



# Chiavi dinamometriche idrauliche

*....tutto ruota attorno al precarico giusto*

In molti rami industriali si pretende molto dai collegamenti (pesanti) a bullone. Ciò richiede l'utilizzo di attrezzi di precisione che garantiscano non solo un buon collegamento, ma soprattutto il precarico giusto applicato al bullone. Le chiavi dinamometriche a comando idraulico sono gli attrezzi più idonei a questo scopo. In questo articolo vengono illustrati in modo esauriente i principi di base delle chiavi dinamometriche idrauliche, le loro diverse applicazioni e soprattutto a cosa badare utilizzandole.

Nonostante l'avvento di nuove tecniche di collegamento, il bullone ed il dado svolgono ancora un ruolo estremamente importante nel settore edile e meccanico. Basti pensare agli impianti offshore, all'industria chimica, alla fabbricazione di macchinari ed alla posa di condotte. Un aspetto importante delle giunzioni bullone/dado è rappresentato dalla possibilità di staccare la giunzione stessa per interventi di manutenzione e di riparazione, permettendo quindi di separare fra loro i pezzi di un impianto o di una macchina.

## ■ Requisiti severi

Una giunzione a dado del genere deve per motivi di sicurezza soddisfare, segnatamente nell'industria pesante, a requisiti talvolta particolarmente severi. La resistenza operativa del collegamento deve essere, sotto tale aspetto, garantita. Nonostante il fatto che i manuali contemplino le prescrizioni di (ri)montaggio, di utilizzo, di manutenzione e le condizioni d'uso, non sussiste assoluta certezza sul loro adempimento. Molti fabbricanti optano pertanto per la soluzione più sicura, adottando un numero maggiore di bulloni, oppure un

tipo di bullone più pesante di quanto strettamente necessario. È meglio invece utilizzare una chiave dinamometrica in grado di pensionare, in modo controllato, la giunzione bullone/dado, secondo le specifiche del fabbricante, con l'applicazione al bullone del precarico giusto. E se si tratta di momenti di 2000 kN od oltre, la chiave dinamometrica idraulica costituisce l'attrezzo più universale per tale impiego.

## ■ La chiave dinamometrica

La chiave dinamometrica non è certamente un fenomeno nuovo. Le prime chiavi a mano, munite di una semplice scala graduata e di una lancetta con meccanismo a molla, datano dall'inizio del ventesimo secolo. Soluzione sufficiente per interventi su piccoli bulloni e dadi, dove pur non bastando il serraggio "a percezione manuale", non sono previsti requisiti di sicurezza particolarmente severi. Per le giunzioni pesanti, che soddisfano a rigidi requisiti e che sono interessate a momenti torcenti a partire da circa 2000 Nm fino a circa 27.000 Nm, come nei serbatoi ad espansione degli impianti chimici, nelle condotte offshore e nelle strutture pesanti, non è più possibile servirsi del metodo a

mano dovendo invece ricorrere a chiavi dinamometriche idrauliche o pneumatiche ad esatta calibratura. La differenza fra la chiave pneumatica e quella idraulica si esprime nel rapporto, sotto l'aspetto puramente costruttivo, di 1 a 100. Il sistema pneumatico lavora ad una pressione di 6 bar, mentre la chiave dinamometrica idraulica utilizza una pressione che varia da 700 a 800 bar. Aspetto questo, che si ripropone ovviamente nella costruzione della chiave stessa. A parità di momento torcente, la chiave dinamometrica idraulica può fruire di una costruzione molto più leggera. L'aria è inoltre suscettibile di compressione, mentre l'olio ne è praticamente esente. Ed anche se è oggi possibile controllare elettronicamente il momento





*Utilizzando una chiave dinamometrica idraulica si può tensionare in modo controllato la giunzione a bullone/dado, applicando al bullone il precarico giusto, in osservanza delle prescrizioni del costruttore.*

torcente delle chiavi pneumatiche, esse non offrono lo stesso livello di precisione della chiave idraulica. Per interventi leggeri, ci si può comunque avvalere di chiavi a mano di precisione, con sistema a scatto o controllo elettronico.

