	214,0	231,2	247,0	307,2	344,9
	70	112,4	109,6	106,6	103,6	100,5	97,4	82,8	70,6	327,8	374,8	418,4	458,6	495,5	529,3	658,3	739,1
	80	149,8	146,1	142,2	138,1	134,0	129,9	110,4	94,1	437,1	499,7	557,8	611,4	660,7	705,7	877,8	985,5
M24	50	61	59	58	56	54	52	45	38	197	224	250	273	295	314	389	436
	70	130	127	123	120	116	112	95	81	421	480	535	585	632	674	835	935
	80	173	169	164	160	155	150	127	108	562	640	713	781	842	898	1113	1247
M27	50	80	78	76	73	71	69	59	50	289	331	369	405	438	468	583	655
	70	170	166	162	157	153	148	126	107	619	708	791	868	938	1003	1249	1403
M30	50	97	95	92	89	87	84	71	61	394	450	502	550	594	635	789	886
	70	208	203	197	191	186	180	153	130	843	964	1076	1179	1273	1360	1691	1898
M33	50	121	118	115	111	108	105	89	76	531	609	681	747	808	864	1079	1213
M36	50	142	138	134	131	127	123	105	89	684	782	874	959	1036	1108	1380	1551
M39	50	170	166	161	157	152	148	126	108	883	1013	1133	1245	1347	1441	1802	2028

7.3 Coeficienții de frecare μ_G și μ_K

Tabelul de mai jos oferă valori orientative pentru alegerea coeficienților de frecare μ_G și μ_K (μ_G = coeficientul de frecare al filetului șurubului / μ_K = coeficientul de frecare al capului șurubului sau a suprafeței de contact cu suprafața a piuliței).
În funcție de specificațiile detaliate ale materialelor și lubrifianților aplicați, coeficientul de frecare poate avea variații majore.

Exemple tipice		Coeficienții de frecare μ_G și μ_K
Material / suprafață	Lubrifiant	
Metalică lucioasă Oxid negru Fosfatat Acoperiri galvanice precum: Zn, Zn/Fe, Zn/Ni Acoperire cu fulgi de zinc	Lubrifianți solizi precum: MoS ₂ , grafit, PTFE, PA, PE, PI în lacuri lubrifiante de suprafață sau în paste; Ceară lichefiată Dispersii de ceară	0,04 to 0,10
Metalică lucioasă Oxid negru Fosfatat Acoperiri galvanice precum: Zn, Zn/Fe, Zn/Ni Acoperire cu fulgi de zinc Aliaje de Al și Mg	Lubrifianți solizi precum: MoS ₂ , grafit, PTFE, PA, PE, PI în lacuri lubrifiante de suprafață sau în paste; Ceară lichefiată Dispersii de ceară Uleiuri; pelicule protecție livrare	0,08 to 0,16
Zincare la cald	MoS ₂ , grafit; Dispersii de ceară	
Acoperiri organice	Cu lubrifiant solid integrat sau dispersie de ceară	
Oțel austenitic	Lubrifianți solizi sau ceară; paste	
Oțel austenitic	Dispersie de ceară, paste	0,14 to 0,24
Metalică lucioasă Fosfatat	Pelicule protecție livrare (ușor unse ulei)	
Acoperiri galvanice precum: Zn, Zn/Fe, Zn/Ni Acoperire cu fulgi de zinc adezive	Nici unul	
Oțel austenitic	Ulei	0,20 to 0,35
Acoperiri galvanice precum: Zn, Zn/Fe; Zincare la cald	Nici unul	
Acoperiri galvanice precum : Zn/Fe, Zn/Ni; Oțel austenitic Aliaje de Al și Mg	Nici unul	≥ 0,30

Notă: Dacă coeficientul de frecare nu este determinat experimental, aplicarea celei mai mici valori de frecare din acest tabel va reduce riscul supra-strângerii (**Departamentul tehnologic poate realiza teste de coeficienți de frecare pentru cerințe speciale și pentru aplicații critice.**)

7.4 Tabele de forțe de strângere pentru șuruburi cu filet în inch din oțel

La fel ca la organele de asamblare metrice, și determinarea forțelor de strângere pentru șuruburile cu filete în inch este bazată pe un număr de factori, din care coeficientul de frecare este unul foarte important. Abordarea americană, conform standardului SAE J1701, este una diferită față de cea europeană.

Tabelele de mai jos sunt bazate pe formula determinată empiric care corelează forța de strângere și tensionarea $T = K \times d \times W$

Unde T = forța de strângere

K = factorul de coeficient de frecare

d = diametrul nominal al filetului (în inch)

W = tensionarea (sarcina de strângere sau pretensionarea de strângere) indusă în organul de asamblare (exprimată în lbs – livre)

Valoarea lui "K" poate varia de la peste 0,30 pentru o asamblare ruginită până la 0,10 sau mai puțin pentru o fixare curată și bine lubrifiată cu teflon sau lubrifiant pe bază de MoS_2 . Formula de mai sus arată importanța valorii factorului K deoarece o variație a valorii între 0,10 și 0,30 înseamnă o variație foarte mare a forței de strângere.

