ORGANI DI COLLEGAMENTO · PRECARICO · COPPIA DI SERRAGGIO · CLASSI DI RESISTENZA · LUNGHEZZA DI AVVITAMENTO · DOCUMENTO DI RIFERIMENTO · PUBBLICO

Giunzioni bullonate

Progettare una giunzione bullonata intorno al precarico — classi di resistenza, relazione coppia-precarico, lunghezza di avvitamento, sistemi antisvitamento e i modi di cedimento che derivano da una forza di serraggio sbagliata.

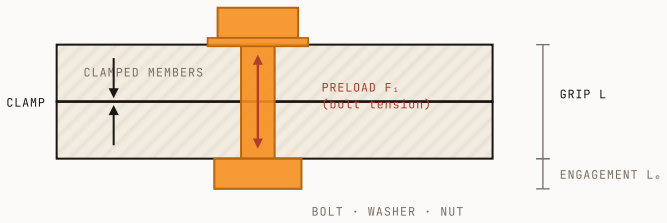
REVISIONE	PUBBLICATO	RESPONSABILE	ALLEGATO
1.0	June 2026	Ingegneria Ideambox	Riferimento PDF

SINTESI

Una giunzione bullonata trasmette il carico tramite il precarico (forza di serraggio), non facendo lavorare la vite come una spina a taglio. Serrando la vite la si allunga; la trazione accumulata serra gli elementi. Poiché la giunzione serrata è molto più rigida della vite, la maggior parte di un carico esterno di trazione serve a ridurre il serraggio anziché ad aumentare la tensione nella vite — ed è per questo che una giunzione correttamente precaricata risente appena della fatica e non si svita da sola.

La sezione 1 spiega come funziona la giunzione. La sezione 2 tratta classi di resistenza e materiali. La sezione 3 riguarda precarico e serraggio (relazione coppia-precarico, coefficiente di serraggio, precisione del metodo). La sezione 4 la lunghezza di avvitamento e lo strappamento del filetto. La sezione 5 le regole di progettazione della giunzione. La sezione 6 l'allentamento e i sistemi antisvitamento. La sezione 7 contiene i modi di cedimento e una checklist di serraggio.

BOLTED JOINT — PRELOAD & CLAMP FORCE



UNA GIUNZIONE BULLONATA È UNA MOLLA RIGIDA IN TRAZIONE CHE SERRA MOLLE MOLTO PIÙ RIGIDE IN COMPRESSIONE. È IL PRECARICO — NON LA RESISTENZA STATICA DELLA VITE — A SOPPORTARE IL CARICO CICLICO E A IMPEDIRE CHE LA GIUNZIONE SI ALLENTI PER VIBRAZIONE.

INDICE

1. Come funziona una giunzione bullonata
2. Classi di resistenza e materiali
3. Precarico e serraggio
4. Lunghezza di avvitamento e strappamento del filetto
5. Regole di progettazione della giunzione
6. Allentamento e sistemi antisvitamento
7. Modi di cedimento e checklist

1. Come funziona una giunzione bullonata

Serrando una vite la si allunga come una molla; la trazione accumulata è il **precarico** (F_i), e la compressione uguale e contraria negli elementi serrati è la **forza di serraggio**. A riposo si equilibrano.

Quando si applica un carico esterno di trazione F_e, questo si *ripartisce* tra vite e giunzione in proporzione alle rispettive rigidezze. Poiché gli elementi serrati sono molto più rigidi della vite snella, la vite assorbe solo una piccola frazione — il **rapporto di carico** Φ = k_bolt / (k_bolt + k_members), tipicamente 0.1–0.3. Il resto di F_e riduce semplicemente il serraggio. Così una vite ad alto precarico vede solo una piccola *oscillazione* di tensione sotto carico ciclico — la chiave della vita a fatica — e la giunzione resta serrata finché F_e non supera il precarico.

1.1 Termini chiave

`Precarico (Fᵢ)`	Trazione nella vite dopo il serraggio — la forza di serraggio a carico esterno nullo
`Carico di prova`	La trazione massima che una vite sopporta senza deformazione permanente (il limite di progetto)
`Sezione resistente (Aₛ)`	Area efficace della parte filettata usata per il calcolo delle tensioni (non il Ø nominale)
`Rapporto di carico (Φ)`	Frazione del carico esterno che si somma alla trazione nella vite (k_bolt / (k_bolt + k_members))
`Lunghezza di serraggio`	Spessore serrato dal sottotesta alla faccia d'appoggio del dado
`Classe di resistenza`	Grado di resistenza marcato sulla testa (es. 8.8, 10.9)

Regola pratica di progetto: **precarico alto (≈75% del carico di prova), carico esterno sotto il precarico, e lunghezza di serraggio sufficiente perché la vite si allunghi.** Queste tre decisioni risolvono la maggior parte delle giunzioni.

