



Manutenzione di collegamenti bullonati ad alta sollecitazione

suvaPro

sicurezza sul lavoro

Ringraziamo il dr. Hermann Mayer (della ditta Bossard Zugo) e il signor Kyburz (della ditta Kyburz, Zugo) per la preziosa collaborazione.

Suva
Istituto nazionale svizzero di assicurazione contro gli infortuni
Sicurezza sul lavoro
Casella postale, 6002 Lucerna
Telefono 041 419 51 11

Per ordinazioni:
Internet www.suva.ch/waswo
Fax 041 419 59 17

Manutenzione di collegamenti bullonati ad alta sollecitazione

Editore: Robert Meier, Suva, Settore costruzioni

Riproduzione autorizzata con citazione della fonte.
1ª edizione – gennaio 1992
Nuova edizione – marzo 2000
5ª edizione riveduta – maggio 2003 – da 5000 a 6'000 copie

Codice: 44020.i

Sommario

1	Introduzione	5
2	I collegamenti bullonati ad alta sollecitazione – un pacco di molle	6
3	Infortuni dovuti a collegamenti bullonati difettosi	8
4	Composizione dei collegamenti bullonati ad alta sollecitazione	10
4.1	I singoli elementi	10
4.2	Viti	10
4.3	Dadi	10
4.4	Rondelle	11
4.5	Set HV	11
5	Ispezione, manutenzione e riparazione	12
5.1	Ispezione	12
5.2	Manutenzione sistematica	12
5.3	Riparazione	13
5.4	Analisi dei danni dopo un infortunio	13
6	Procedimento di manutenzione (istruzione)	14
6.1	Preparazione dei lavori	14
6.2	Controllo e smontaggio	15
6.3	Controllo visuale dei singoli elementi	16
6.4	Riutilizzo e prova non distruttiva	16
6.5	Lubrificazione	16
6.6	Montaggio	17
7	Attrezzi per la precompressione	18
7.1	Chiavi dinamometriche tarabili (con indicatore)	18
7.2	Chiavi dinamometriche a indicazione continua	18
7.3	Avvitatrici meccaniche	19
7.4	Avvitatrice idrauliche	19
7.5	Precompressione idraulica	19
7.6	Attrezzi inadonei	20
8	Tabelle ed elenchi	21
8.1	Tabelle per momenti torcenti e forze di precompressione	21
8.2	Elenco dei fornitori di attrezzi per la precompressione	22
8.3	Bibliografia	22

1 Introduzione

I numerosi elementi di cui sono composte le macchine vengono fra loro collegati per formare un'intera struttura funzionante. Accanto ai sistemi tipici di saldatura e chiodatura, la tendenza è sempre più diretta verso l'unione mediante bullonatura.

Molti collegamenti bullonati giocano un ruolo determinante per il funzionamento e l'esercizio sicuro della macchina. Saper individuare ed eliminare tempestivamente gli eventuali difetti a questi collegamenti bullonati, permette di evitare danni alla macchina e rischi per le persone.

Con il presente bollettino ci rivolgiamo in particolare agli specialisti addetti alla manutenzione del parco macchine. Lo scopo è quello di fornire le nozioni basilari e di mostrare, sull'esempio di macchine in dotazione sui cantieri edili, il modo sicuro e razionale di preparare ed eseguire i lavori di manutenzione ai collegamenti bullonati ad alta sollecitazione.



Figura 1
A questa macchina sono visibili elementi fra loro collegati con saldatura **1** e con bullonatura **2**.

L'esperienza pluriennale ha dimostrato che una gran parte delle rotture dei bulloni è dovuta a errori commessi durante i lavori di montaggio e manutenzione.

2 I collegamenti bullonati ad alta sollecitazione – un pacco di molle

Con il serraggio controllato di un collegamento bullonato ad alta sollecitazione si esercita una precompressione elevata sugli elementi uniti fra loro mediante bullonatura. Gli elementi della macchina vengono serrati insieme come una molla di compressione, mentre il bullone subisce una dilatazione elastica paragonabile a quella di una molla di trazione. Questo «pacco di molle» altamente precompresso garantisce la necessaria sicurezza d'esercizio sotto carico dinamico.

La forza di precompressione e la forza di torsione (serraggio) sottopongono il bullone a una sollecitazione pari al 90 % del suo limite di snervamento. La precompressione deve raggiungere un valore così elevato per poter

impedire sia lo scorrimento sia il distacco degli elementi da unire fra di loro. La sicurezza di un tale collegamento mediante bulloni (vedere riquadro) è però garantita solo se la precompressione del giusto valore viene mantenuta continuamente costante. In caso contrario esiste il pericolo che – specialmente sotto la sollecitazione dinamica alternata – si verifichi lo svitamento spontaneo del dado o che subentri un'improvvisa rottura da fatica del bullone.

La stessa cosa vale anche per i collegamenti con più bulloni. Fa parte del dovere di diligenza dell'addetto al parco macchine creare all'interno della sua azienda le necessarie premesse a tal riguardo, quali i controlli regolari e una manutenzione a regola d'arte.

Le figure dal 2 al 6 illustrano applicazioni tipiche di collegamenti bullonati ad alta sollecitazione su macchine edili.

Ai fini della sicurezza è d'importanza capitale:

- che i collegamenti bullonati ad alta sollecitazione e sotto carico dinamico vengano sempre serrati in modo controllato;
- che la precompressione del giusto valore venga mantenuta sempre costante.