Pentru asamblări în medii critice, cel mai des, se folosesc următoarele valorile ale factorului K:

Părțile asamblate	Factorul K
Uscat, curat, cu un strat fin de ulei	0.15 – 0.20
Acoperire suplimentară cu ulei, ceară, sau acoperire de suprafață diferită sau șaibă dură	0.10 – 0.15
Filetul și suprafața de contact a capului acoperite cu lubrifianți de performanță sau substanțe anti-gripante	poate fi mai jos de 0.05
Combinații de materiale precum oțelul inoxidabil austenitic la șuruburi sau piese care nu sunt lubrificate sau acoperite	poate fi până la 0.35

În special pentru conexiuni critice, singura modalitate de a determina forța de strângere corectă este prin testarea pe o conexiune reală identică în aceleași condiții de utilizare, folosind o cheie dinamometrică calibrată și un indicator de tensionare precum aparatul Skidmore-Wilhelm sau un alt aparat de măsură bazat pe traducția de tensionare.

7.4.1 Forțe de pretensionare fixe / forțe de strângere – UNC (filet gros inch)

Tabelul de mai jos oferă valorile forțelor de strângere pentru șuruburi cu cap hexagonal și filet UNC conforme cu ASME B18.2.1., pentru aplicații generale. Aceste valori sunt oferite strict ca un ghid orientativ deoarece forța de strângere este doar indirect corelată de tensionarea necesară în strângere deoarece mai există mulți alți factori relevanți precum frecarea, lubrifierea, textura suprafeței, coroziunea, etc. care pot afecta direct rezultatul.

Diametrul nominal		Filete / inch lbs	Gradul N	Sarcina de strângere W (*)		Forța de strângere pentru K =					
Fracțional	Decimal			lbs	N	0.10		0.15		0.20	
						lbs.ft	Nm	lbs.ft	Nm	lbs.ft	Nm
¼	0,250	20	Grade 2	1 313	5 839	3	4	4	6	5	7
			Grade 5	2 029	9 023	4	6	6	9	8	11
			Grade 8	2 864	12 739	6	8	9	12	12	16
⅕	0,3125	18	Grade 2	2 163	9 620	6	8	8	11	11	15
			Grade 5	3 342	14 868	9	12	13	18	17	24
			Grade 8	4 719	20 990	12	17	18	25	25	33
⅜	0,375	16	Grade 2	3 196	14 219	10	14	15	20	20	27
			Grade 5	4 940	21 974	15	21	23	31	31	42
			Grade 8	6 974	31 022	22	30	33	44	44	59
7/16	0,4375	14	Grade 2	4 385	19 505	16	22	24	33	32	43
			Grade 5	6 777	30 144	25	33	37	50	49	67
			Grade 8	9 567	42 556	35	47	52	71	70	95
½	0,500	13	Grade 2	5 853	26 037	24	33	37	50	49	66
			Grade 5	9 046	40 239	38	51	57	77	75	102
			Grade 8	12 771	56 808	53	72	80	108	106	144
9/16	0,5625	12	Grade 2	7 503	33 377	35	48	53	72	70	95
			Grade 5	11 596	51 582	54	74	82	111	109	147
			Grade 8	16 371	72 821	77	104	115	156	153	208
5/8	0,625	11	Grade 2	9 323	41 468	49	66	73	99	97	132
			Grade 5	14 408	64 087	75	102	113	153	150	203
			Grade 8	20 340	90 476	106	144	159	215	212	287
¾	0,750	10	Grade 2	13 796	61 369	86	117	129	175	172	234
			Grade 5	21 322	94 844	133	181	200	271	267	361
			Grade 8	30 101	133 897	188	255	282	383	376	510
7/8	0,875	9	Grade 2	11 427	50 830	83	113	125	169	167	226
			Grade 5	19 045	84 717	139	188	208	282	278	377
			Grade 8	41 553	184 836	303	411	454	616	606	822
1	1,000	8	Grade 2	14 992	66 688	125	169	187	254	250	339
			Grade 5	38 616	171 771	322	436	483	654	644	873
			Grade 8	54 517	242 501	454	616	681	924	909	1 232
1 ⅛	1,125	7	Grade 2	18 892	84 034	177	240	266	360	354	480
			Grade 5	42 363	188 440	397	538	596	808	794	1 077
			Grade 8	68 697	305 578	644	873	966	1 310	1 288	1 746
1 ¼	1,250	7	Grade 2	23 985	106 691	250	339	375	508	500	677
			Grade 5	53 785	239 247	560	760	840	1 139	1 120	1 519
			Grade 8	87 219	387 968	909	1 232	1 363	1 848	1 817	2 464
1 ⅜	1,375	6	Grade 2	28 584	127 146	328	444	491	666	655	888
			Grade 5	64 097	285 116	734	996	1 102	1 494	1 469	1 991
			Grade 8	103 941	462 350	1 191	1 615	1 786	2 422	2 382	3 229
1 ½	1,500	6	Grade 2	34 781	154 714	435	589	652	884	870	1 179
			Grade 5	77 994	346 934	975	1 322	1 462	1 983	1 950	2 644
			Grade 8	126 477	562 595	1 581	2 143	2 371	3 215	3 162	4 287

