

VIII – BULLONERIA STRUTTURALE

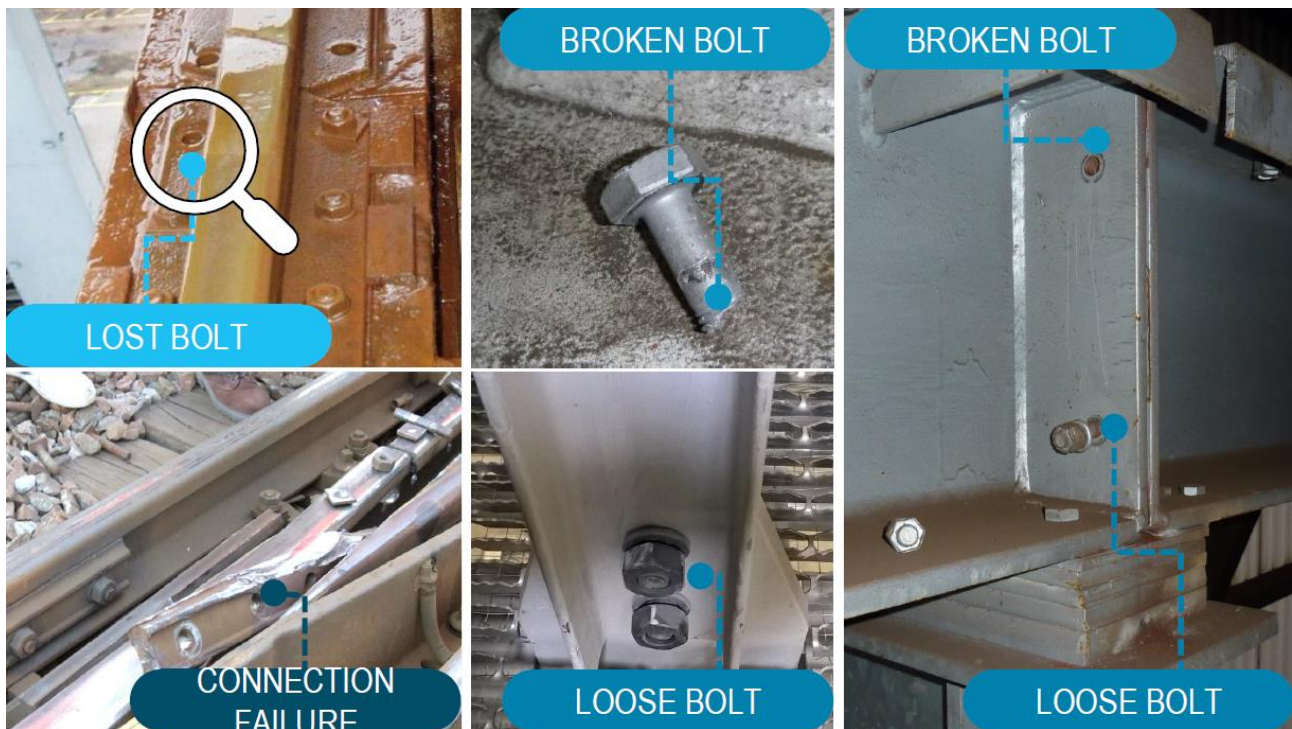
RONDELLE ANTI-SVITAMENTO

GENERALITÀ

Perdita di precarico dei bulloni per autosvitamento

I bulloni vengono scelti quali dispositivi di fissaggio in diversi settori e varie applicazioni per il semplice fatto che sono semplici da smontare. Tuttavia, proprio questo li espone anche al rischio di autoallentamento e perdita di precarico.

A seconda dell'applicazione, l'allentamento di un bullone può avere anche conseguenze gravi, come rischi per la sicurezza, il blocco di infrastrutture o stabilimenti, guasti a fatica, lesioni, interventi onerosi di manutenzione, ecc.



Esempio di effetti dovuti alla perdita di carico di bulloni

Due sono i meccanismi principali per la perdita di precarico: l'**allentamento spontaneo** e il **rilassamento**.

L'allentamento spontaneo, o autoallentamento da rotazione, consiste essenzialmente nell'allentamento del bullone per rotazione a causa di urti, vibrazioni o carichi dinamici. Anche una rotazione minima può bastare per fare sì che una giunzione bullonata perda interamente il suo precarico. Questa è la causa più comune di allentamento di un bullone.