Figura 2
Collegamenti bullonati ad alta sollecitazione alla ralla di un bagger gommato. Le ralle sono un elemento di cui sono dotate anche le gru a torre girevoli, le gru mobili, le pompe per calcestruzzo e altre macchine del genere.



Figura 3
Collegamenti bullonati ad alta sollecitazione alla torre di una gru.



Figura 4
Collegamenti bullonati ad alta sollecitazione per l'unione di flange alla trasmissione finale di un Dozer.



Figura 5
Collegamenti bullonati ad alta sollecitazione a un cilindro idraulico.

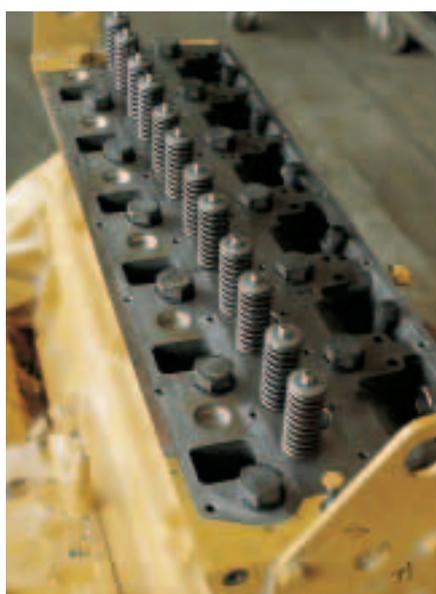


Figura 6
Collegamenti bullonati ad alta sollecitazione alla testata dei cilindri di un motore Diesel.

I collegamenti bullonati HV vengono impiegati anzitutto nelle costruzioni in acciaio. Per questi speciali tipi di collegamenti bullonati fanno stato speciali regole e norme (vedere pagina 11).

Per le macchine in generale sono d'uso anche altri sistemi di collegamento, per esempio quelli con bulloni calibrati, bulloni per elementi sottoposti a sollecitazione dinamica ridotta, ecc. Essi non cadono sotto la definizione «collegamenti bullonati ad alta sollecitazione» e non vengono trattati nel presente bollettino.

3 Infortuni dovuti a collegamenti bullonati difettosi



Il cedimento di un collegamento bullonato ad alta sollecitazione può essere la causa di gravi danni, come lo illustrano le figure 7,8 e 9.

Figura 7

A questa gru subentrò il cedimento del collegamento bullonato della ralla. L'intero elemento girevole della gru cadde su una strada affollata e schiacciò un autobus pieno di passeggeri. Conseguenza: 7 morti, 21 feriti.



Figura 8

Questa piattaforma di lavoro mobile cadde dall'altezza di 12 m. Causa dell'infortunio: cedimento della bullonatura della ralla. Conseguenza: caduta mortale delle tre persone che avevano preso posto sulla piattaforma aerea.



Figura 9

Durante l'esercizio normale di questa gru subentrò la rottura dei bulloni della ralla. Si ebbero «solo» danni materiali. I bulloni non erano mai stati controllati nel corso dei 15 anni di servizio della gru. Ciò spiega perché non ci si è mai accorti che già da tempo esistevano bulloni difettosi.

4 Composizione dei collegamenti bullonati ad alta sollecitazione

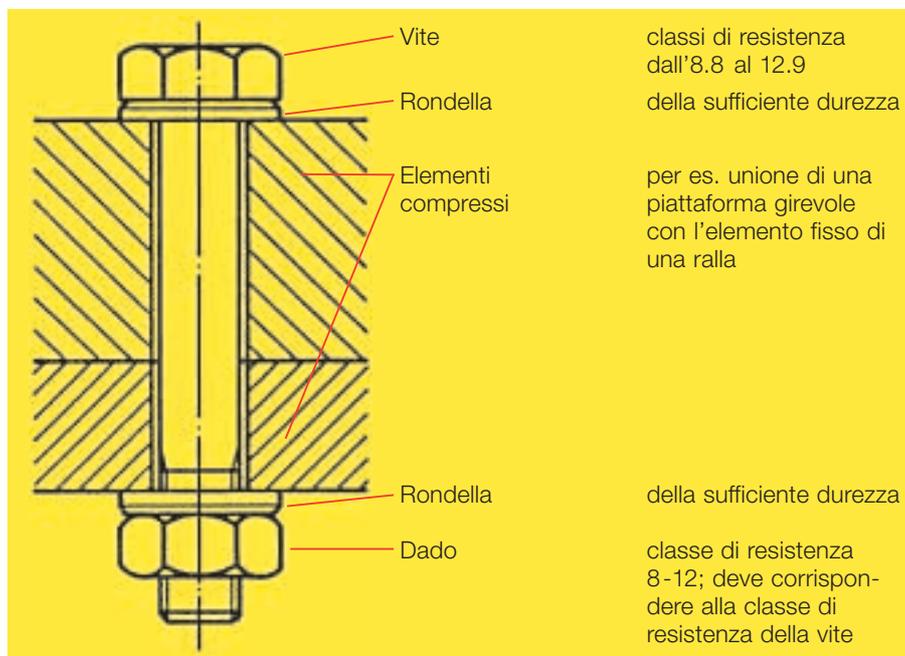


Figura 10
Gli elementi del collegamento bullonato ad alta sollecitazione.