Conversiile de valori de forță de strângere: 1 lbs in = 0,11298 Nm 1 lbs ft = 1,35581 Nm ;
1 Nm = 8.85074 lbs in 1 Nm = 0.73756 lbs ft

(*) Sarcina de strângere (pre-tensionare) W din acest tabel a fost calculată prin asumarea că rezistența la rupere a unui șurub este 75% din rezistența la rupere definită a șurubului înmulțită cu aria zonei de stres a șurubului pe filet. În funcție de aplicație, sarcina de strângere poate fi aleasă a fi mai mică (pentru materiale mai moi de exemplu) sau mai mare (dacă de exemplu condițiile de asamblare sunt foarte clar definite, factorul K a fost testat pentru această aplicație și dacă sarcina de strângere se dorește a fi cât mai mare posibil pentru a reduce riscul de cedare prin relaxarea sau obosirea asamblării)

7.4.2 Forțe de pretensionare fixe / forțe de strângere – UNF (filet fin)

Tabelul de mai jos oferă valorile forțelor de strângere pentru șuruburi cu cap hexagonal și filet UNF conforme cu ASME B18.2.1., pentru aplicații generale. Aceste valori sunt oferite strict ca un ghid orientativ deoarece forța de strângere este doar indirect corelată de tensionarea necesară în strângere deoarece mai există mulți alți factori relevanți precum frecarea, lubrifierea, textura suprafeței, coroziunea, etc. care pot afecta direct rezultatul.

Diametrul nominal		Filete / inch lbs	Gradul N	Sarcina de strângere W (*)		Forța de strângere pentru K =					
				lbs	N	0.10		0.15		0.20	
Fracțional	Decimal					lbs.ft	Nm	lbs.ft	Nm	lbs.ft	Nm
¼	0,250	28	Grade 2	1 502	6 679	3	4	5	6	6	8
			Grade 5	2 321	10 322	5	7	7	10	10	13
			Grade 8	3 276	14 572	7	9	10	14	14	19
⅕	0,3125	24	Grade 2	2 397	10 661	6	8	9	13	12	17
			Grade 5	3 704	16 476	10	13	14	20	19	26
			Grade 8	5 229	23 260	14	18	20	28	27	37
⅜	0,375	24	Grade 2	3 622	16 110	11	15	17	23	23	31
			Grade 5	5 597	24 898	17	24	26	36	35	47
			Grade 8	7 902	35 150	25	33	37	50	49	67
⅞	0,4375	20	Grade 2	4 896	21 780	18	24	27	36	36	48
			Grade 5	7 567	33 660	28	37	41	56	55	75
			Grade 8	10 683	47 520	39	53	58	79	78	106
½	0,500	20	Grade 2	6 600	29 358	27	37	41	56	55	75
			Grade 5	10 200	45 372	42	58	64	86	85	115
			Grade 8	14 400	64 054	60	81	90	122	120	163
⅝	0,5625	18	Grade 2	8 374	37 248	39	53	59	80	79	106
			Grade 5	12 941	57 565	61	82	91	123	121	164
			Grade 8	18 270	81 269	86	116	128	174	171	232
⅝	0,625	18	Grade 2	10 560	46 973	55	75	82	112	110	149
			Grade 5	16 320	72 595	85	115	127	173	170	230
			Grade 8	23 040	102 487	120	163	180	244	240	325
¾	0,750	16	Grade 2	15 386	68 441	96	130	144	196	192	261
			Grade 5	23 779	105 773	149	201	223	302	297	403
			Grade 8	33 570	149 326	210	284	315	427	420	569
⅞	0,875	14	Grade 2	12 610	56 092	92	125	138	187	184	249
			Grade 5	21 017	93 487	153	208	230	312	306	416
			Grade 8	45 855	203 972	334	453	502	680	669	907
1	1,000	12	Grade 2	16 409	72 992	137	185	205	278	273	371
			Grade 5	42 266	188 009	352	478	528	716	704	955
			Grade 8	59 670	265 424	497	674	746	1 011	994	1 348
1⅛	1,125	12	Grade 2	21 179	94 207	199	269	298	404	397	538
			Grade 5	47 491	211 251	445	604	668	905	890	1 207
			Grade 8	77 013	342 569	722	979	1 083	1 468	1 444	1 958
1¼	1,250	12	Grade 2	26 554	118 119	277	375	415	563	553	750
			Grade 5	59 546	264 872	620	841	930	1 261	1 240	1 682
			Grade 8	96 561	429 523	1 006	1 364	1 509	2 046	2 012	2 727
1⅜	1,375	12	Grade 2	32 539	144 739	373	505	559	758	746	1 011
			Grade 5	72 966	324 567	836	1 134	1 254	1 700	1 672	2 267
			Grade 8	118 323	526 324	1 356	1 838	2 034	2 757	2 711	3 676
1½	1,500	12	Grade 2	39 130	174 057	489	663	734	995	978	1 326
			Grade 5	87 746	390 310	1 097	1 487	1 645	2 231	2 194	2 974
			Grade 8	142 290	632 934	1 779	2 411	2 668	3 617	3 557	4 823