#### ■ La chiave dinamometrica idraulica

La chiave dinamometrica idraulica prevede la conversione, ad alta pressione (700-800 bar), dello scorrimento lineare del cilindro idraulico in un movimento rotatorio (ogni volta di 25 – 30 gradi) di un cricchetto (ratchet) per il fissaggio del dado. Il sistema completo consiste di tre componenti: la pompa idraulica a comando elettrico, la chiave dinamometrica con testa quadrangolare di comando e braccio di reazione, una o più bussole (sockets) od inserti ad incastro.

In passato le chiavi dinamometriche idrauliche erano completamente in acciaio. Il rapporto fra il momento torcente massimo ed il peso (compreso il braccio di puntello), è tuttavia per queste chiavi particolarmente sfavorevole. Per una chiave con un momento torcente massimo di circa 4800 Nm, ciò equivale all'incirca a 500 Nm per chilo di

peso. Vale a dire che una chiave che raggiunge un massimo di 4800 Nm, pesa approssimativamente 9-10 Kg. Chiavi più grandi pesano quindi ancora di più, rendendone impossibile l'uso da parte di un'unica persona.

Attualmente l'involucro è costituito da una leggera, ma straordinariamente forte lega in alluminio con un'elevata resistenza alla trazione. Tutti i componenti vitali, come il comando del cricchetto, sono ancora realizzati in acciaio. Per chiavi del genere, vale un rapporto momento massimo/peso molto più favorevole, intorno a 1200 Nm per Kg di peso. Il peso di una simile chiave, incluso il braccio di puntello, che sviluppi 4800 Nm si riduce ora a solo 4 kg. Circostanza questa particolarmente rilevante dovendo operare da ponteggi, lavorando sopra alla testa ed in caso di trasporti in elicottero. I cilindri idraulici della chiave dinamometrica conferiscono ai cilindri ad azione doppia una maggiore velocità di lavoro ed un momento torcente più accurato. Il cilindro ad azione unica deve venire riportato da una molla in posizione di partenza, con dispendio di pressione supplementare e di tempo, oltre che a scapito della precisione. La velocità di rientro dipende infatti dalla lunghezza

del tubo, risultando praticamente insufficiente ad una lunghezza di circa 6 metri.

Le bussole (sockets), peraltro standardizzate, costituiscono il sistema d'uso più semplice e più conveniente; ve ne sono di due tipi: alte e basse. Le bussole alte hanno lo svantaggio di aumentare l'altezza dell'attrezzo, pregiudicando l'aderenza su tutta l'altezza del dado. Le versioni con raccordo sostituibile sono più piatte ed idonee ad interventi in luoghi di difficile accesso.

Il braccio di reazione serve a trasferire il momento di reazione dalla chiave ad un dado, oppure ad una flangia o macchinario adiacenti.

#### ■ Precarico ed attrito

Una delle cause principali dell'inadeguatezza di collegamenti a bullone è costituita da un precarico errato. Anche se al momento del serraggio del dado si tiene conto del momento torcente, tutto si accentra sul precarico. Nonostante gli svariati, conosciuti metodi di misurazione, è ancora sempre arduo controllare il precarico. Il costruttore è indubbiamente al corrente delle sollecitazioni a cui sono esposti i componenti del macchinario oppure una flangia, nonché delle dispersioni da

# Suggerimenti

## A cosa badare utilizzando una chiave dinamometrica?

**Come posso puntellare senza correre rischi nel modo prescritto dal fabbricante nel suo manuale?**

Per una chiave moderna realizzata in materiali leggeri e ad esempio un momento di 4800 Nm, la sollecitazione di reazione che grava sul braccio di puntello oscilla all'incirca dalle 4 alle 4,5 tonnellate. Le sollecitazioni di reazione per chiavi di maggiori dimensioni, sono molto più elevate ed esigono quindi una canalizzazione corretta per evitare la deformazione o del danneggiamento del materiale o dell'attrezzatura, nonché incidenti. Un appoggio adeguato e solido costituisce pertanto la prima esigenza per un utilizzo sicuro e corretto.