4.1 I singoli elementi

Un collegamento bullonato è composto da diversi elementi (fig. 10) che hanno tutti la stessa importanza vitale, in quanto:

Il collegamento è altrettanto resistente quanto il suo elemento più debole.

Per la scelta della classe di resistenza delle viti e dei dadi occorre osservare anzitutto le indicazioni del costruttore della macchina.

4.2 Viti

Le viti sono contrassegnate secondo la norma internazionale ISO 898, parte 1.

Sulla testa della vite è impressa la classe di resistenza – per es. 8.8, 10.9 o 12.9 – (fig. 11), nonché il marchio di fabbrica.



Figure 11
Contrassegno della classe di resistenza impresso sulla testa della vite.

4.3 Dadi

I dadi sono contrassegnati secondo la norma internazionale ISO 898, parte 2.

Su una delle superfici di appoggio o su una delle facce laterali sono impressi il marchio della classe di resistenza – per es. 8, 10 o 12 – (fig. 12) e il marchio di fabbrica.

Scegliendo i dadi badare che la loro classe di resistenza corrisponda a quella delle viti.

Esempi:
Dado 8 – vite 8.8
Dado 10 – vite 10.9
Dado 12 – vite 12.9

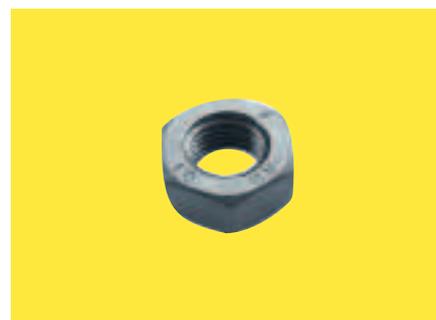


Figura 12
Contrassegno della classe di resistenza impresso su una delle superfici di appoggio.

4.4 Rondelle

Per i collegamenti bullonati ad alta sollecitazione è consentito usare solo rondelle di materiale avente la sufficiente resistenza (durezza).

Le rondelle normali di acciaio St 37 sono troppo tenere per le viti delle classi di resistenza da 8.8 a 12.9 e si rivelano quindi inadeguate.

Diversi fabbricanti forniscono rondelle appropriate:

Vite	Rondella	
Qualità	Durezza (min.)	Norma
8.8	200 HV	DIN 125
10.9	300 HV	DIN 6796 Rondella elastica
12.9	400 HV	nessuna norma

HV = durezza Vickers

Le rondelle devono essere in grado di sopportare le elevate forze che si producono, senza deformarsi.

4.5 Set HV

Nella costruzione in acciaio vengono usati **bullonature HV** per ottenere collegamenti bullonati di alta resistenza, precaricati. Le viti e i dadi hanno una larghezza di chiave più grande. Tutti i pezzi del set portano il contrassegno **HV**.

Il set HV è composto di una vite (qualità 10.9., DIN 6914), di un dado (qualità 10, DIN 6915) e di due rondelle (durezza 300 HV, DIN 6916, figura 13): tutti questi pezzi vengono forniti di regola insieme come set completo del sistema di bullonatura.

Per i set zincati a caldo il dado è lubrificato con grasso MoS_2 da parte del costruttore. I set grezzi vengono forniti dal costruttore non lubrificati.

Le rondelle HV come quelle illustrate nelle figure 13, 14 e 15 devono avere sul lato superiore verso il foro uno smusso per non danneggiare l'arrotondamento della testa della vite. Lo smusso deve quindi sempre essere rivolto verso la testa della vite. Queste rondelle portano sul lato inferiore il contrassegno HV.



Figura 13
Rondella HV piatta secondo DIN 6916.



Figura 14
Rondella HV obliqua secondo DIN 6917 con inclinazione del 14% per profili I. Caratteristica: 1 scanalature sulla superficie superiore.



Figura 15
Rondella HV obliqua secondo DIN 6918 con inclinazione dell'8% per profili U. Caratteristica: 2 scanalature sulla superficie superiore.

5 Ispezione, manutenzione e riparazione

5.1 Ispezione

Le ispezioni eseguite regolarmente permettono di scoprire tempestivamente la presenza di difetti gravi ai collegamenti bullonati e di evitare in tale modo conseguenze rovinose.

- L'allentamento o la mancanza di bulloni possono essere accertati visualmente o anche a mezzo di una chiave a forchetta o poligonale.
- I movimenti fra gli elementi avvitati possono essere accertati visualmente per la presenza di segni di sfregamento, scalfitture o – prestando la dovuta attenzione – durante l'esercizio della macchina.
- Le incrinature e le deformazioni alla costruzione possono essere rilevate, il più delle volte, a occhio nudo.

Un operatore esperto e istruito è in grado di eseguire queste osservazioni durante il suo lavoro quotidiano (fig. 16).

Le eventuali riparazioni devono essere effettuate dallo specialista!

5.2 Manutenzione sistematica

Mediante le regolari ispezioni visuali citate più sopra si possono scoprire solo i difetti grossolani.

Solo con una manutenzione sistematica dei collegamenti bullonati effettuata a intervalli regolari si ha la garanzia di scoprire anche i difetti nascosti (fig. 17).

Al capitolo 6 è indicata l'istruzione che occorre seguire per effettuare la manutenzione.

Quanto agli intervalli della manutenzione è bene attenersi alle indicazioni riportate nelle istruzioni per l'uso della casa costruttrice.