Il rilassamento è causato da tre meccanismi:

- Assestamento: l'assestamento è critico se causato da carichi dinamici. Si tratta della deformazione permanente del materiale bullonato quando la giunzione viene sottoposta a maggiori sollecitazioni causate dai carichi di lavoro dinamici. La maggior parte dei componenti di una giunzione imbullonata torna alla forma originale dopo il rilascio, se la sollecitazione nel componente non ha superato il suo carico di rottura. Tuttavia, alcuni materiali nelle superfici di contatto, ad esempio la vernice, vengono solitamente deformati in modo permanente, e se il materiale si assesta, anche solo di pochi micron, l'allungamento del bullone diminuisce provocando una perdita di precarico.
- Deformazione plastica: è una deformazione permanente che si verifica a causa di esposizioni a lungo termine a livelli di sollecitazione elevati ma comunque inferiori al carico di rottura dei materiali nella giunzione. Questo effetto risulta ancora più grave nelle applicazioni ad elevate temperature.
- Cedimento quando la microstruttura dei materiali in una giunzione si ristrutturava, convertendo al passare del tempo la deformazione elastica esistente in deformazione plastica. A differenza dell'assestamento o della deformazione plastica, in questo caso la lunghezza di serraggio non cambia, e diventa quindi più difficile da identificare.

Di seguito si elencano le principali cause dell'autoallentamento e del rilassamento dei bulloni in ambito strutturale e in settori affini:

- Movimenti relativi fra le superfici di contatto
- Non corretto serraggio della giunzione, a volte troppo caricate rispetto ai limiti
- Superamento del limite consentito di serraggio
- Rugosità superficiale: avvicinando una piastra all'altra le rugosità tendono ad appiattirsi ma rimangono comunque e ci possono essere fenomeni di rilassamento e assestamento della giunzione che generano perdita di precarico
- Creep/rilassamento con alcuni materiali (polimeri, materiali morbidi, compositi, rivestiti). La determinazione va fatta in accordo alla specifica tecnica EN 1090-2
- Vibrazioni
- Carichi dinamici
- Carichi inaspettati (ad esempio in presenza di fenomeni di risonanza)
- Metodologia di serraggio: ciascun sistema di serraggio presenta le sue tolleranze
- Errori di pianificazione e progettazione (ad esempio coppie di serraggio non applicabili per questioni di ingombri)

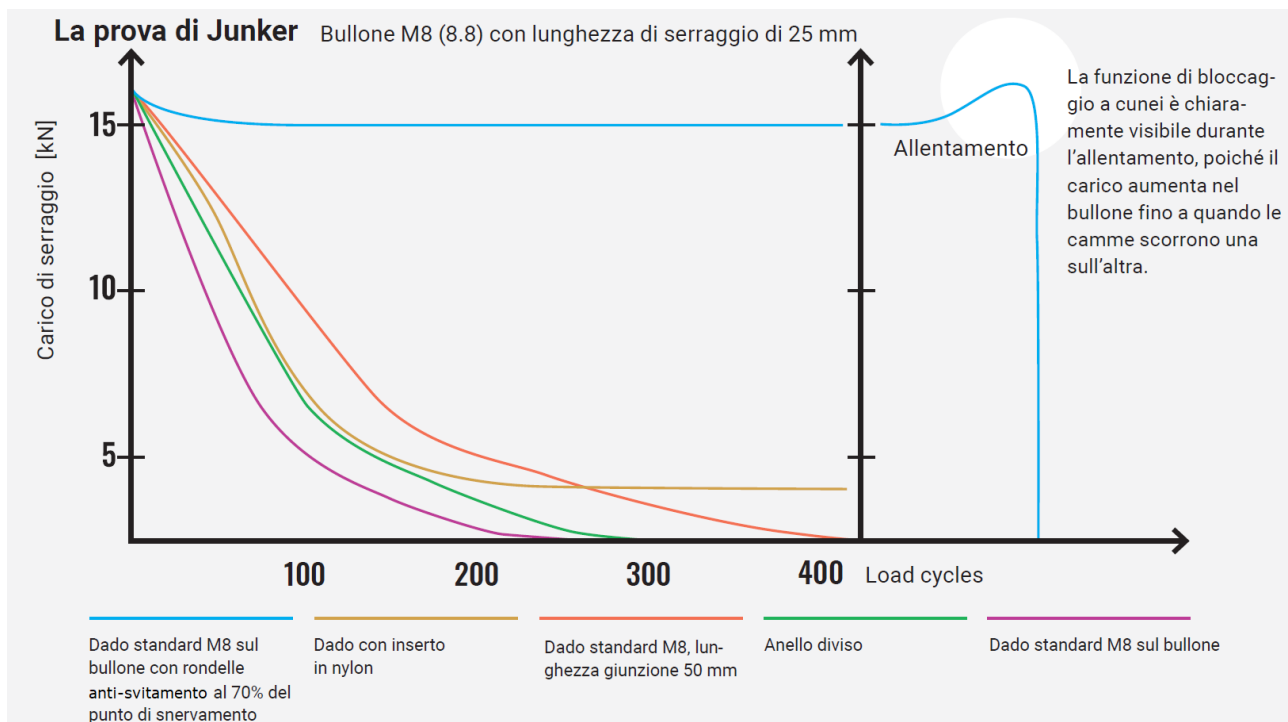
Controllo del precarico elevato e costante: la prova di Junker