Il puntello migliore si ottiene con il braccio rivolto verso il basso, parallelo alla bussola. Il momento torcente causato dalla sollecitazione di reazione e quello della chiave sono all'incirca equivalenti e si compensano reciprocamente.

È fortemente sconsigliato utilizzare il braccio di reazione orizzontale a 90°, in quanto in tal caso si produce una sollecitazione di reazione sul braccio e quindi un momento di deformazione che grava sull'involucro. Con tutta probabilità la chiave si deforma con danneggiamento del meccanismo di comando.

Nel caso che i bulloni siano molti vicini l'uno all'altro oppure siano contro una parete, possono prodursi delle difficoltà di puntellamento od addirittura per la collocazione della chiave sui bulloni stessi. In mancanza di una corretta possibilità di puntellamento, si può provvedere ricorrendo a semplici espedienti, come sopperire alla distanza fra il braccio di reazione e la macchina o la flangia a mezzo di un tassello di legno duro o in acciaio. In tal modo, pur in mancanza di spazio sufficiente, potete utilizzare il braccio di reazione nel modo giusto e non orizzontale a 90°.

Puntellare sull'anello di tenuta, su di una superficie ricurva o sulla testa del bullone è sempre errato, in quanto con tutta probabilità il braccio di reazione schizza via. Talvolta è necessario ridurre considerevolmente la pressione idraulica. I materiali leggeri con cui oggi sono fabbricate le chiavi dinamometriche sono indubbiamente meno resistenti delle chiavi tradizionali in acciaio.

**Come comportarsi con "frozen nuts"?**

La regola pratica per svitare i dadi è: si necessita di 1 momento torcente pari almeno a 1,5 volte il momento di serraggio. Si investa quindi in una

chiave che abbia delle prestazioni pari ad 1,5 volte quelle normalmente necessarie. Una chiave del genere, leggermente più costosa, garantisce un riuscito utilizzo.

Dadi grippati da ruggine o vernice ("frozen nuts") richiedono talvolta molto più sforzo per poter venire allentati. In tal caso è meglio utilizzare una chiave che arrivi a generare almeno un momento torcente doppio. È tuttavia meglio usare uno spray penetrante d'alta qualità, capace di eliminare la ruggine in una quindicina di minuti al massimo. Il momento di rilascio è quindi molto più basso, con conseguente diminuzione del funesto effetto raganella della chiave, cosa che condiziona in modo sensibile la durata d'uso dell'attrezzo.

**Che effetto hanno la lunghezza del tubo e la portata di flusso?**

La lunghezza del tubo d'alimentazione e di quello di scarico è in teoria illimitata, ma una lunghezza ridotta genera una maggiore velocità di lavoro. Relativamente alla portata di flusso dei componenti idraulici, una portata elevata aumenterà la velocità di lavoro della chiave.

**Quale precarico debbo impostare?**

In linea di principio si deve applicare il precarico massimo (prescritta). È però importante tenere anche conto della resistenza del bullone e delle parti da collegare, della precisione nella determinazione del momento da parte dell'attrezzo idraulico, del fattore di sicurezza del collegamento nella sua totalità, delle variabili ambientali (temperatura, sostanze corrosive) e delle sollecitazioni esterne che agiscono sul collegamento stesso. Una coppia iniziale corretta permette inoltre l'adozione di meno bulloni o di misura ridotta, di flange più piccole (condutture), ciò che comporta un impianto meno pesante ed a minor prezzo.