Figura 16
Durante il lavoro quotidiano si provvede anche a ispezionare i collegamenti bullonati.

Se non ci sono indicazioni a tal riguardo, raccomandiamo gli intervalli seguenti:

Prima manutenzione

- al più tardi dopo 200 ore d'esercizio oppure
- dopo 3 mesi

Manutenzione regolare

- dopo ogni 2000 ore d'esercizio, però
- almeno dopo ogni 2 anni e
- a ogni nuovo montaggio dei collegamenti bullonati.



Figura 17
La manutenzione sistematica può essere eseguita più facilmente in officina che non sul cantiere.

5.3 Riparazione

Nonostante le ispezioni regolari e una manutenzione sistematica è senz'altro possibile il verificarsi di difetti.

I difetti devono essere eliminati immediatamente da uno specialista (fig. 18).

Se durante l'ispezione o la manutenzione vengono constatati sempre i medesimi danni, ciò dovrebbe essere per voi un segnale d'allarme: cercate di scoprirne le cause!

Esempi di danni che si verificano ripetutamente:

- rottura o allentamento di bulloni sempre nel medesimo posto.
- deformazioni alla costruzione, sotto la vite, sotto il dato e alle rondelle.

- Sotto carico i diversi elementi bullonati insieme si divaricano o si spostano l'uno contro l'altro.

Le cause di tali danni possono essere attribuite alla costruzione, al serraggio difettoso dei bulloni, ma anche al modo in cui viene usato l'apparecchio.

Non basta quindi provvedere a eliminare tali danni: bisogna anche cercarne le cause. Procedete nel modo seguente:

rivolgetevi, se necessario, al costruttore della macchina;

rimettete in esercizio la macchina solo dopo aver individuato la causa ed eliminato a regola d'arte le deficienze tecniche constatate.

5.4 Analisi dei danni dopo un infortunio

Dopo un infortunio occorre analizzare le cause. Si eviterà così il ripetersi di infortuni analoghi.

Ecco il modo migliore di procedere:

- per quanto possibile, lasciate tutti gli elementi così come sono fino al termine dell'inchiesta dettagliata da parte dello specialista;
- se bisogna modificare qualcosa, fate prima uno schizzo esatto del luogo e della posizione di ciò che va rimosso e numerate i singoli pezzi (fig. 19);

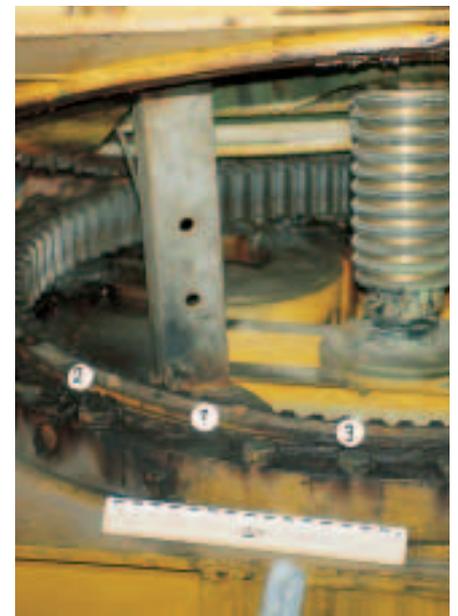


Figura 19
Il difetto a questa ralla è stato etichettato e marcato per l'analisi del danno.

- in ogni caso cercate di lasciare al loro posto gli elementi di collegamento e di non modificare la loro posizione: l'immagine della rottura nonché il genere e la direzione di tutte le deformazioni danno indicazioni importanti sulla natura della rottura.



Figura 18
Condizioni difficili per la manutenzione di una macchina sul cantiere.

6 Procedimento di manutenzione (istruzione)

Alcuni costruttori di macchine forniscono assieme all'apparecchio manuali dettagliati e pratici per la manutenzione (fig. 20): fatene uso.



Figura 20
Nelle istruzioni per l'uso della casa costruttrice è descritto dettagliatamente il modo di effettuare la manutenzione.

Il metodo da noi proposto – considerata la vasta gamma di macchine e tipi di bullonature – non è da considerare né l'unico che può essere adottato né tanto meno il migliore di tutti. La nostra istruzione dettagliata vuol essere di supporto per la squadra di manutenzione, nel caso dovessero sorgere dei problemi durante la manutenzione. Essa vale però esclusivamente per collegamenti bullonati da poter montare in coppia motrice.

6.1 Preparazione dei lavori

Con una buona preparazione dei lavori (fig. 21) create la premessa per svolgere le singole operazioni senza difficoltà.

Programmare l'intervento

Messa fuori servizio della macchina, personale, programma di costruzione, programma di riparazione.

Preparare l'attrezzatura

Chiave dinamometrica appropriata.

Preparare il materiale

Pezzi di ricambio originali (viti, dadi e rondelle), lubrificanti appropriati.

Preparare un posto di lavoro sicuro

Pianerottoli, ponteggi, illuminazione; equipaggiamento personale di protezione comprendente cintura anticaduta, casco, guanti; ecc.



Figura 21
Preparazione dei lavori: capo cantiere e montatore in colloquio.

6.2 Controllo e smontaggio

Una volta terminata la fase preparatoria si può iniziare con i lavori veri e propri sull'apparecchio (fig. 22)

Vi proponiamo di procedere nel modo seguente:

Pulire

Eseguire la pulizia dell'intero collegamento bullonato.