Conversiile de valori de forță de strângere: 1 lbs in = 0,11298 Nm 1 lbs ft = 1,35581 Nm ;
1 Nm = 8.85074 lbs in 1 Nm = 0.73756 lbs ft

(*) Sarcina de strângere (pre-tensionare) W din acest tabel a fost calculată prin asumarea că rezistența la rupere a unui șurub este 75% din rezistența la rupere definită a șurubului înmulțită cu aria zonei de stres a șurubului pe filet. În funcție de aplicație, sarcina de strângere poate fi aleasă a fi mai mică (pentru materiale mai moi de exemplu) sau mai mare (dacă de exemplu condițiile de asamblare sunt foarte clar definite, factorul K a fost testat pentru această aplicație și dacă sarcina de strângere se dorește a fi cât mai mare posibil pentru a reduce riscul de cedare prin relaxarea sau obosirea asamblării)

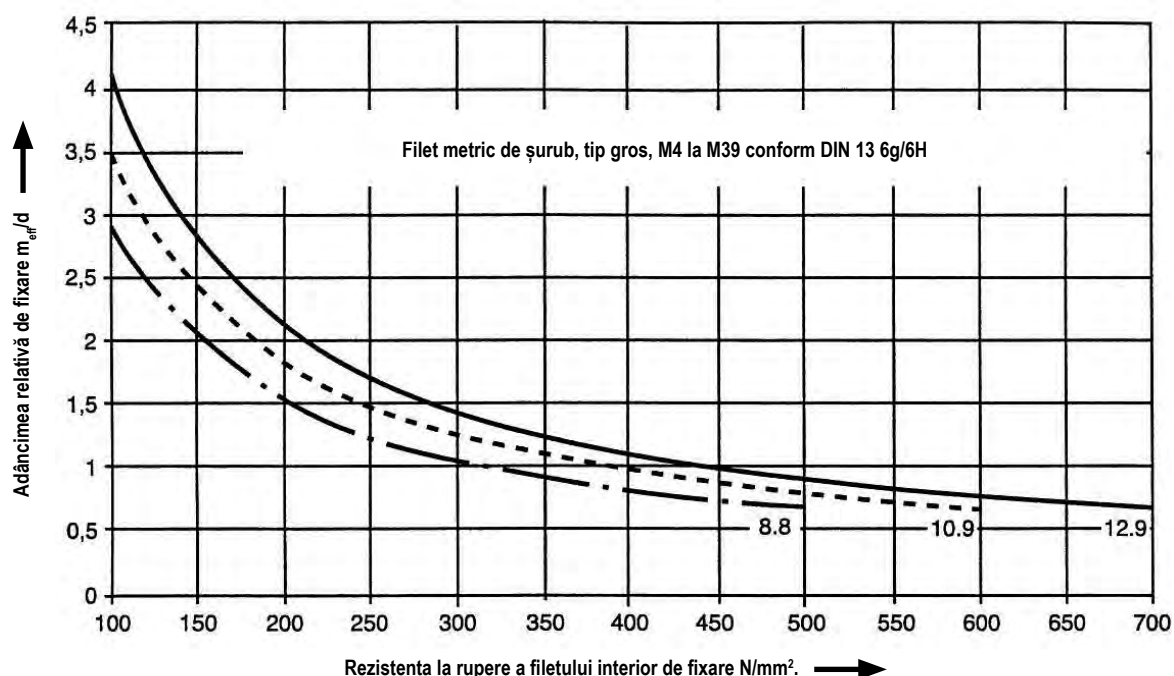
7.5 Griparea (sudarea la rece) oțelului inoxidabil

Datorită ductilității ridicate a oțelului inoxidabil austenitic acesta este în general mult mai predispus la gripări decât oțeluri normale. Pentru a preveni acest fenomen, produsul trebuie curățat, trebuie să fie lipsit de defecte de suprafață, mizerie, bucăți de șpan, nisip, etc. și fixări care afectează direct filetul prin deformare sau comprimare trebuie evitate. Fixările rigide au performanțe mai bune decât cele elastice.

Este recomandat ca strângerea să se facă într-un mod cât mai uniform posibil, la viteze mici și fără utilizarea cheilor de impact. Este de notat că pentru a induce o anumită pretensionare în fixare nu sunt importanți doar coeficienții de frecare ci și precizia cu care se aplică metoda de strângere a șuruburilor. Combinarea a două tipuri de oțel inoxidabil de grade diferite (A2 cu A4 de ex.) nu este avantajoasă când vine vorba de evitarea gripării. În circumstanțe speciale și pentru cerințe speciale se recomandă folosirea și pre-aplicarea unui lubrifian/pastă specială pentru prevenirea sudurii la rece. Acestea pot fi parafină, lac Molykote, ulei pentru presiuni ridicate, vaselină rezistentă la coroziune sau acoperiri uscate pe organe de asamblare tip Metaform sau Combiflon, etc.

7.6 Adâncimea de fixare pentru găuri înfundate

Graficul de mai jos arată adâncimea minimă recomandată pentru fixarea în găuri înfundate în funcție de clasa de proprietăți pentru diverse clase de proprietăți, în relație cu rezistența la rupere a materialului în care se face montajul.