**Quali problemi possono prodursi in caso di precarico errato?**

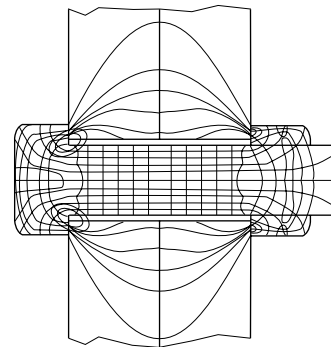
Se il precarico è troppo elevato, il bullone può rompersi, il filetto può sbavare oppure possono prodursi delle incrinature in parti del macchinario o delle flange. Un precarico troppo ridotto conduce ad allentamento per vibrazioni, snervamento del bullone, slittamento della giuntura o perdita di liquido (in caso di conduttura).

attrito ed assestamento, ed in relazione a ciò vengono calcolati la quantità necessaria di bulloni, la classe degli stessi ed il loro necessario precarico (kN). Se tuttavia viene operato in seguito un intervento di riparazione sui componenti in questione, subentra la possibilità che le perdite di cui sopra, conseguenti all'attrito ed all'assestamento del materiale, vengano ignorate in sede di rimontaggio.

Il momento torcente ovvero lo sforzo necessario al tensionamento di una giunzione a bullone dipende da un certo numero di variabili:

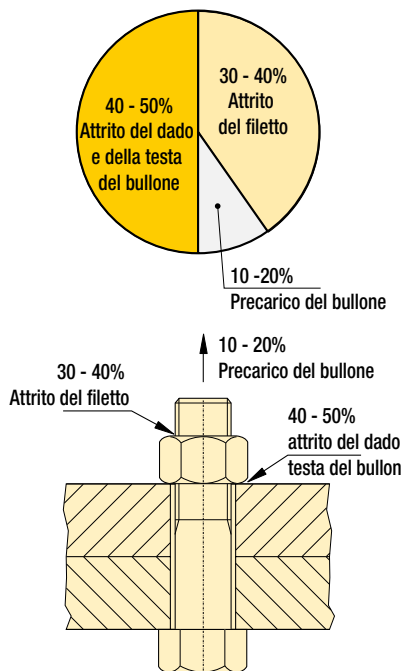
- La dispersione da attrito fra il bullone ed il dado
- L'attrito fra la superficie del dado e la parte adiacente della macchina o della flangia
- La geometria (qualità) della filettatura
- Il metodo di tensionamento e l'attrezzatura (la chiave dinamometrica).

L'attrito più rilevante si produce fra i filetti del bullone e quelli del dado, e fra il dado ed il componente



Una rappresentazione grafica della coppia iniziale e dell'attrito che si produce nel bullone e nel dado.

da fissare. Le dispersioni da attrito possono essere rilevanti e dipendono dal coefficiente di attrito fra le parti in movimento. Può ad esempio avvenire, in caso di attrito quasi secco ed in presenza di una superficie ruvida ed in caso di assestamento del materiale, che la dispersione sia talmente elevata da non generare praticamente alcun precarico nel bullone. Alla fine non rimane che qualcosa come il 10% del momento torcente per il puro precarico. La rimanenza si è dispersa in attrito ed assestamento. Ciò cela il rischio che la giunzione



Dispersione da attrito:

sembri tensionata a dovere, senza in realtà esserlo.

Ad illustrazione di ciò l'esempio seguente. Tutti i componenti del macchinario sono ancora nuovi e puliti, al momento dell'assemblaggio in fabbrica. Dopo alcuni anni di uso, essi sono tuttavia sporchi, arrugginiti e simili. Se i componenti vengono smontati e successivamente rimontati, si produce molto attrito. La chiave indica pertanto un momento torcente corretto, ma non si raggiunge il precarico richiesto. Il momento in cui i componenti subiscono le sollecitazioni conseguenti all'uso degli stessi, la giunzione non sarà tensionata come prescritto, aumentando le possibilità di incidenti. L'utilizzo di una guarnizione di tenuta è comunque sempre consigliabile, potendo in tal modo distribuire meglio lo sforzo applicato.