Le ricerche sulle cause dell'autoallentamento continuano da ormai quasi 60 anni; tuttavia, il lavoro pionieristico dell'ingegnere tedesco Gerhard Junker negli anni '60 è ancora alla base dei moderni metodi e delle moderne teorie per prevenirlo. La metodologia di prova da lui utilizzata per determinare quando un dispositivo di fissaggio inizia a ruotare e ad allentarsi se sottoposto a vibrazioni è ora universalmente nota come prova di Junker, ed è stata adottata come standard internazionale, ad esempio nella norma DIN 65151.

Il seguente video mostra la prova di Junker per diverse soluzioni di bullonatura ad attrito, che mostrano il tempo richiesto perché perdano il precarico:

Junker vibration test

La prova di Junker è il test più severo per la valutazione delle vibrazioni delle giunzioni bullonate. Viene adottata per confrontare il comportamento dei diversi metodi di bloccaggio in caso di vibrazioni trasversali tra due elementi costruttivi, misurando continuamente il carico di serraggio. Il carico di lavoro è solitamente assiale, mentre il carico di taglio è trasversale. Il precarico è di vitale importanza per tenere unite le parti ed evitarne lo slittamento; in caso di perdita del precarico, la giunzione bullonata fallirà. Durante la prova di Junker, il grafico mostra che il carico di bloccaggio di tutte le soluzioni diverse dalle rondelle anti-svitamento si riduce drasticamente dopo pochi secondi. Per fissare la giunzione bullonata, tutte le altre soluzioni si basano sull'attrito, anziché sulla geometria. La geometria è un metodo di bloccaggio più affidabile per controllare il precarico nel tempo. In questo modo si evitano costosi tempi di fermo macchina o potenziali incidenti.



Risultati prova di Junker su differenti sistemi di bullonatura ad attrito

In una giunzione bullonata, il precarico è fondamentale poiché impedisce agli elementi dell'assemblaggio di aprirsi e di venir meno alla loro funzione. Ai fini di un corretto precarico, l'attrito svolge un ruolo fondamentale.

Come si evince dai risultati ottenuti dalla prova di Junker, le prestazioni migliori nei confronti della perdita di precarico dovuta alle vibrazioni sono ottenute dalle **rondelle anti-svitamento**, particolari tipologie di rondelle anti-svitamento che impediscono l'allentamento delle giunzioni bullonate,

RONDELLE ANTI-SVITAMENTO

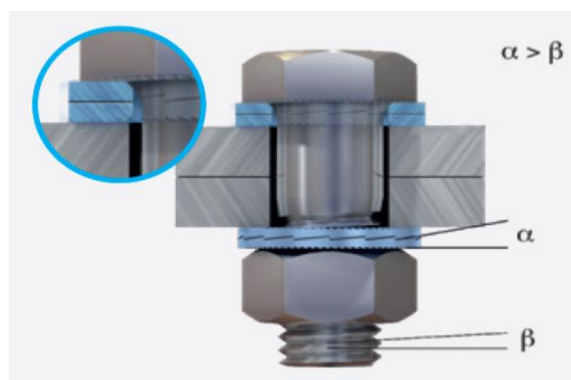
Le soluzioni di fissaggio dei bulloni mediante rondelle anti-svitamento sono costituite da una coppia di rondelle che utilizzano la tecnologia di bloccaggio a cunei. Ogni rondella presenta le facce delle camme da un lato e le dentellature dall'altro e presenta anche degli smussi sul diametro interno. Gli smussi sul diametro interno garantiscono una superficie di contatto ottimale tra bullone e rondella. Poiché gli smussi sono presenti su entrambi i lati di ogni coppia, viene eliminato anche il rischio di un'errata installazione.



