

Metodi di rasatura

Esistono diversi metodi di rasatura che si differenziano sostanzialmente per la direzione dell'avanzamento impresso al coltello. La scelta di un metodo piuttosto che un altro dipende dalla forma del pezzo, dalle caratteristiche della macchina e dal tipo di produzione che si deve fare, cioè se si deve produrre a piccoli lotti o in grande serie. Per certi metodi di rasatura il coltello rasatore deve essere studiato in modo particolare, sia per quanto riguarda la dentinatura che per le correzioni dell'elica.

Prima di parlare dei vari metodi di rasatura però è necessario conoscere un parametro importante relativo a questa operazione: si tratta dell'angolo di incrocio.

Angolo di incrocio γ

Si è detto che il coltello ed il pezzo hanno eliche diverse, cioè che i loro assi non sono paralleli. Questa è la condizione essenziale affinché il rasatore possa operare.

La differenza tra i due angoli di elica, calcolati sul diametro primitivo di funzionamento, cioè sui diametri di rotolamento, individua l'angolo di incrocio degli assi γ .

L'angolo di incrocio è un elemento che va scelto dal progettista del coltello, ma il margine di discrezionalità non è molto alto.

In linea di massima, se si lavora acciaio con resistenza $R = 600 \div 700 \text{ N/mm}^2$, esso deve essere compreso tra i 10° ed i 15° . Nella lavorazione di ghisa o di leghe leggere può arrivare fino a 20° . Come si vedrà, in alcuni casi non è possibile adottare angoli così elevati a causa di impedimenti (per esempio spallamenti) che interferirebbero con il coltello, in questo caso si adotterà il massimo angolo possibile, tenendo presente che è praticamente impossibile lavorare con angoli di incrocio inferiori a 3° .

Più l'angolo d'incrocio è alto, più aumenta la capacità e la facilità di taglio, dovuta all'aumento della velocità di strisciamento. Ma, contemporaneamente si ha una riduzione dell'azione di guida con la progressiva perdita di controllo sul profilo del dente e sulla direzione dell'elica.

Con angoli di incrocio alti si ha anche una riduzione della vita del coltello.

Se invece l'angolo d'incrocio decresce a partire da 10° , si verifica un effetto di ricalcamento graduale che tende a riprodurre le condizioni dell'ingranamento ad assi paralleli.

Nei casi di ingranaggi che per la loro forma non permettono un incrocio regolare, si può scendere fino a 3° ottenendo una superficie lucente dovuta all'intensificata azione di brunitura.

Bisogna osservare infine che l'angolo d'incrocio non è costante per un determinato coltello. Si è detto che le inclinazioni delle eliche del coltello e del pezzo vengono calcolate sui diametri primitivi di funzionamento. Questi cambiano ogni volta che si affila il coltello e quindi in modo corrispondente cambierà l'angolo di incrocio. Non sono variazioni che possono influire sul funzionamento del coltello, perché sono dell'ordine del decimo di grado, ma è evidente che bisogna tenerne conto quando si monta il coltello sulla rasatrice.

Rasatura parallela

Il moto relativo di avanzamento tra pezzo e coltello avviene nella direzione dell'asse del pezzo, come indicato nella figura N°1.

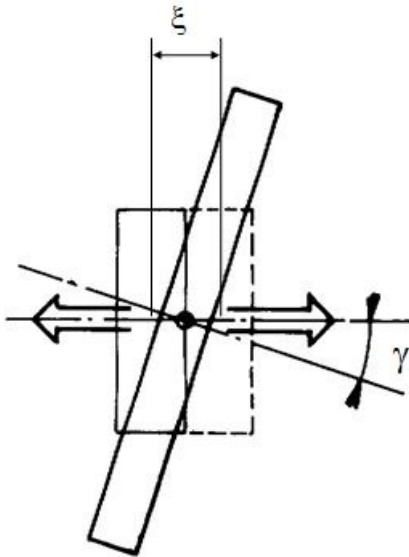


Fig.N°1- Schema della rasatura in parallelo (γ = angolo di incrocio)

Si eseguono più corse alternative e quando la corsa s'inverte, s'inverte anche il senso di rotazione del coltello.

L'interasse tra rasatore e pezzo si riduce ad ogni inversione della corsa finchè viene raggiunto il prescritto spessore cordale.

Nella rasatura parallela, come dice la parola stessa, il pezzo, oppure il rasatore, vengono spostati parallelamente all'asse del pezzo, più volte avanti ed indietro. La lunghezza della corsa del movimento di andata e ritorno potrebbe essere in teoria uguale alla larghezza del dente dell'ingranaggio, ma di regola è leggermente maggiore.