Il coefficiente di attrito può d'altronde venire ridotto utilizzando degli agenti lubrificanti. Anche in questo caso bisogna tuttavia fare attenzione, in quanto l'attrito può di conseguenza ridursi troppo, provocando un aumento eccessivo del precarico che può addirittura sfiorare il limite di trazione. Se la giunzione subisce in seguito delle sollecitazioni da pressione (serbatoi ad espansione), delle sollecitazioni da dilatazione a seguito di un aumento di temperatura (scambiatori di calore), oppure in presenza di vibrazioni (ponti),

il rischio di rottura dei bulloni non è certamente immaginario. D'altro canto il tensionamento del bullone può anche superare il limite di elasticità, provocando l'allentamento della giunzione dopo il serraggio.

#### ■ La misurazione del precarico

Da quanto sopra emerge che una giunzione, in dipendenza del precarico e dell'attrito, può anche risultare troppo serrata o troppo allentata. Per questa ragione è necessaria una competenza specifica per valutare il precarico necessario ed il momento di raggiungimento dello stesso. L'unico metodo è quello di eseguire le dovute misurazioni. Il metodo "più semplice" è quello di misurare con un micrometro la variazione di lunghezza del bullone. Il bullone denuncia una certa elasticità, a seconda della sua qualità, ad un determinato precarico. Un altro metodo consiste nel misurare l'angolo di rotazione del dado. Lavorando con una chiave dinamometrica, si conosce empiricamente, per ogni diametro di bullone ad un determinato attrito medio, quale sia il livello Nm di momento torcente necessario per ottenere una determinata variazione della lunghezza del bullone stesso. Basandosi sul passo della filettatura e sull'angolo di rotazione del dado, è infatti possibile calcolare l'aumento della lunghezza del bullone. Il dado viene a tal fine prima serrato ad una tensione iniziale di circa 200 Nm, sufficiente per unire le parti della flangia o della macchina senza provocare la deformazione del bullone. Chiamiamo ciò la base zero. Il dado viene in seguito fatto ruotare

dei gradi corrispondenti all'angolo voluto. Il bullone ed il dado sono stati muniti di contrassegni in gesso ai punti prestabiliti (calcolati eventualmente dall'ordinatore). Se i segni si trovano uno di fronte all'altro si è raggiunto il valore corretto. In tal modo si esclude l'incidenza dell'attrito.

Un metodo particolarmente preciso è quello di misurare lo sforzo di pretensione a mezzo di una combinazione di ultrasuoni ed un microprocessore. Serrando il dado, si produce nel bullone una tensione di trazione e di conseguenza elasticità. La velocità di trasferimento nel bullone delle onde ultrasonore (waves), diminuisce con l'aumentare della tensione di trazione ed elasticità, e può quindi venire usata per la misurazione della pretensione dei bulloni. Questo metodo può offrire dei rilevamenti d'alta precisione, ma è abbastanza costoso e richiede l'intervento di specialisti.

Un metodo applicato più sovente che offre un accettabile livello di precisione consiste nella trazione del bullone (tensione di trazione) al precarico voluto, servendosi di un cilindro idraulico. La pressione idraulica applicata viene letta su di un manometro. Tale pressione permette di calcolare la sollecitazione a cui è soggetto il bullone. In conseguenza di ciò, il dado si allenta un poco e può venire serrato senza problemi. Diminuendo la pressione idraulica, si genera in seguito il precarico puro. Questo metodo è più preciso di una chiave dinamometrica. Lo svantaggio consiste tuttavia nel fatto che si produce dispersione di tensione a causa del successivo assestamento del materiale del bullone. Usando una chiave



dinamometrica, tale possibilità viene ridotta, in quanto l'operazione di serraggio consente maggior tempo d'assestamento. Il dado ruota infatti solo di 25 gradi e viene ogni volta rilasciato, permettendo al bullone di "respirare" per un paio di secondi mentre le molecole possono assestarsi. La trazione con supporto idraulico dei bulloni costituisce tuttavia un metodo impegnativo e che richiede molto tempo, oltre che una sua specializzazione. Per questa ragione, questo metodo trova applicazione solo in circostanze che esigono un livello di sicurezza particolarmente elevato, come reattori nucleari, serbatoi ad espansione, compressori ad elica, motori marini diesel e turbine.