Sgravare i bulloni

Sgravare dalle forze esterne i bulloni da sottoporre a controllo.

■ Per le gru

Se al gancio non è appeso un carico, i bulloni sgravati saranno quelli situati sul lato del controbraccio; se al gancio è appeso un carico, i bulloni sgravati saranno quelli situati sul lato del braccio.

■ Per i bagger

Se la benna viene premuta a terra, i bulloni sgravati saranno quelli situati sul lato posteriore del veicolo; se la benna è leggermente sollevata da terra, i bulloni sgravati saranno quelli sul lato del braccio.

Determinare il momento torcente per il controllo

Se non conoscete le dimensioni dei bulloni, procedete nel modo seguente:

- smontare un bullone qualsiasi;
- misurare la dimensioni del filetto e il passo;
- accertare la classe di resistenza del bullone;
- l'esatto momento torcente può essere stabilito facendo ricorso alle istruzioni per l'uso o, se non esistono, alla tabella 1 o 2 di cui al capitolo 8.1.

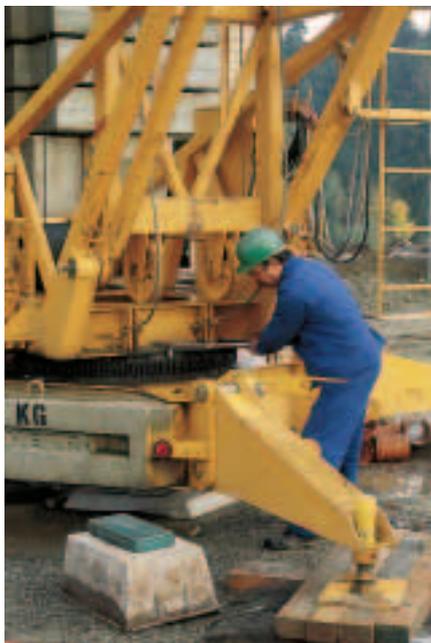


Figura 22
Basta sapere come! Una buona preparazione dei lavori permette di procedere senza problemi.

Controllare

Controllare tutti i bulloni serrandoli con la chiave dinamometrica. La chiave dinamometrica viene tarata secondo il momento torcente accertato. In questo modo si possono individuare i bulloni allentati, sempre che non si siano bloccati per la ruggine.

Contrassegnare

Segnare con del colore i bulloni allentati.

Smontare

Tutti i bulloni allentati e i primi due bulloni che seguono a sinistra e a destra vanno smontati ed eliminati.

A seconda dell'importanza del collegamento bullonato può rivelarsi senz'altro opportuno sostituire **tutti** i bulloni nonostante l'enorme spesa. I bulloni possono avere delle fessurazioni di fatica del materiale non visibili a occhio nudo.

Se non ci sono bulloni allentati, provvedere a smontare il 10% dei bulloni e controllarli secondo il capitolo 6.3.

Controllare la costruzione

Controllare la costruzione in corrispondenza dei singoli bulloni smontati nonché l'intera bullonatura. Vedere se ci sono deformazioni, segni d'attrito alle viti o ai pezzi smontati e fessurazioni: si può accertarne facilmente a confronto con elementi intatti.

Se esiste il pericolo di un disfacimento dell'intera bullonatura in seguito allo smontaggio di singoli bulloni, consigliamo di smontare un solo bullone per volta, di controllarlo subito (vedere capitoli 6.3 e 6.4) e di rimontarlo prima di smontare il bullone successivo. Una volta finito occorre serrare di nuovo tutti i bulloni dell'intera bullonatura (vedere capitoli 6.5 e 6.6).

6.3 Controllo visuale dei singoli elementi

Tutti i singoli elementi della bullonatura devono essere puliti e controllati visualmente prima di riutilizzarli (fig. 23).

- Le viti con segni di ruggine al gambo o nel filetto, nonché dadi con filetti arrugginiti non devono più essere riutilizzati.
- Le viti o i dadi che presentano danneggiamenti o deformazioni visibili non devono più essere riutilizzati.
- I bulloni che si sono allentati e i primi due bulloni che seguono a sinistra e a destra non devono più essere riutilizzati.

Nel dubbio provvedere alla sostituzione!

Le viti, i dadi e le rondelle scartati vanno gettati nel rottame e non riposti nella «cassa raccolta bulloni».

6.4 Riutilizzo e prova non distruttiva

Tutti gli elementi dei bulloni smontati da un collegamento bullonato a serraggio corretto e senza segni di allentamento possono essere riutilizzati in occasione di ulteriore montaggi. La premessa è che gli elementi vengano controllati secondo le indicazioni del capitolo 6.3 e che non presentino danneggiamenti di sorta.

Per i bulloni grandi, costosi, può rivelarsi interessante, dal punto di vista economico, ricorrere a una prova non distruttiva da parte di personale specializzato. Si rivelano sistemi idonei le prove con ultrasuoni e l'incrinoscopia magnetica. Le spese si aggirano, a seconda del procedimento, dell'esercizio e delle dimensioni dei bulloni, attorno a 30-40 franchi per bullone (base di calcolo dei costi 2000).

Queste prove vengono eseguite dall'EMPA a Dübendorf nonché da numerose fabbriche di macchine e centri di collaudo. Per ottenere gli indirizzi, rivolgersi alla Società svizzera per prove non distruttive (SGZP).