2. Classi di resistenza e materiali

Le viti metriche in acciaio sono classificate per **classe di resistenza**, marcata sulla testa. Il primo numero ×100 ≈ resistenza a trazione (MPa); il secondo ×10 ≈ snervamento in % della resistenza a trazione.

CLASSE	CARICO DI PROVA S_p (MPA)	SNERVAMENTO 0.2% (MPA)	TRAZIONE S_u (MPA)	NOTE
4.8	310	340	420	Basso tenore di carbonio, uso generale
8.8	580 (≤M16) / 600	640	800	Medio carbonio, bonificato — il cavallo di battaglia
10.9	830	940	1040	Acciaio legato bonificato, compatto per carichi elevati
12.9	970	1100	1220	La classe unificata più alta; sensibile all'infragilimento
A2-70 (inox 304)	—	450	700	Inox austenitico, incrudito
A4-80 (inox 316)	—	600	800	Ambiente marino / corrosivo

Usare **8.8 di default**; passare a 10.9/12.9 solo quando lo spazio impone una vite più piccola e più resistente — e attenzione all'infragilimento da idrogeno su pezzi ad alta resistenza zincati/rivestiti. L'inox (A2/A4) scambia resistenza con resistenza alla corrosione e grippa facilmente se avvitato a secco.

3. Precarico e serraggio

Il precarico obiettivo è normalmente **≈ 75% del carico di prova** per giunzioni riutilizzabili: $F_i = 0.75 \cdot S_p \cdot A_s$. Le giunzioni permanenti, serrate in campo plastico, arrivano più in alto.

La coppia è il modo usuale, ma indiretto, per ottenere quella trazione:

$T = K \cdot F_i \cdot d$ — dove d è il diametro nominale e **K** è il coefficiente di serraggio (fattore di coppia), dominato dall'attrito sotto testa e nei filetti.

CONDIZIONE FILETTO / SOTTOTESTA	COEFFICIENTE DI SERRAGGIO K
Acciaio pulito e secco	0.20–0.30 (grippa sull'inox)
Stato di fornitura, leggermente oliato	0.20 (ipotesi di default)
Zincato	0.20–0.22
Brunito	0.15
Lubrificato con olio / grasso	0.12–0.15
MoS_2 / pasta antigrippaggio / cera	0.10–0.12
Rivestito in PTFE	0.10–0.12

Poiché K varia così tanto, **la coppia è un modo impreciso di fissare il precarico** — lo stato di lubrificazione conta quanto la chiave:

METODO DI SERRAGGIO	DISPERSIONE DEL PRECARICO
Coppia a sensibilità manuale	±35%
Chiave dinamometrica tarata	±25%
Coppia + angolo (metodo a rotazione del dado)	±15%
Serraggio allo snervamento	±8%
Misura dell'allungamento / ultrasuoni / tenditore idraulico	±3–10%

Coppia indicativa, classe 8.8, K = 0.20, ~75% del carico di prova (usare lo strumento *Screw torque & preload* per il valore esatto con il proprio K):

MISURA	COPPIA (N·M)	MISURA	COPPIA (N·M)
M3	1.3	M8	25
M4	3.0	M10	51
M5	6.0	M12	89
M6	10.5	M16	215

Per la classe 10.9 moltiplicare per ≈1.4; per la 12.9 per ≈1.7. Lubrificare sempre in modo uniforme, altrimenti la stessa coppia dà precarichi molto diversi.

4. Lunghezza di avvitamento e strappamento del filetto

Dimensionare l'avvitamento in modo che **la vite si rompa prima che il filetto si strappi** — la rottura della vite è duttile e visibile; un filetto strappato cede senza preavviso. La lunghezza minima di avvitamento dipende dal *materiale del dado/della madrevite*, non dalla vite:

MATERIALE DEL DADO / MADREVITE (VITE IN ACCIAIO)	AVVITAMENTO MIN. L_e
Acciaio, ≥ classe della vite	0.8–1.0 × d
Ghisa	~1.25 × d
Alluminio	1.5–2.0 × d
Magnesio / materie plastiche	2.0–2.5 × d

Aggiungere 1–2 passi nei fori filettati ciechi per i filetti incompleti d'imbocco. Lo strumento *Thread engagement* dimensiona esattamente L_e per una data classe di vite e materiale base.

5. Regole di progettazione della giunzione

- **Dare lunghezza di serraggio alla vite.** Una vite lunga e snella accumula più allungamento, quindi mantiene il precarico nonostante assestamenti e cicli termici e vede un'oscillazione a fatica minore. Viti corte e tozze perdono precarico per minimi assestamenti.

- **Evitare giunzioni cedevoli a fatica.** Guarnizioni e rivestimenti sovrapposti hanno creep e riducono il serraggio. Dove possibile serrare metallo su metallo, oppure prescrivere un riserraggio dopo l'assestamento.