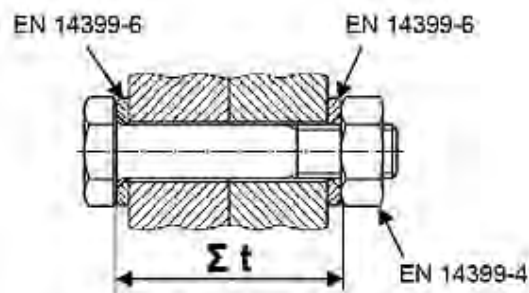
m_{eff} = adâncimea efectivă de fixare.
 d = diametru nominal

7.7 Relația dintre rezistența la forfecare și rezistența la rupere

Acest tabel este bazat pe VDI 2230 (2003)

Clasa de proprietăți	4.6	5.6	8.8	10.9	12.9
t_b / R_m	0,70	0,70	0,65	0,62	0,60

7.8 Tabel de lungimi de fixare pentru șuruburi pretensionate HV conform cu EN 14399-4



Tabelul de mai jos este bazat pe EN14399-4:2015.

(seria EN 14399 înlocuiește standardele învechite pentru organe de asamblare HV DIN 6914, 6915, 6916.)

d	M12		M16		M20		M22		M24		M27		M30		M36	
L	$\Sigma t_{\min.}$ and $\Sigma t_{\max.}$															
nom.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
35	16	21														
40	21	26	17	22												
45	26	31	22	27	18	23										
50	31	36	27	32	23	28	22	27								
55	36	41	32	37	28	33	27	32								
60	41	46	37	42	33	38	32	37	29	34						
65	46	51	42	47	38	43	37	42	34	39						
70	51	56	47	52	43	48	42	47	39	44	36	41				
75	56	61	52	57	48	53	47	52	44	49	41	46	39	44		
80	61	66	57	62	53	58	52	57	49	54	46	51	44	49		
85	66	71	62	67	58	63	57	62	54	59	51	56	49	54	43	48
90	71	76	67	72	63	68	62	67	59	64	56	61	54	59	48	53
95	76	81	72	77	68	73	67	72	64	69	61	66	59	64	53	58
100			77	82	73	78	72	77	69	74	66	71	64	69	58	63
105			82	87	78	83	77	82	74	79	71	76	69	74	63	68
110			87	92	83	88	82	87	79	84	76	81	74	79	68	73
115			92	97	88	93	87	92	84	89	81	86	79	84	73	78
120			97	102	93	98	92	97	89	94	86	91	84	89	78	83
125			102	107	98	103	97	102	94	99	91	96	89	94	83	88
130			107	112	103	108	102	107	99	104	96	101	94	99	88	93
135					108	113	107	112	104	109	101	106	99	104	93	98
140					113	118	112	117	109	114	106	111	104	109	98	103
145					118	123	117	122	114	119	111	116	109	114	103	108
150					123	128	122	127	119	124	116	121	114	119	108	113
155					128	133	127	132	124	129	121	126	119	124	113	118
160							132	137	129	134	126	131	124	129	118	123
165							137	142	134	139	131	136	129	134	123	128
170									139	144	136	141	134	139	128	133
175									144	149	141	146	139	144	133	138
180									149	154	146	151	144	149	138	143
185									154	159	151	156	149	154	143	148
190									159	164	156	161	154	159	148	153
195									164	169	161	166	159	164	153	158
200											166	171	164	169	158	163

7.9 Blocarea

Asamblările cu șuruburi proiectate corect, dacă sunt asamblate conform cerințelor, nu se vor desface. Cu toate acestea nu este tot timpul posibil să se proiecteze o conexiune asamblată pentru a rezista optim la toate cauzele posibile pentru o desfacere.

Pentru asemenea cazuri se pot folosi articole suplimentare precum șaibele elastice sau șaibele zimțate pentru a compensa pierderea de tensiune și pentru a preveni desfacerea.

7.9.1 Scăderea tensionării

Pierderea pre-tensionării se poate produce prin:

- Desfacerea conexiunii datorită schimbării lungimii rezultată din relaxare (așezare) sau fluaj.
 - Desfacere spontană ca rezultat al unei mișcări relative între fațetele aflate în contact datorită unei sarcini dinamice sau componente de sarcină care acționează transversal față de axul șurubului.
- Asamblarea devine în acel moment liberă de frecare datorită eliminării efectului de auto-blocare.

7.9.2 Clasificarea sistemelor de blocare

Datorită multiplelor cauze pentru scăderea tensionării într-o asamblare, o distincție specială se face legat de:

Asigurarea împotriva relaxării & fluajului: adăugarea de elemente care să compenseze pentru relaxare și fluaj.

Asigurarea împotriva deschiderii totale: adăugarea de elemente care să asigure că asamblarea nu se deschide complet dacă se pierde pretensionarea.

Asigurarea împotriva deschiderii prin rotație: adăugarea de elemente care să prevină deschiderea spontană a aplicației datorată momentului de rotație intern.

În tabelul de mai jos se poate vedea, pe lângă clasificarea celor 3 grupe principale menționate mai sus, o serie de sub-clasificări în funcție de sistemul de blocare.