Indirizzo:
SGZP, c/o ASS
St. Alban-Rheinweg 222, 4052 Basilea
Tel. 061 317 84 84



Figura 23
Con un controllo visuale si accerta la riutilizzabilità dei bulloni smontati.

6.5 Lubrificazione

I costruttori di macchine danno differenti indicazioni nelle loro istruzioni per l'uso per quanto concerne la lubrificazione: occorre osservarle. Se non si hanno indicazioni da parte del costruttore, le viti e i dadi sono da lubrificare, prima di ogni loro montaggio, con grasso a base di bisolfuro di molibdeno (grasso MoS₂, molicote). Si ottiene in tal modo una resistenza d'attrito uniforme, il che permette di raggiungere una pretensione uniforme dell'intera bullonatura a condizione che alle viti venga applicato lo stesso momento torcente. Le parti da lubrificare sono il filetto della vite e del dado, nonché la superficie d'appoggio del dado.

Se il bullone viene serrato anche alla testa della vite, occorre lubrificare anche la superficie d'appoggio della testa della vite.

Le tabelle di cui al capitolo 8.1 valgono esclusivamente per collegamenti bullonati lubrificati in questo modo.

Per i set HV fa stato quanto segue:

	zincato a fuoco	grezzo
nuovi	non lubrificare	non lubrificare
usati	non lubrificare, sostituire i dadi	non lubrificare

E' importante fare riferimento allo stesso manuale per quanto concerne la lubrificazione e i momenti torcenti per il serraggio dei bulloni.

6.6 Montaggio

Il montaggio eseguito in modo corretto è un fattore essenziale ai fini del limite di resistenza a fatica e di conseguenza della durata dei bulloni (fig. 24).

Attenetevi ai punti seguenti:

- **Vite**
Deve avere la giusta classe di resistenza e le esatte dimensioni. Per i filetti a foro cieco occorre badare in particolare che anche la lunghezza della vite sia quella adatta.
- **Dado**
Deve avere la classe di resistenza conforme a quella della vite.
- **Rondella**
La durezza deve essere adatta alla vite. Se la rondella è provvista di smusso, quest'ultimo deve essere adattato alla testa della vite.
- **Superficie d'appoggio**
Deve essere pulita, piana e ad angolo retto.

Per effettuare la precompressione è bene ricorrere alle chiavi dinamometriche e ad avvitatrici meccaniche idrauliche. Al capitolo 7 sono descritti gli attrezzi più in uso. Al capitolo 8.1 sono menzionati i valori dei momenti torcenti necessari nei casi pratici.

Montaggio di viti HV

Le viti HV non devono essere montate da sole, ma insieme agli altri pezzi del set. Quanto alle rondelle bisogna badare che il loro smusso sia adattato convenientemente alla testa della vite. I set HV zincati a caldo sono da serrare sempre agendo sul dado.

