

## La rullatura delle tacche antisganciamento

Nella costruzione del cambio di velocità di un veicolo ci si trova abbastanza spesso nella necessità di eseguire delle operazioni apparentemente di piccola entità, ma che tuttavia richiedono grande attenzione e talvolta anche macchine speciali.

Pensiamo per esempio alla sbavatura e smussatura degli spigoli laterali dei denti degli ingranaggi; per molti anni è stata considerata un'operazione assolutamente secondaria, tanto che nelle industrie giapponesi fino a non molti anni fa non si usava smussare i denti, o al massimo si faceva uno smusso parziale solo sull'angolo acuto dei denti, con macchine manuali che assomigliavano più a rudimentali attrezzi che a vere e proprie macchine.

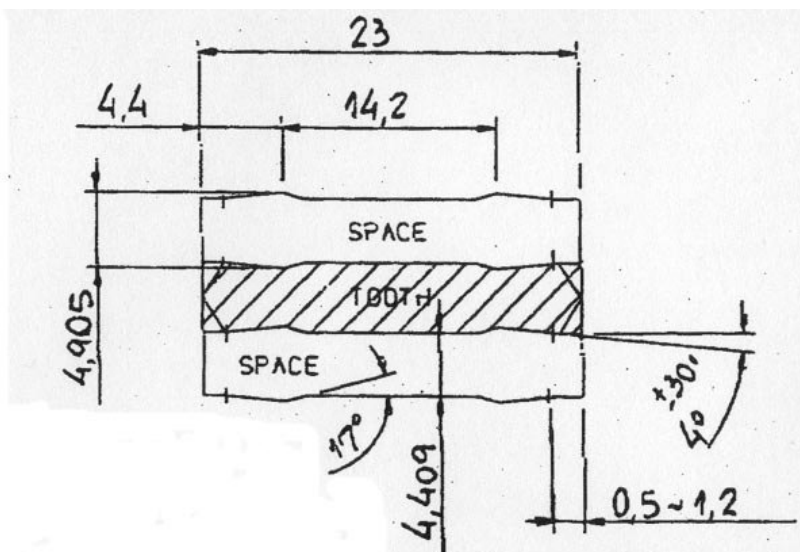
Anche le industrie americane hanno trascurato per molti anni questa operazione e solo dopo molti anni hanno seguito in pieno l'esempio delle industrie europee che avevano adottato macchine automatiche e semi-automatiche, dedicate per questa operazione, per eseguire contemporaneamente la sbavatura e la smussatura sui due fianchi dei denti.

Si parlerà, in questo numero, di un'altra apparentemente piccola operazione che presenta alcuni specifici problemi di non facile risoluzione: si tratta dell'esecuzione delle tacche antisganciamento nei manicotti del cambio.

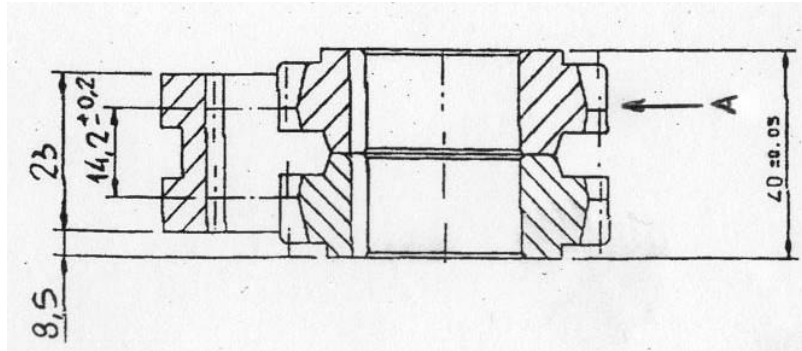
Queste tacche sono eseguite sui denti dell'ingranaggio interno dei manicotti scorrevoli dei cambi montati sulle automobili e sui veicoli industriali.

Le tacche di cui si parla, sono fatte in modo da ospitare un piccolo tassello di acciaio trattenuto da apposite molle e il tutto ha lo scopo di evitare l'autosganciamento delle marce durante il funzionamento del cambio.