- **Rosette** ripartiscono la pressione di contatto e proteggono la superficie sotto l'elemento che ruota
  usarle sempre con asole, materiali teneri e fori con gioco maggiorato.

- **Interasse e distanza dal bordo:** distanza dal bordo ≥ 1.5–2 × d, interasse tra le viti ≥ 2.5–3 × d.

- **Giunzioni a taglio:** decidere tra giunzione ad attrito (il precarico trasmette il taglio per attrito) e a rifollamento (il gambo appoggia sul foro). La giunzione ad attrito richiede un precarico pieno e verificato.

- **Non maggiorare troppo il foro**
  un gioco ampio con elementi teneri favorisce scorrimento e assestamento.

6. Allentamento e sistemi antisvitamento

L'autosvitamento è causato da **vibrazioni trasversali** che vincono per un istante l'attrito nei filetti e lasciano ruotare il dado all'indietro (il meccanismo di Junker). La prima difesa è sempre un **precarico alto e mantenuto con lunghezza di serraggio adeguata** — la maggior parte delle "viti allentate" sono in realtà viti con precarico insufficiente.

SISTEMA ANTISVITAMENTO	MECCANISMO	TENUTA ALLE VIBRAZIONI	RIUTILIZZABILE
Precarico corretto + lunghezza di serraggio	attrito di serraggio	alta	sì
Dado autobloccante con inserto in nylon	attrito dell'inserto	media	limitata (≤ ~120 °C)
Dado autobloccante interamente metallico	filetto deformato	medio–alta	pochi riutilizzi
Coppia di rondelle di sicurezza a cuneo (es. Nord-Lock)	camma a cuneo sotto testa	molto alta	sì
Frenafiletti anaerobico	la resina polimerizzata riempie i filetti	alta (secondo il grado)	monouso; sgrassare prima
Rosetta elastica spaccata (Grower)	—	~nulla contro vibrazioni trasversali	—
Controdado	inversione della trazione nei filetti	medio–alta	sì
Dado a corona + coppiglia / filo di sicurezza	bloccaggio di forma positivo	molto alta	coppiglia monouso

Nota: la comune rosetta elastica spaccata **non** impedisce in modo affidabile l'autosvitamento trasversale nelle prove moderne — non affidarsi ad essa contro le vibrazioni.

7. Modi di cedimento e checklist

MODO	CAUSA	RIMEDIO
Rottura a fatica (raccordo sottotesta / primo filetto)	precarico basso, lunghezza di serraggio corta, concentratore di tensione	precarico ~75% del carico di prova, serraggio più lungo, filetti rullati, raccordo sottotesta
Strappamento del filetto	avvitamento insufficiente, dado tenero, coppia eccessiva	aumentare L_e, dado/inserto filettato più duro, controllare la coppia
Assestamento / rilassamento	superfici ruvide o tenere, rivestimenti, guarnizioni che si assestano	riserraggio dopo l'assestamento, meno interfacce, superfici più dure
Snervamento per coppia eccessiva	K errato, lubrificazione non uniforme	controllare il metodo, usare il K corretto
Infragilimento da idrogeno	alta resistenza (≥10.9) zincata/rivestita	deidrogenazione dopo il rivestimento, zincatura meccanica, evitare in servizio con H_2
Grippaggio (inox)	filetti secchi che si bloccano durante l'avvitamento	pasta antigrippaggio, velocità ridotta, accoppiamento di leghe diverse
Corrosione galvanica	metalli dissimili + elettrolita	viteria compatibile/rivestita, isolamento

7.1 Checklist di serraggio

- **Classe**
  8.8 di default; 10.9/12.9 solo quando lo spazio impone una vite più piccola; A2/A4 per la corrosione.
- **Misura e precarico**
  dimensionare sulla sezione resistente A_s; fissare il precarico obiettivo ≈ 75% del carico di prova.
- **Specifica di serraggio**
  coppia secondo $T = K \cdot F_i \cdot d$ con il K
  reale
  , oppure angolo / snervamento / allungamento per maggiore precisione.
- **Avvitamento**
  verificare L_e per il materiale base (Sezione 4 / strumento).
- **Lunghezza di serraggio e rosette**
  lunghezza di serraggio adeguata; rosette sotto l'elemento che ruota; evitare giunzioni cedevoli/con guarnizione a fatica.
- **Antisvitamento**
  adattare il sistema a vibrazioni, temperatura ed esigenze di riutilizzo.
- **Indicare a disegno**
  classe, finitura/rivestimento, coppia (e metodo), sistema antisvitamento, rosetta.

This document is also a web page, kept up to date:
https://ideambox.com/it/downloads/bolted-joint-reference/

Designing something that needs this? ideambox.com/contact