Exemplele menționate nu oferă garanție de efect optim deoarece mai există mulți alți parametri care influențează comportamentul fixării asamblate.

Cauza pierdere de tensionare	Clasificarea sistemelor de blocare în funcție de:		Exemple	Referință ²⁾
	Obiectiv	Funcție		
Desfacere datorată relaxării / fluajului	Asigurarea împotriva relaxării	Element elastice introduse în asamblare	Șaibe elastice Șaibe arc disc Șaibe elastice conice	DIN 127/128/137 DIN 2093 DIN 6796 / 6908
Desfacere datorată mișcării rotative interne și dislocării transversale	Asigurarea împotriva desfacerii totale	Elemente de blocare	Piulițe crenelate Plăcuțe de blocare Blocarea cu sârmă Produse cu gaură pentru splinturi	DIN 935 DIN 93/432/463 ---- DIN 962
		Elemente de fixare	Piulițe autoblocare cu inserție plastic ¹⁾ Piulițe autoblocare complet metalice Șuruburi cu zone plastificate ¹⁾ Șuruburi autofiletante	DIN 982/985/6926 DIN 980 --- Drilloc Plastic DIN 7500
	Asigurarea împotriva deschiderii prin rotație	Elemente de blocare	Șuruburi cu flanșă zimțată Piulițe cu flanșă zimțată Șaibe de blocare Inele de blocare	Ex. Ripp. Ex. Ripp. Ex. Nord-Lock.
		Agenți de blocare	Șuruburi cu microcapsule ¹⁾ Agent adeziv anaerobic ¹⁾	Ex. Dri-loc 2015. Ex. Loctite.

¹⁾ Dependent de temperatură
²⁾ Conține standarde învechite

Pentru a determina eficiența unui anumit sistem de blocare se folosește de multe ori un test acceptat general, „Aparatul Junker”. Acest aparat supune produsele la forțe transversale dinamice și înregistrează într-un mod grafic pierderea tensionării în funcție de numărul de sarcini alternante.

7.9.3 Câteva sugestii practice pentru o asamblare optimă cu șuruburi

- Aplicarea unei pretensionări mari va limita dislocarea critică a zonelor de contact într-o mare măsură (Luați în calcul presiunea de suprafață a materialului strâns).
- Strângerea trebuie să fie controlată.
- Folosiți cel mai mare raport posibil de lungime de strângere/diametru, preferabil $L_k / d > 5$.
- Preveniți deplasarea elementelor constructive folosind știfturi/cepuri și bucșe de fixare, etc.
- Sporiți frecarea dintre zonele de contact prin aplicarea de acoperiri care măresc frecarea sau faceți suprafața mai aspră.
- Asigurați-vă că zonele de contact sunt paralele și nivelate.
- Când există doar o sarcină statică axială și asamblarea este corectă, nu este necesară introducerea unui mecanism de blocare.
- Folosirea incorectă a unor sisteme care previn relaxarea poate face ca o asamblare să se comporte mai rău decât în lipsa acestora. Nu folosiți asemenea sisteme pentru sarcini transversale dinamice.

Note:

Sistemele de blocare trebuie folosite sub capul șurubului sau sub piuliță. O șaibă de blocare montată pe o șaibă clasică este complet inutilă.

8 Tabele

8.1 Unități de măsură standardizate internațional

În tabelul următor se poate găsi o selecție de unități de măsură care sunt folosite în ingineria organelor de asamblare cel mai des.

Nume	Simbol	Unitate a	Înlocuiește	Conversie mutuală (cu rotunjiri)	
newton	N	Forței	kgf, kp	$1\text{N} \approx 0,1 \text{ kgf} \approx \text{kp}$	$1 \text{ kgf} \approx 1 \text{ kp} \approx 10\text{N}$
joule	J	energiei, lucrului mecanic, căldurii	kcal, cal, kgf.m or kgm Btu (British thermal unit)	$1\text{J} \approx 1\text{Nm} \approx 0,1 \text{ kgf.m}$ $1\text{J} = 0,739 \text{ cal}$	$1 \text{ kgf.m} \approx 10\text{J} \approx 10\text{Nm}$ $1 \text{ cal} = 4,187\text{J}$
bar	bar	Presiune a lichidelor și gazelor	at, kgf/cm ² of kg/cm ²	$1 \text{ bar} \approx 1 \text{ at} \approx 1\text{kgf/cm}^2 \approx \text{kg/cm}^2$	$1 \text{ at} = 1 \text{ bar}$
kelvin	K	Temperaturii	Parțial unitățile °C	$\text{Tk}-273,15+\text{T} \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\text{T }^{\circ}\text{C}=\text{Tk}-273,15$
metru	m	Lungimii	-		
secunda	s	Timpului	-		
kilogram	kg	masei (cantitativă)	Orice unitate de greutate	$1 \text{ kg (masă)} = 10 \text{ N (greutate) pe Pământ}$	
volt	V	Voltajului electric	-		
ampère	A	Curentului electric	-		
watt	W	Puterii (nu doar electrice)	pk, hp and kcal/h	$1 \text{ kW} = 1.359 \text{ pk}$ $1 \text{ kW} = 1.341 \text{ hp}$ $1 \text{ kW} = 959.845 \text{ kcal/h}$	$1 \text{ pk} = 0.7355 \text{ kW}$ $1 \text{ hp} = 0.7457 \text{ kW}$ $1 \text{ kcal/h}=0.001163 \text{ kW}$
Pascal	N/m ²	presiunii, stresului	m ⁻¹ ·kg·s ⁻²	1 Pa 1MPa	1 N/m^2 1 N/mm^2
Newton metru	Nm	torsiunii	Kgf.m	$1 \text{ Nm} = 0.1 \text{ kgf.m}$	$1\text{kgf.m} = 10 \text{ Nm}$