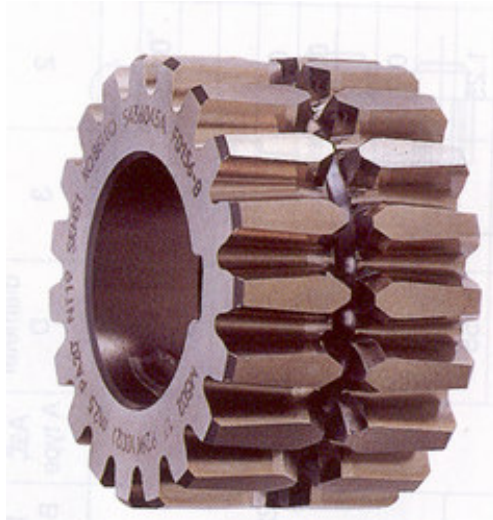
Queste tacche possono avere sagome diverse ed a volte sono eseguite con una fresatura solo su tre settori a  $120^\circ$ , ma in moltissimi casi hanno una forma caratteristica, indicata in fig. N°1, e sono eseguite per mezzo di un'operazione di rullatura con una coppia di rulli piazzati come indicato schematicamente in figura N°2; questi rulli hanno i denti con una sezione che è detta a *cassa da morto*, perché effettivamente la sagoma dei denti dei rulli ha questa forma, come si può vedere nella figura N°3.



**Figura N°1:** Sezione del dente del manicotto con indicazione di una forma delle tacche



**Figura N°2:** *Schema di lavoro: manicotto e rulli*



**Figura N°3 :** *Vista di un rullo in cui si nota la forma caratteristica del dente*

L'operazione di rullatura, in apparenza molto semplice, in realtà nasconde delle grandi difficoltà.

In primo luogo per eseguirla bisogna usare un'apposita rullatrice, progettata solo per questa operazione. Ci sono varie versioni che vanno dalla macchina manuale, di costo limitato, a quella completamente automatica, compreso il carico e scarico, che naturalmente ha un costo rilevante.

Fin qui non ci sarebbe niente di particolare, se non il fatto di avere una macchina specifica, a volte di grandi dimensioni, per eseguire delle piccole tacche di profondità di solo qualche decimo di millimetro.

Il problema è costituito dagli utensili che, oltre ad avere i denti con quel nome un po' lugubre, devono essere costruiti con una tecnica particolare che richiede una grandissima esperienza.

Questi rullatori normalmente lavorano in coppia perché eseguono simultaneamente le tacche alle due estremità dei denti; questo comincia ad essere già un primo problema, perché i due rulli devono essere perfettamente allineati, in quanto lavorano su uno stesso dente, ed avere inoltre lo stesso diametro primitivo e lo stesso spessore dei denti per consentire l'esecuzione delle tacche con la stessa profondità alle due estremità dei denti.

Poiché sono i rulli che trasmettono il moto rotatorio, essi devono avere, entrambi, una sede di chiavetta perfettamente allineata rispetto ad un dente.

Un errore di allineamento della sede chiavetta su uno dei due rulli, provocherà delle tacche di diversa dimensione e, cosa più grave, aumenterà lo sforzo sui denti di un rullo con pericolo di rotture precoci.

In alcuni casi si preferisce trascinare solo un rullo con la chiavetta, lasciando l'altro folle sul mandrino.

In questo caso il moto passerà dal primo rullo al manicotto che a sua volta trascinerà il secondo rullo. Si evita con questo sistema di dover allineare le due sedi chiavetta.

Questo sistema però non è privo di pericoli, perché la dentatura interna dei manicotti, in primo luogo è, in genere, fortemente ribassata, con la possibilità di perdita della continuità d'ingranamento.

Poi, molto spesso, la dentatura non è completa, perché vengono asportati dei denti per generare le piste di scorrimento dei mozzi interni. Questo interrompe la continuità d'ingranamento.

E' anche vero che il secondo rullo non è completamente libero, ma è bloccato (non fortemente) al primo rullo con la semplice pressione del dado frontale di bloccaggio, il che consente, in presenza di sforzi, la variazione di posizione del secondo rullo, ma in certe circostanze possono egualmente nascere dei guai.

Il ciclo di lavoro deve prevedere un'inversione del senso di rotazione per poter ottenere una simmetria nella profondità delle tacche sui due fianchi dei denti.

L'inversione del senso di rotazione è una fase estremamente pericolosa per la resistenza dei denti in quanto si ha una brusca e, a volte, violenta inversione delle sollecitazioni a flessione. E' in questa fase che si verifica la maggior parte delle rotture.

Nelle macchine più sofisticate, quelle cioè che sono dotate di un controllo numerico, si provvede a gestire la velocità di rotazione in questa delicata fase, introducendo una rampa di decelerazione ed una di accelerazione in modo da limitare l'urto sui denti.

In altre macchine più semplici questa funzione è demandata a degli appositi giunti che assorbono in certa misura lo sforzo.

I denti dei rulli sono soggetti a fortissime sollecitazioni per flessione. Per questo motivo l'acciaio con cui vengono costruiti non può essere il normale acciaio super rapido impiegato negli altri utensili.