Rondelle anti-svitamento con tecnologia di bloccaggio a cunei

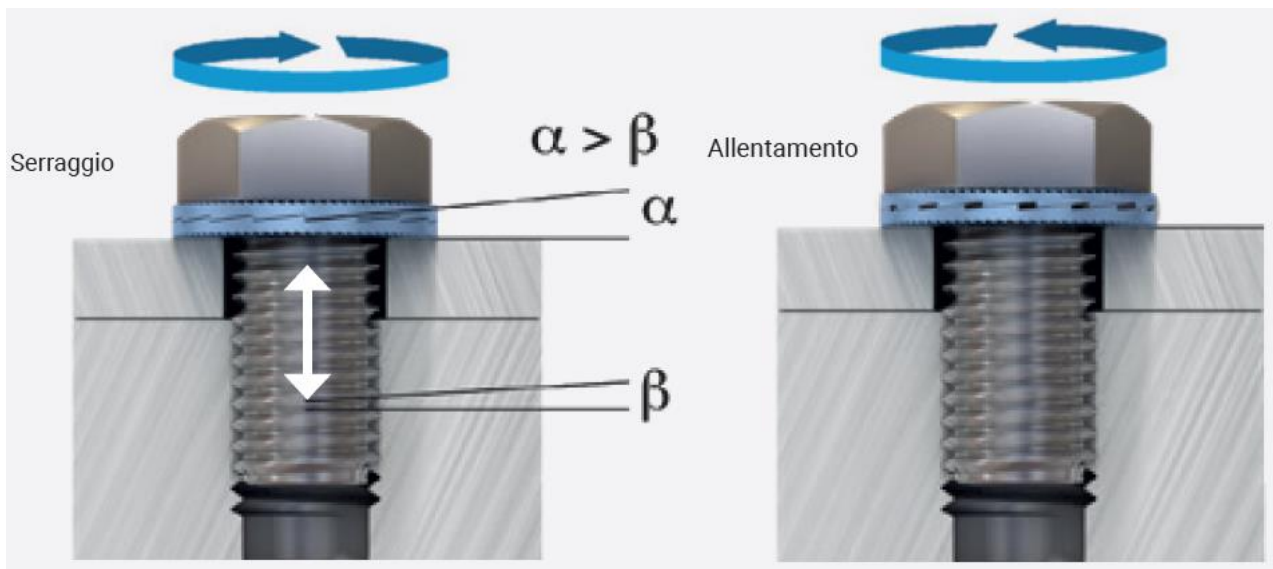
Questa tipologia di rondelle utilizza la geometria a camme per impedire efficacemente che il bullone si allenti a seguito delle vibrazioni. Le camme si trovano l'una di fronte all'altra e sono dotate di dentellature che agganciano le superfici di accoppiamento.

La tensione impedisce che i bulloni si allentino per rotazione: durante il serraggio, infatti, il bullone si estende con il comportamento di una molla, generando il carico di serraggio necessario per tenere insieme i pezzi. Le rondelle anti-svitamento fissano le giunzioni bullonate, aumentando tale carico di serraggio se il bullone cerca di allentarsi con la rotazione.



Disposizione delle rondelle anti-svitamento

Quando l'elemento di fissaggio è serrato, le camme si bloccano e le dentellature sulle superfici esterne delle rondelle aderiscono sia al dispositivo di fissaggio sia alla parte bloccata, creando chiare impronte in entrambe. Il carico di bloccaggio è stato creato dal bullone, mantenendo il gruppo bloccato in posizione. Poiché l'angolo d'inclinazione delle camme ' α ' è maggiore del passo della filettatura ' β ', il fissaggio a cunei protegge il dispositivo di fissaggio contro l'allentamento rotazionale.



Schema funzionamento delle rondelle anti-svitamento

Quando il dispositivo di fissaggio è allentato, si verifica uno slittamento tra le due rondelle. La rondella superiore è solidale al dado o alla testa del bullone tramite le dentellature. La rondella inferiore non ruota, poiché le sue dentellature sono bloccate nella superficie da serrare. Quando le camme scorrono l'una sull'altra, il carico di serraggio derivante dal bullone viene incrementato quando il bullone si tende, prima di essere rilasciato quando le camme si incontrano.