8.2 Conversia rezistenței la rupere, durităților Vickers, Brinell și Rockwell

Tabelul de mai jos este strict informativ și este bazat pe standardul ISO 18265:2013 pentru care următoarele considerații trebuie luate în calcul:

- Rezistența la rupere conform cu ISO 6892-1, duritatea Vickers conform cu ISO 6507-1, duritatea Brinell conform cu ISO 6506-1, duritatea Rockwell conform cu ISO 6508-1 și se aplică doar pentru oțeluri slab aliate sau nealiat. Deviații considerabile pot fi de așteptat când vine vorba de oțeluri înalt aliate sau oțeluri prelucrate la rece.
- ISO 18265 oferă mai multe tabele de conversie, care sunt aplicabile la tipuri mai specifice de oțeluri și condițiilor de tratament termic ale lor cât și altor metale, deci pentru tabele mai precise de conversie acesta trebuie consultat.
- În principiu, fiecare conversie de duritate generează un anumit nivel de eroare și poate fi folosit doar când o măsurătoare precisă nu poate fi realizată. Luarea unei decizii în baza unei conversii nu poate fi un motiv de respingere a unui produs, atâta vreme cât o metodă de măsurare nu a fost agreată la momentul comenzii.
- O conversie directă între o duritate și rezistența la rupere asociată poate rezulta într-o deviație și mai mare și deci poate fi folosită doar ca o valoare indicativă. Nu poate niciodată înlocui o valoare măsurată printr-o testare de rezistență.

Rezistență la rupere	Duritate Vickers	Duritate Brinell	Duritate Rockwell							
			HRB	HRF	HRC	HRA	HRD	HR15N	HR30N	HR45N
255	80	76,0								
285	90	85,5	48,0	82,6						
320	100	95,0	56,2	87,0						
350	110	105	62,3	90,5						
385	120	114	66,7	93,6						
415	130	124	71,2	96,4						
450	140	133	75,0	99,0						
480	150	143	78,7	101,4						
510	160	152	81,7	103,6						
545	170	162	85,0	105,5						
575	180	171	87,1	107,2						
610	190	181	89,5	108,7						
640	200	190	91,5	110,1						
675	210	199	93,5	111,3						
705	220	209	95,0	112,4						
740	230	219	96,7	113,4						
770	240	228	98,1	114,3	20,3	60,7	40,3	69,6	41,7	19,9
800	250	238	99,5	115,1	22,2	61,6	41,7	70,6	43,4	22,2
835	260	247	(101)		24,0	62,4	43,1	71,6	45,0	24,3
865	270	257	(102)		25,6	63,1	44,3	72,6	46,4	26,2
900	280	266	(104)		27,1	63,8	45,3	73,4	47,8	27,9
930	290	276	(105)		28,5	64,5	46,5	74,2	49,0	29,5
965	300	285			29,8	65,2	47,5	74,9	50,2	31,1
995	310	295			31,0	65,8	48,4	75,6	51,3	32,5
1030	320	304			32,2	66,4	49,4	76,2	52,3	33,9
1060	330	314			33,3	67,0	50,2	76,8	53,6	35,2
1095	340	323			34,4	67,6	51,1	77,4	54,4	36,5
1125	350	333			35,5	68,1	51,9	78,0	55,4	37,8
1155	360	342			36,6	68,7	52,8	78,6	56,4	39,1
1190	370	352			37,7	69,2	53,6	79,2	57,4	40,4
1220	380	361			38,8	69,8	54,4	79,8	58,4	41,7
1255	390	371			39,8	70,3	55,3	80,3	59,3	42,9
1290	400	380			40,8	70,8	56,0	80,8	60,2	44,1
1320	410	390			41,8	71,4	56,8	81,4	61,1	45,3
1350	420	399			42,7	71,8	57,5	81,8	61,9	46,4
1385	430	409			43,6	72,3	58,2	82,3	62,7	47,4
1420	440	418			44,5	72,8	58,8	82,8	63,5	48,4
1455	450	428			45,3	73,3	59,4	83,2	64,3	49,4
1485	460	437			46,1	73,6	60,1	83,6	64,9	50,4
1520	470	447			46,9	74,1	60,7	83,9	65,7	51,3
1555	480	(456)			47,7	74,5	61,3	84,3	66,4	52,2