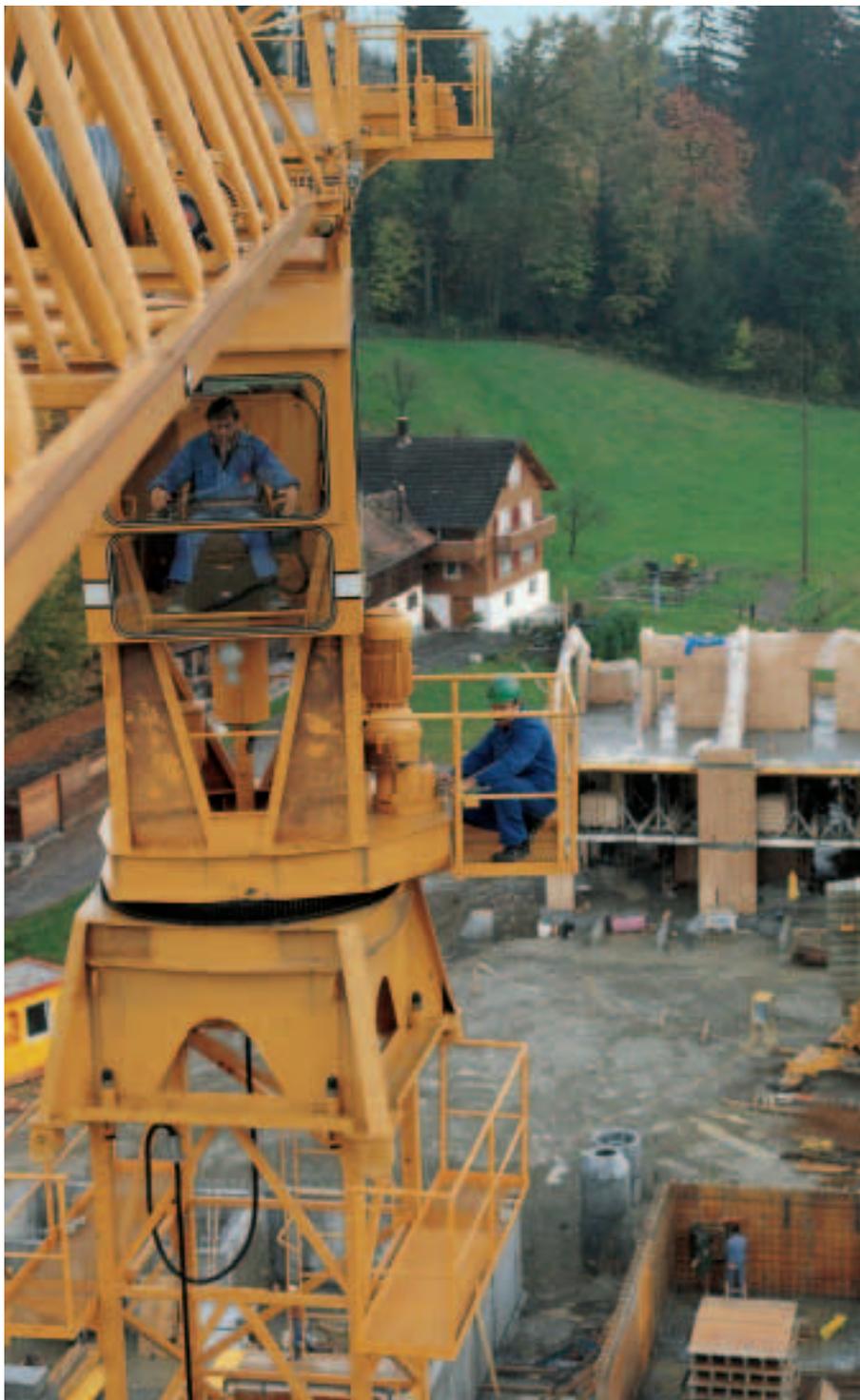


Figura 24
Montaggio di bulloni da un posto di lavoro sicuro.

Se un bullone ha subito per errore un serraggio eccessivo, bisogna sostituirlo. Non deve più essere riutilizzato.

7 Attrezzi per la precompressione

Le chiavi dinamometriche e gli attrezzi idraulici sono strumenti di precisione. Devono essere trattati con cura anche se sui cantieri regnano condizioni di lavoro difficili.

Badate che i vostri attrezzi funzionino a perfezione. Le case costruttrici e la maggior parte dei fornitori sono in grado di tarare gli attrezzi regolarmente.

7.1 Chiavi dinamometriche tarabili (con indicatore)



Figura 25

A queste chiavi viene dapprima tarato il momento torcente prescritto. Una volta raggiunto il predeterminato valore del momento torcente, risuona un segnale acustico e si sente nelle mani uno strappo ben percepibile.

Vantaggi:

momento torcente costante per le viti della dimensione prescelta: nessun problema di lettura.

Svantaggio:

lungo braccio di leva per elevati momenti torcenti.

Utilizzo:

queste chiavi sono idonee per serrare le viti della classe fino a M16.

7.2 Chiavi dinamometriche a indicazione continua



Figura 26

A queste chiavi il momento torcente prescritto viene letto durante l'azione di serraggio.

Vantaggio:

usando viti di dimensioni differenti non è necessario ritarare la chiave.

Svantaggio:

lungo braccio di leva per elevati momenti torcenti. Per l'uso su macchine edili esse si rivelano piuttosto inadeguate a causa dei possibili errori di lettura.

Utilizzo:

queste chiavi sono idonee per serrare le viti della classe fino a M16.

7.3 Avvitatrici meccaniche



Figura 27

Sono moltiplicatori del momento torcente. Vengono usate assieme alle normali chiavi dinamometriche. Hanno un ingranaggio che, a seconda del tipo, serve a trasmettere il momento torcente alla chiave nel rapporto da 4:1 fino a ca. 150:1. Ciò permette di serrare anche bulloni di grandi dimensioni.

Vantaggi:

braccio corto della leva, ridotto sforzo muscolare.

Svantaggi:

necessitano molto spazio attorno al bullone. Il momento torcente teorico e quello pratico divergono tra di loro a causa della frizione interna. È necessaria una taratura.

Utilizzo:

da M16 fino a M36.

7.4 Avvitatrici idrauliche



Figura 28

Il momento torcente, che è proporzionale alla pressione idraulica, viene generato non da una chiave dinamometrica ma da un elemento idraulico (motore, cilindro) attraverso elementi meccanici. È perciò possibile leggere il momento torcente sul manometro. Mediante una valvola di soppressione tarabile si può limitare il momento torcente massimo.

Vantaggio:

nessuno sforzo muscolare durante l'azione di serraggio.

Svantaggio:

sono molto ingombranti, necessitano un aggregato idraulico. Il momento torcente può variare a seconda della temperatura dell'olio.

Utilizzo:

da M16.

7.5 Precompressione idraulica

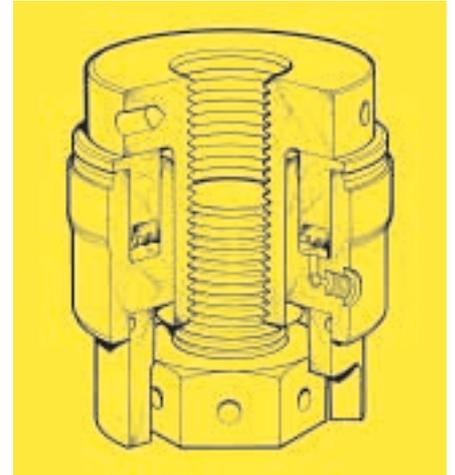


Figura 29

La vite viene fatta penetrare in un utensile idraulico. Il dado viene serrato a mano. Dopo lo scarico il collegamento è precompresso. Questo sistema di bullonatura viene applicato di regola per grossi bulloni. Fra le macchine edili sono particolarmente le torri delle gru che vengono bullonate in questo modo.