Infatti questo tipo di acciaio, pur avendo una durezza elevata per resistere all'usura, ha una relativamente scarsa resistenza alle sollecitazioni per flessione.

Si deve fare in modo che il dente sia discretamente duro in superficie e più tenero e tenace a cuore, esattamente come è richiesto per un buon ingranaggio.

Infatti si usa lo stesso acciaio degli ingranaggi, cioè quello della categoria 8620 cementato e temprato, con una durezza superficiale di circa 58 HRC.

Questi rulli hanno un rendimento abbastanza basso perché i denti si rompono per fatica. Una durata che è considerata normale è di circa 6 - 10000 pezzi per coppia. Oltre questa produzione i rulli si rompono.

I rulli di questo tipo non vengono mai affilati e si tengono in macchina fino alla loro rottura.

E' molto raro che vengano tolti dalla macchina per usura.

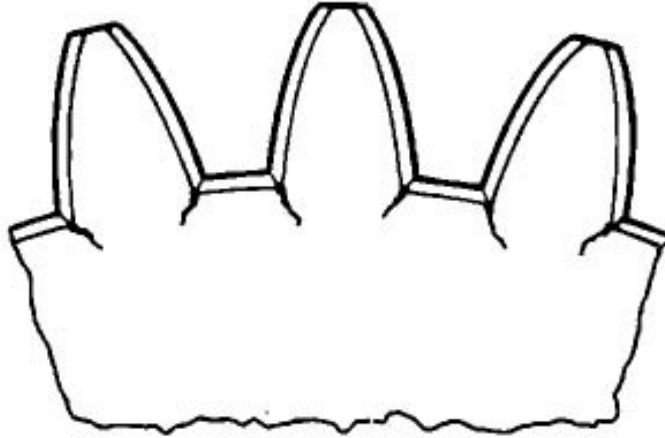
Se si ottengono rendimenti superiori si è in presenza di una eccezionale concentrazione di favorevoli circostanze.

Bisogna aggiungere che per ottenere questi rendimenti i rulli devono essere progettati e costruiti con estrema cura.

Infatti, i denti del rullo dovranno essere i più bassi possibile per limitare la coppia che tende a farli flettere, inoltre i raggi di raccordo a fondo dente dovranno essere i più ampi possibili e finiti accuratamente.

Ogni più piccola irregolarità presente sui raccordi di fondo dente facilita l'innesco delle fratture.

Nella quasi totalità dei casi, infatti, la rottura inizia alla base del dente e prima della rottura vera e propria si possono osservare, in corrispondenza dei raccordi di fondo, delle fessurazioni che hanno un andamento indicato schematicamente in figura N° 4.



**Figura N°4 :** *Cricche alla base dei denti prima della rottura*

Nella figura N°5 è rappresentato un rullo rotto. Si può osservare che due denti, sulla parte destra della figura sono “saltati” alla base del dente a seguito delle cricche di cui sopra.



**Figura N°5:** *Esempio di un rullo rotto perché giunto a fine vita*

Per aumentare la resistenza dei denti si deve usare di preferenza un acciaio forgiato, per evitare la più che dannosa (in questo caso) distribuzione dei carburi a bande di solito presente negli acciai ricavati da barre.

Inoltre è preferibile allentare le tensioni superficiali conseguenti al trattamento termico ed alla rettifica dei denti con un'operazione di pallinatura eseguita normalmente con piccole sfere di vetro o ceramica.

Un'altra complicazione legata a questa operazione è costituita dal fatto che l'operazione di rullatura non asporta il materiale, ma lo sposta da una zona all'altra.

Poiché la rullatura viene fatta su una dentatura interna, il materiale spostato formerà dei rigonfiamenti più o meno grandi ai bordi della tacca, sul diametro esterno e sul diametro interno della dentatura.

Si rende quindi necessaria una successiva operazione per asportare questo materiale eccedente; questa operazione viene eseguita con un'apposita broccia di ripassatura.

Si tratta in genere di una broccia di lunghezza ridotta, circa 500 mm, ma che deve avere una dentatura eseguita in accordo con la broccia che ha eseguito la dentatura interna.

E questo riguarda specialmente lo spessore dei denti, perché se lo spessore è troppo grande la broccia tenderà a grippare sui fianchi, mentre se è troppo piccolo non asporterà in maniera completa il materiale rigonfiato ai bordi delle tacche.

Si deve tener presente che la broccia che esegue la dentatura non avrà sempre lo stesso spessore dei denti, infatti, ad ogni affilatura lo spessore diminuirà per effetto della spoglia laterale sui denti taglienti.