8.3 Tabele de coroziune chimică și de contact

8.3.1 Tabel de coroziune de contact

S = coroziune severă a metalului aflat pe rând (nu pe coloană)														
G = lipsa coroziunii sau coroziune limitată pentru metalul aflat pe rând														
M = coroziune moderată (într-o atmosferă de umiditate extremă) a metalului aflat pe rând.														
Metal	Suprafață*	Aliaje de Magneziu	Zinc	Oțel zincat la cald	Aliaje de aluminiu	Straturi de cadmiu	Oțel moale	Oțel slab aliat	Oțel turnat	Oțel cromat	Plumb	Staniu	Cupru	Oțel inoxidabil
Aliaje de Magneziu	Mică		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Mare		M	M	M	M	S	S	S	S	S	S	S	S
Zinc	Mică	M		G	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Mare	G		G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Oțel zincat la cald	Mică	M	G		M	M	S	S	S	S	S	S	S	S
	Mare	G	G		G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Aliaje de Aluminiu	Mică	M	G	G		G	S		S		S		S	S
	Mare	G	G	M		G	G	G	M	M	S	S	S	S
Straturi de Cadmiu	Mică	G	G	G	G		S	S	S	S	S	S	S	S
	Mare	M	G	M	G		G	G	G	G	G	G	G	G
Oțel moale	Mică	G	G	G	G	G		M	S	S	S	S	S	S
	Mare	G	G	G	G	G		G	G	G	G	G	G	G
Oțel slab aliat	Mică	G	G	G	G	G	G		G	S	S	S	S	S
	Mare	G	G	G	G	G	G		G	G	G	G	G	G
Oțel turnat	Mică	G	G	G	G	G	G	M		S	S	S	S	S
	Mare	G	G	G	G	G	G	G		G	G	G		
Oțel cromat	Mică	G	G	G	G	G	G	G			M	M	S	S
	Mare	G	G	G	G	G	G	G			G	G		G
Plumb	Mică	G	G	G	G	G	G	G	G	G		G	G	
	Mare	G	G	G	G	G	G	G	M	G		G		G
Staniu	Mică	G	G	G	G	G	G	G		G		G		
	Mare	G	G	G	G	G	G	G	G	M		G		
Cupru	Mică	G	G	G	G	G	G	G		M	M	S		
	Mare	G	G	G	G	G	G	G	G		G	M		G
Oțel inoxidabil	Mică	G	G	G	G	G		G	G		G	G		
	Mare	G	G	M	G	G	G	G	G	M	M	M	G	

* Relația relativă dintre suprafața acestui metal comparativ cu ariile metalelor din coloana din stânga.

8.3.2 Tabel de coroziune chimică

AGENT CHIMIC	Oțel zincat cald	Oțel inoxidabil		Alamă	Aluminiu Sopral	Plastic PA 6.6
		A2	A4			
Acetați		0-1	0	1-2	0	2-3
Acetonă		0	0	0	0	0
Acetilenă		0	0	3	0	
Alcoolii	3	0	0	0	0-1	0
Alaun		2	1	2	0	2
Amoniac gaz		0	0	3	0	1
Amoniac	3	0	0	3	1	1
Benzen/Toluen/Xylen	0	0	0	0	0	0
Clor gaz		1	1	1	3	3
Soluție de clor (în apă)		1	1			
Acid clorhidric		2-3	2-3	3	3	3
Ioni de clor						
– Clorură de Sodiu/ potasiu	0	1	1	2	2-3	0
– Clorură de Amoniac- / zinc		2	1	2	3	2
– Clorură de Fier		3	3	3	3	3
Acid Citric		1	0	2	1	1
Acid Fosforic		2-3	0-1	3	2-3	2-3
Fosfați	0	1	0	2	2-3	1-2
Glicol		0	0	1	1	1
Glicerină	0	0	0	0-1	0	1
Rășini	2-3	1	1	2-3	0-1	0
Hidrocarburi						
– Butan, Petrol, Gudron	0	0	0	0-1	0	0
Hidrocarburi clorurate						
– Tricloroetilen	0	0	0	0-1	0	0-1
– Tetracloruri	0	0	0	0-1	0	0-1
Acid Carbonic		0	0	2	0	0
Carbonat de Sodiu (sodă)		0	0	1-2	0	0
Lacuri	0	0	0	1	0	1
Acid formic		1	0	2	3	3
Ulei mineral/vegetal	1	0	0	0	0	0
Acid Palmitic / Stearic		1	0	2	0	0
Acid Nitric		1	0-1	3	2	3
– Nitrat de Sodiu/ Amoniac		0	0	2-3	0	2
Apă						
– Apă potabilă		0	0	2	0	0
– Apă acidă	1-2			3	2	1
– Apă sărată	0	1	1	2	1	0
Dioxid de sulf uscat		0	0	0-1	1	1
Dioxid de sulf umed		1	0	3	2	2
Acid sulfuric	3	3	2-3	3	3	3
– Sulfat de Sodiu/ Amoniac	1	0	0	1	0-1	0
– Sulfat de Nichel / Cupru		0-1	0	2-3	2-3	2-3
Hydrogen Sulfurat		0-1	0	2	0	1

0 = rezistență bună

1 = rezistență rezonabilă

2 = rezistență slabă

3 = nici o rezistență