Vantaggio:

precompressione esatta dei bulloni con minimo sforzo muscolare.

Svantaggio:

è ingombrante; il costruttore deve prevedere lo spazio necessario.

Utilizzo:

da M16 fino a M100.

7.6 Attrezzi inadeguati

Per l'operazione di serraggio si rivelano inadeguati sia le usuali chiavi a forchetta, poligonali e a percussione sia i martelli e i tubi di prolunga (fig. 30).

Anche il montatore pratico non è in grado di serrare un bullone con questi attrezzi in modo corretto per il momento torcente prescritto.

La forza di precompressione che si ottiene procedendo in tal modo ha una dispersione troppo elevata: le viti piccole vengono serrate eccessivamente, quelle grosse non abbastanza.

Sono altresì inadeguate le avvitatrici a percussione pneumatiche ed elettriche (fig. 31). Questi attrezzi generano una dispersione eccessiva del momento torcente. Il loro uso è consentito solo se lo è stato esplicitamente previsto dal costruttore.

Al capitolo 8.2 è riportato una lista degli indirizzi a noi noti di costruttori e fornitori di chiavi dinamometriche.



Figura 30
Questi attrezzi sono inadeguati per un serraggio controllato dei bulloni.



Figura 31
Le avvitatrici a percussione non sono adatte per un serraggio controllato dei bulloni.

8 Tabelle ed elenchi

8.1 Tabella per momenti torcenti e forze di precompressione

Premesse per le viti per la costruzione di macchine

- Occorre in primo luogo osservare le indicazioni del costruttore indicate nelle istruzioni per l'uso. Se queste indicazioni mancano consultare allora la tabella 1.
- Momento torcente per il controllo = valori della tabella 1
- Fa stato il calcolo secondo VDI 2230*, foglio 1, allegato A, tabella 1 (progetto novembre 1998)
 - * Esiste solo in tedesco.
 - Stima dei valori massimi di attrito in caso di lubrificazione con lubrificante solido MoS₂ (molicote) e secondo le condizioni esistenti sui posti di lavoro: $\mu_k = 0,10$, $\mu_g = 0,12$
 - Procedimento di serraggio: dispersione +/- 23 %
 - Ne risultano i valori di cui alla tabella 1 (i valori secondo VDI 2230, foglio 1, tabella A1, sono stati ridotti del 23 % e ripresi nella tabella 1).

Tabella 1
Momento torcente di serraggio per viti lubrificate con MoS₂ (molicote) usate per la costruzione di macchine

Bullone dimensione	Classe di resistenza	Media del momento torcente di serraggio (Nm)
M 8	8.8	18
	10.9	26
	12.9	30
M 10	8.8	35
	10.9	51
	12.9	59
M 12	8.8	59
	10.9	88
	12.9	102
M 14	8.8	95
	10.9	140
	12.9	163
M 16	8.8	146
	10.9	215
	12.9	251
M 18	8.8	211
	10.9	300
	12.9	351
M 20	8.8	295
	10.9	420
	12.9	492
M 22	8.8	402
	10.9	572
	12.9	670
M 24	8.8	508
	10.9	724
	12.9	846
M 27	8.8	744
	10.9	1060
	12.9	1241
M 30	8.8	1013
	10.9	1443
	12.9	1689
M 33	8.8	1365
	10.9	1945
	12.9	2276
M 36	8.8	1759
	10.9	2506
	12.9	2933
M 39	8.8	2269
	10.9	3231
	12.9	3790

Tabella 2
Momento torcente di serraggio per il set HV

Bullone dimensione Grande	Momento torcente di serraggio	
	zincatura a caldo (Nm)	grezzo (Nm)
M 12	100	120
M 16	250	350
M 20	450	600
M 22	650	900
M 24	800	1100
M 27	1250	1650
M 30	1650	2200
M 36	2800	3800

Tolto dalla tabella 1 della norma DIN 18 800, parte 7

8.2 Elenco dei fornitori di attrezzi per la precompressione

Secondo la nostra esperienza non è facile la ricerca di attrezzi idonei per il serraggio di bulloni ad alta sollecitazione. Per maggiori informazioni visitate la pagina Internet www.suva.ch/elenco-dei-fornitori.

8.3 Bibliografia

Le seguenti pubblicazioni non sono che una piccola scelta della documentazione esistente in materia; servono a dare al lettore la possibilità di addentrarsi nel campo dei «Collegamenti bullonati».

Per chi ha intenzione di approfondire ulteriormente le proprie conoscenze, tutte le pubblicazioni menzionate portano una vasta elencazione bibliografica.

■ Direttive VDI-2230

Foglio 1: (Edizione 1998)
Calcolo sistematico dei collegamenti bullonati ad alta sollecitazione
Editore VDI GmbH, Düsseldorf

■ Schraubenverbindung

Grundlage, Berechnung, Eigenschaften, Handhabung.
Verfasser: H. Wiegand, K.H. Kloos, W. Thomala.
Springer-Verlag, 4. Auflage
Berlin Heidelberg 1988
ISBN 3-540-17254-8

■ Schrauben-Vademecum

Verfasser: D. Blume, K.H. Illgner, 8. Auflage 1991,
Textron Verbundtechnik GmbH
Furterstrasse 24
D-41462 Neuss