Caratteristiche principali:

- Fissaggio giunzioni bullonate esposte a forti vibrazioni e carichi dinamici
- Disponibili in un'ampia gamma di materiali per soddisfare l'uso in applicazioni con acciaio generico, inossidabile, in ambienti corrosivi, acidi e ad alta temperatura
- Precarico preciso con attrito definito e uniforme
- Disponibili in un'ampia gamma di dimensioni (metriche e imperiali)
- Progettate per bulloni fino alla classe di proprietà 12.9 (acciaio) e A4-80 (acciaio inox).
- Elevata resistenza alla corrosione (minimo 1000 ore di test in nebbia salina ai sensi di ISO 9227) per le rondelle in acciaio
- Riutilizzabili (a seconda delle condizioni d'uso)
- Dimensioni personalizzate su richiesta
- Disponibili anche in diametri esterni maggiorato (es. rondelle tipo SP®) per l'utilizzo su fori di grandi dimensioni, superfici sensibili, materiali morbidi e per una distribuzione ottimale del carico.

Di seguito si presentano alcune tipologie di rondelle anti-svitamento.

Rondelle tipo SC®

Le rondelle anti-svitamento impiegate nelle costruzioni in acciaio e per il montaggio di bulloni e dadi per set HV/HR, in conformità alla norma di prodotto europea EN 14399-3/EN 14399-4/EN 14399-8.

Caratteristiche principali:

- Progettate e dotate di marcatura CE per l'uso con i set HV
- Bloccaggio affidabile anche per giunzioni con minime lunghezze di serraggio
- Disponibili in acciaio con dimensioni a partire da M12-M36
- Elevata resistenza alla corrosione (minimo 1.000 ore in nebbia salina, ai sensi di ISO 9227), corrispondente a C4 elevata o C5 media, ai sensi di UNI EN ISO 12944-6
- Resistenti a temperature comprese tra i -50°C e i 150°C.
- Funzione bloccante non inficiata dalla lubrificazione
- Presentano degli smussi sul diametro interno che garantiscono una superficie di contatto ottimale tra bullone e rondella. Poiché gli smussi sono presenti su entrambi i lati di ogni coppia, viene eliminato anche il rischio di un'errata installazione.

SC-RONDELLE		Misure bulloni	Denominazione	ϕ_i	ϕ_o	Spessore S	Smusso B	Peso appro.	Min. Pacchetto
		Metrica	UNC	prodotto	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	kg/100 coppie
 NL12SC-NL16SC $\phi_i +0.17/-0.1$ mm NL20SC-NL36SC $\phi_i \pm 0.2$ mm	M12		NL12SC	13.1	23.7	4.6	1.2	1.0	100
	M16	5/8"	NL16SC	17.1	29.7	4.6	1.2	1.5	100
 NL12SC-NL16SC $\phi_o +0.3/-0.2$ mm NL20SC-NL24SC $\phi_o \pm 0.3$ mm NL27SC $\phi_o \pm 0.5$ mm NL30SC-NL36SC $\phi_o \pm 0.6$ mm	M20		NL20SC	21.4	36.7	4.6	1.5	2.3	100
	M22	7/8"	NL22SC	23.4	38.7	4.6	1.5	2.5	50
	M24		NL24SC	25.3	43.7	4.6	1.5	3.2	50
	M27		NL27SC	28.4	49.5	5.8	1.8	5.6	25
 NL12SC-NL30SC T ± 0.25 mm NL36SC T ± 0.6 mm	M30	1 1/8"	NL30SC	31.4	55.4	5.8	1.8	6.9	25
	M36	1 3/8"	NL36SC	37.4	65.4	6.0	1.6	11.0	25
		Standard del materiale	Tempra	Rivestimento	Resistenza alla corrosione	Gamma di temperatura			
		Acciaio (EN 1.7182 o equivalenti)	Tempra in profondità	Rivestimento in zinco lamellare Delta Protokt® KL100	Minimo 1000 ore di test in nebbia salina (ai sensi di ISO 9227)	da -40°C a 150°C			