La larghezza del rasatore non ha alcuna relazione con la larghezza del pezzo. Teoricamente è possibile, con un rasatore molto stretto, rasare un pezzo di larghezza illimitata.

Questo è anche il motivo per cui la rasatura parallela non può essere completamente sostituita dalla rasatura diagonale che sarebbe più economica e tanto più dalla rasatura a plongée (a tuffo), che come vedremo presenta grandissimi vantaggi.

L'utilizzazione del coltello rasatore, con questo metodo, non è ottimale, perché esso taglia solo con la parte centrale della larghezza del dente. Infatti, il punto di contatto, cioè l'intersezione degli assi si trova a metà della larghezza del dente del rasatore. Questo quindi sarà il solo punto in cui si concentrerà l'usura.

Questo inconveniente, che riduce di molto la vita del coltello, può essere alleviato se si fa in modo che il punto di contatto, all'inizio della lavorazione, si trovi non al centro, ma spostato verso un'estremità.

Quando il coltello non taglia più sarà sufficiente capovolgerlo per utilizzare un'altra zona dei denti.

Questo sistema richiede un tempo di set-up più lungo ed una particolare cautela nella sua utilizzazione.

Il grande inconveniente di questo metodo è che il tempo di rasatura è molto grande, perché appunto la corsa del coltello è lunga.

L'eventuale bombatura sull'elica del pezzo può essere ottenuta facendo oscillare opportunamente la tavola portapezzo della sbarbatrice, durante l'avanzamento della tavola stessa.

Rasatura diagonale

Questo metodo è anche chiamato "rasatura convenzionale".

Il moto relativo tra pezzo e coltello avviene con un angolo compreso tra 5° e 45° rispetto all'asse del pezzo, questo angolo è chiamato comunemente *angolo di diagonal* ε .
 Si eseguono più corse alternative e l'accostamento avviene gradualmente come nel caso della rasatura parallela.

Nella rasatura diagonale, la larghezza del pezzo, quella del rasatore e l'angolo di *diagonal* sono tra loro interdipendenti e così pure la corsa minima della tavola dipende dai parametri precedenti. Con le notazioni in figura N°2 si ha la seguente relazione:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{L_2 \cdot \operatorname{sen} \gamma}{L_1 - L_2 \cos \gamma} = \frac{\operatorname{sen} \gamma}{\frac{L_2}{L_1} - \cos \gamma}$$

ed inoltre

$$l_1 = L_2 \cdot \frac{\operatorname{sen} \gamma}{\operatorname{sen}(\varepsilon + \gamma)}$$

in cui l_1 è la lunghezza della corsa della tavola.

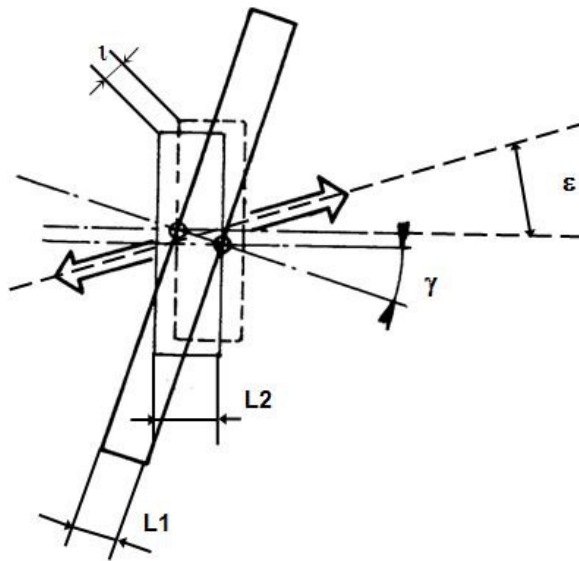


Fig.N°2- Schema di rasatura in diagonale

γ = angolo di incrocio

ε = angolo di diagonal

L_1 = lunghezza del dente del rasatore

L_2 = lunghezza del dente dell'ingranaggio

Naturalmente questa condizione vale fintanto che la larghezza utile del dente del coltello è uguale o inferiore alla larghezza del dente dell'ingranaggio, cioè:

$$L_1 \leq L_2 \quad \text{e quindi} \quad \frac{L_2}{L_1} \geq 1$$

Perciò, sostanzialmente l'angolo massimo di diagonal dipende dal rapporto tra la lunghezza dei due denti (pezzo e coltello) e dall'angolo di incrocio γ .