#### ■ Misurare durante lo svitamento

Nella maggior parte dei casi il costruttore indica il momento torcente ad un determinato coefficiente d'attrito. Nei casi in cui non vi siano (più) dati sul precarico richiesto ed il relativo momento torcente, si procede talvolta a misurare quale sforzo (momento torcente) è necessario per allentare la giunzione. Ciò costituisce d'altra parte una soluzione d'emergenza, in quanto si corre il rischio che il dado sia talmente grippato da richiedere forse un momento torcente superiore di 2,5 volte a quello originario. Ciò si può soltanto evitare provvedendo prima a rimuovere leggermente il dado ad esempio dalla ruggine, e misurando in seguito idraulicamente da quel momento, mentre il dado viene svitato con lentezza, il momento torcente. Ciò produce ogni caso un'indicazione del precarico e del momento torcente necessario per il nuovo serraggio. Il metodo migliore rimane comunque quello di consultare il fabbricante.

#### ■ Quale tipo di chiave dinamometrica?

La scelta del tipo di chiave dinamometrica dipende dal relativo utilizzo. Oltre alle specifiche di capacità, si bada qui ad aspetti come: "c'è un'altezza sufficiente a permettere l'utilizzo della chiave?" e "c'è spazio sufficiente intorno al dado?"

In generale, la regola pratica prevede che la chiave dinamometrica deve disporre

almeno di una capacità superiore del 30% a quella necessaria. Ciò mette a disposizione una riserva di capacità che può risultare necessaria al momento dello svitamento di giunzioni a bullone. Per interventi pesanti si usano chiavi dalla capacità doppia. È poi sempre possibile prendere all'occorrenza in locazione da fornitori specializzati una chiave più pesante. Per quanto riguarda lo spazio di lavoro a disposizione: ad altezza sufficiente funzionerà bene una testa quadrangolare di comando. Se l'altezza è tuttavia limitata, è meglio usare una versione bassa con tasselli ad incastro.

#### **Enerpac B.V.**

P.O. Box 269

3900 AG Veenendaal

The Netherlands

tel. +31 318 535 911

fax +31 318 525 613

internet: [www.enerpac.com](http://www.enerpac.com)

e-mail: [info@enerpac.com](mailto:info@enerpac.com)



### ***Enerpac offre il meglio del "power-to-weight"***

Grazie all'adozione di materiali leggeri e di alta tecnologia nonché di un involucro in un'unica soluzione, le chiavi dinamometriche idrauliche Enerpac hanno misure particolarmente compatte. Il sistema ratchet lavora con una dentatura minuta, che consente un alto livello di precisione e previene il grippaggio del dispositivo d'azionamento. I cilindri ad azione doppia producono un momento torcente esatto ad un'elevata velocità di lavoro. La pressione di lavoro di 800 bar genera un elevato rapporto momento torcente/peso, offrendo in sede d'uso maggiori riserve. Il raccordo girevole può venire, a tale elevata pressione, fatto ruotare di 360 gradi, permettendo di collocare i tubi in ogni possibile posizione, circostanza questa che assume particolare importanza per interventi in spazi ridotti.

Grazie alla loro costruzione leggera e compatta, le chiavi Enerpac presentano una grande facilità d'impiego e possono essere utilizzate praticamente ovunque. I tasselli e gli adattatori esagonali offrono inoltre il grande vantaggio di poter essere sostituiti con facilità senza dover ricorrere ad altri attrezzi.