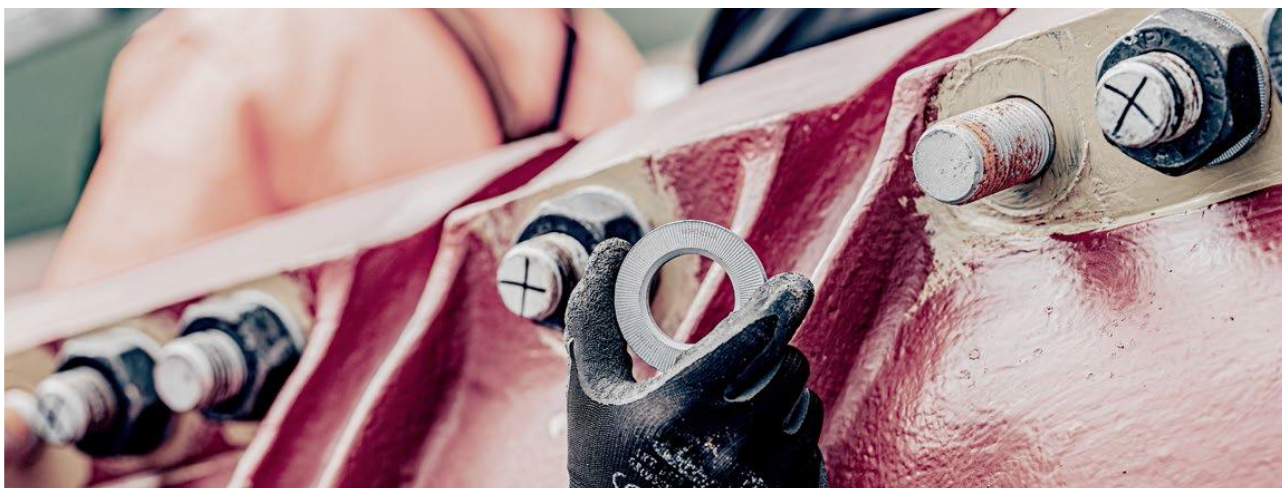
Tipiche dimensioni di rondelle anti-svitamento tipo SC®

Applicazioni:

Vengono comunemente utilizzate su ponti (in acciaio, autostrada, fiume), gru, carreggiate, trasportatori, gallerie, facciate, stadi, infrastrutture, punti di riferimento, parapetti, piattaforme, pareti antirumore e scale.



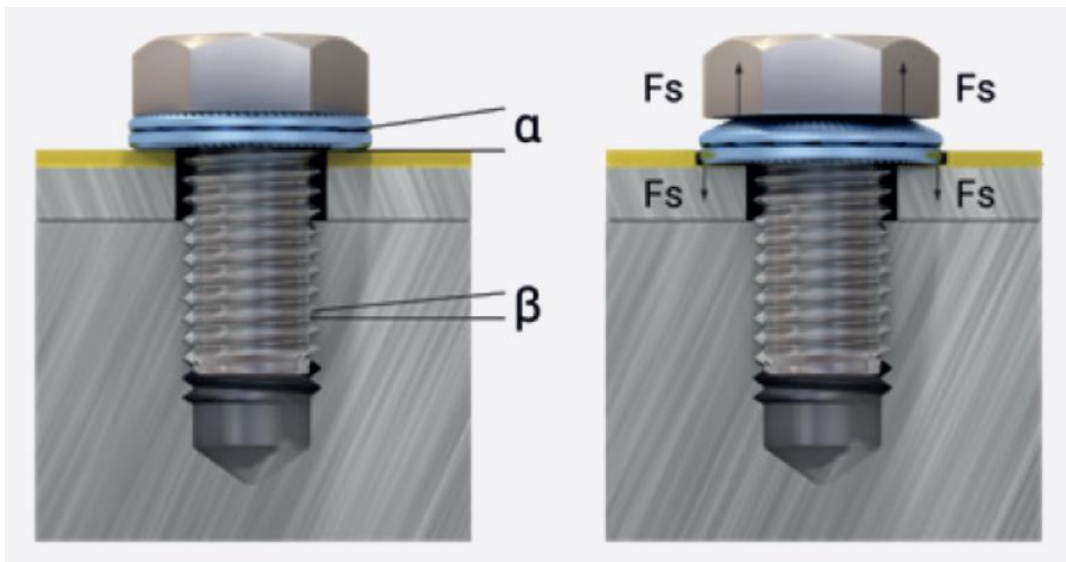
Esempio di impiego di rondelle anti-svitamento tipo SC®



Rondelle anti-svitamento tipo SC® installate sul ponte Emmerich sul Reno

Rondelle tipo X-Series®

Rondelle anti-svitamento che combinano la tecnologia di bloccaggio a cunei con un effetto molla. L'effetto cuneo impedisce l'allentamento del bullone causato da vibrazioni e carichi dinamici, mentre l'effetto molla (F_s) contrasta il movimento di allentamento del bullone, evitando la perdita di precarico nella giunzione.