Nel diagramma di figura N°3 sono dati gli angoli massimi di diagonal per valori di $\frac{L_2}{L_1}$ da 1 a 2 e per angoli di incrocio di 5° , 10° e 15° .

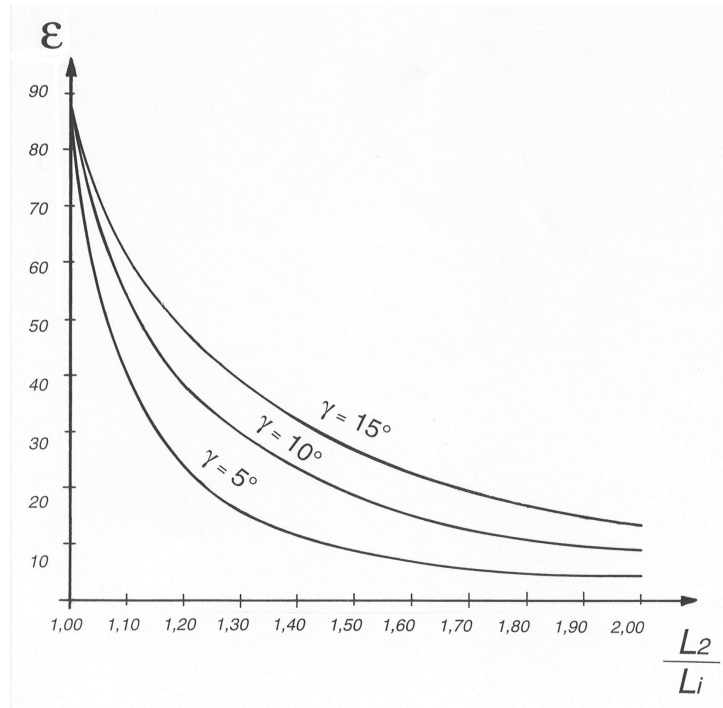


Fig.N°3- Corrispondenza tra gli angoli massimi di diagonal ed il rapporto $\frac{L_1}{L_2}$
per angoli di incrocio di 5° , 10° e 15°

Per esempio, con un normale rasatore di larghezza 20 mm si possono rasare, con un angolo di *diagonal* $\epsilon = 6^\circ$ ed *angolo di incrocio* $\gamma = 10^\circ$, ingranaggi con una larghezza massima di 45 mm.

L'ulteriore vantaggio della rasatura diagonale, oltre a quello rappresentato dalla migliore utilizzazione del coltello rispetto alla rasatura parallela, è la corsa più breve di rasatura e questo vantaggio è tanto maggiore quanto più si usano angoli di *diagonal* elevati, come risulta chiaramente dalla formula precedente.

I migliori tempi di rasatura con il metodo diagonale, si spiegano quindi con la minor lunghezza delle corse e con il minor numero delle corse che sono necessarie.

Per gli ingranaggi più piccoli, quasi sempre, sono sufficienti una corsa di andata e ritorno, mentre per gli ingranaggi di modulo più grande e di fascia più larga, sono necessarie 2 o 3 corse di andata e ritorno. Naturalmente però, il parametro principale che determina il numero delle corse è il soprametallo da asportare.

Conviene notare che il numero delle corse di andata deve sempre corrispondere al numero delle corse di ritorno e questo, non solo per ritornare sempre nella posizione iniziale alla fine del ciclo, ma soprattutto perché quando il coltello avanza in un senso taglia meglio su un fianco, mentre quando avanza nel senso opposto taglia meglio sull'altro fianco.

L'applicazione della rasatura diagonale è limitata agli ingranaggi relativamente piccoli, in considerazione del fatto che il costo degli utensili è tanto maggiore quanto maggiore è la loro larghezza. Il limite di larghezza dell'ingranaggio dovrebbe essere intorno ai 100 mm.

A volte non si possono adottare angoli d'incrocio ideali a causa di spallamenti o di altri ingombri in vicinanza dell'ingranaggio da lavorare. In questi casi si possono adottare angoli di diagonal anche superiori ai 45° e si parlerà allora di *rasatura diagonale-trasversale*. Il coltello in questo caso dovrà essere studiato in modo accurato, specie per quanto riguarda la dentinatura.

Anche l'eventuale bombatura richiesta dall'ingranaggio non potrà più essere eseguita facendo oscillare la tavola portapezzo, ma bisognerà affilare il coltello con una opportuna cavità di elica.