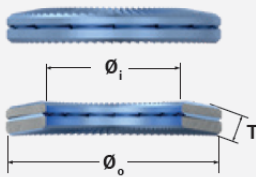


Schema funzionamento rondelle anti-svitamento tipo X-Series®

Caratteristiche principali:

- Proteggono le giunzioni bullonate contro l'allentamento e compensano la perdita di precarico dovuta ad assestamento e rilassamento
- Bloccaggio affidabile anche per giunzioni con minime lunghezze di serraggio
- Precarico preciso con attrito definito e uniforme
- Disponibili in un'ampia gamma di dimensioni (metriche e imperiali)
- Elevata resistenza alla corrosione (minimo 1000 ore di test in nebbia salina ai sensi di ISO 9227)
- Resistenti a temperature comprese tra i -40°C e i 150°C.
- Progettate per bulloni delle classi di proprietà 8.8 e 10.9
- Riutilizzabili (a seconda delle condizioni d'uso)

X-SERIES RONDELLE DIMENSIONI



NLX6sp-NLX20
 $\varnothing_i \pm 0.2$ mm

NLX6sp-NLX20
 $\varnothing_o \pm 0.2$ mm

NLX6sp-NLX16sp
 $T +0.0/-0.4$ mm

NLX3/4"-NLX20
 $T +0.0/-0.5$ mm

Misure bulloni Metrica	UNC	Denominazione prodotto	\varnothing_i [mm]	\varnothing_o [mm]	Spessore S [mm]	Peso appro. kg/100 coppie	Min. Pacchetto [coppie]
M6		NLX6	6.3	10.8	1.60	0.08	200
M6		NLX6sp	6.3	13.5	2.00	0.16	200
M8	5/16"	NLX8	8.4	13.5	2.20	0.14	200
M8	5/16"	NLX8sp	8.4	16.6	2.20	0.25	200
	3/8"	NLX3/8"	10.0	16.6	2.60	0.26	200
M10		NLX10	10.5	16.6	2.80	0.27	200
M10		NLX10sp	10.5	21.0	3.30	0.62	200
M12		NLX12	12.5	19.5	3.40	0.43	200
M12		NLX12sp	12.5	25.4	4.00	1.12	100
	1/2"	NLX1/2"	13.2	19.5	3.50	0.41	200
M14	9/16"	NLX14	14.6	23.0	3.90	0.70	100
M16	5/8"	NLX16	16.6	25.4	4.60	0.98	100
M16	5/8"	NLX16sp	16.6	30.7	4.60	1.78	100
	3/4"	NLX3/4"	19.8	30.7	5.50	1.70	100
M20		NLX20	20.7	30.7	5.90	1.70	100

Standard del materiale	Tempra	Rivestimento	Resistenza alla corrosione	Gamma di temperatura
Acciaio (EN 1.7225 o equivalenti)	Tempra in profondità	Rivestimento base: rivestimento in zinco lamellare	Minimo 1.000 ore di test in nebbia salina (ai sensi di ISO 9227)	da -40°C a 150°C

Tipiche dimensioni di rondelle anti-svitamento tipo X-Series®

Applicazioni:

- Espansione e contrazione del materiale durante i trattamenti termici
- Assesamenti dovuti a verniciatura o verniciatura a polvere
- Intense vibrazioni su metalli morbidi, compositi e polimeri
- Rilassamento dovuto al serraggio di più componenti
- Giunzioni con minime lunghezze di serraggio
- Perdita di carico di serraggio nelle giunzioni con presenza di una guarnizione

Certificazioni

Le rondelle anti-svitamento, come le altre rondelle, vengono fornite all'interno dei set degli assiemi di bulloneria strutturale in accordo alle norme di prodotto armonizzate UNI EN 15048-1 e UNI EN 14399-1, accompagnati da Marcatura CE e DoP.

Contenuti a cura di Fondazione Promozione Acciaio. Riproduzione riservata.

Si ringrazia Nord-Lock srl per il materiale tecnico fornito.

Immagini: © Nord-Lock srl.

Ultimo aggiornamento: Febbraio 2022