Rasatura underpass

La direzione dell'avanzamento è perpendicolare all'asse del pezzo (fig.N°4).

Normalmente il coltello esegue solo una corsa di andata e ritorno e la corsa è estremamente corta con la conseguenza che il tempo di taglio è molto breve.

Nel metodo di rasatura underpass, in virtù degli assi incrociati, se l'ingranamento inizia con il coltello in basso, il contatto avverrà all'estremità destra della fascia dentata dell'ingranaggio, per poi portarsi gradualmente attraverso tutta la fascia dentata fino all'altra estremità.

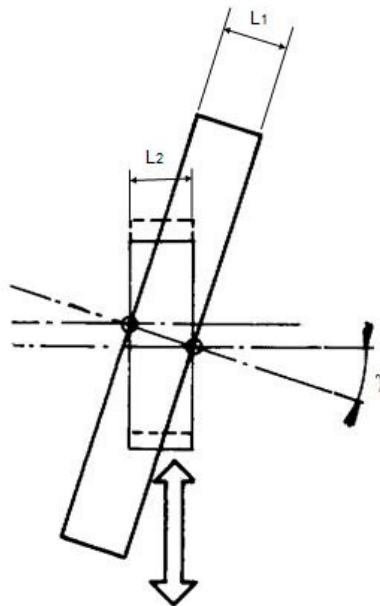


Fig.N°4- Schema della rasatura underpass (γ = angolo di incrocio)

Il coltello ha quindi uno spessore leggermente maggiore di quello dell'ingranaggio da rasare.

Questo metodo è il più rapido e permette la minore usura del coltello poiché questo lavora progressivamente e parzialmente per tutta la larghezza della sua fascia dentata.

Questo metodo è adatto per ingranaggi aventi una larghezza massima di circa 100 mm.

Ad ogni modo, la larghezza utile minima del dente del coltello L'_1 si può calcolare con la seguente formula:

$$L'_1 = \frac{L_2}{\cos \gamma}$$

Mentre la lunghezza della corsa si può calcolare con:

$$l = L_1 \sin \gamma \quad \text{dove } \gamma \text{ è l'angolo di incrocio degli assi.}$$

L'eventuale bombatura sull'elica dell'ingranaggio è ottenuta rettificando con una cavità opportuna l'elica del coltello.

Normalmente si usa questo metodo quando l'ingranaggio è in prossimità di uno spallamento che impedisce la corsa normale, in senso longitudinale (o diagonale) del coltello. In questi casi è necessario quasi sempre ridurre l'angolo d'incrocio a valori molto bassi, tali da evitare l'interferenza tra coltello e spallamento.

In queste condizioni l'azione di slittamento è molto limitata ed il coltello taglia male. Il pezzo risulterà con una superficie lucida dovuta all'azione di ricalcamento.

Il coltelli che lavorano con il sistema underpass hanno, inoltre, una dentinatura speciale, cioè sfalsata tra un dente e l'altro per evitare che restino le tracce dei dentini sulla superficie lavorata.

Infatti lo strisciamento è limitato e non è sufficiente per coprire la distanza tra uno spigolo tagliente e l'altro (passo della dentinatura).

Si illustrerà in dettaglio questa caratteristica in un'altra sezione.

Rasatura a plongée (a tuffo)

L'accostamento del coltello al pezzo avviene in senso radiale e non ci sono spostamenti longitudinali del coltello. La corsa del coltello sarà quindi molto corta ed infatti il tempo di rasatura con questo metodo è il più breve. Vedere figura N°5

Questo sistema però richiede un coltello costruito in un modo del tutto particolare, in primo luogo per quanto riguarda la dentinatura, che, come si vedrà meglio in seguito, dovrà essere studiata in base alle caratteristiche del pezzo e del coltello, specialmente per quanto riguarda lo sfalsamento della dentinatura tra un dente ed il successivo. Inoltre sia il profilo che l'elica del coltello dovranno essere tali da riprodurre sul pezzo il profilo e l'elica volute. L'avanzamento del coltello al pezzo dovrà avvenire secondo un ciclo determinato, con velocità che, in valore assoluto, sono piccole, con pause, con ciclo di inversione ecc. Questo significa che una semplice rasatrice non può lavorare con questo sistema: sono necessarie delle rasatrici a controllo numerico che permettono di attuare un ciclo di lavoro anche molto complesso.

Se si vuole ottenere una superficie ben finita, si deve fare attenzione al senso con cui viene asportato il truciolo.

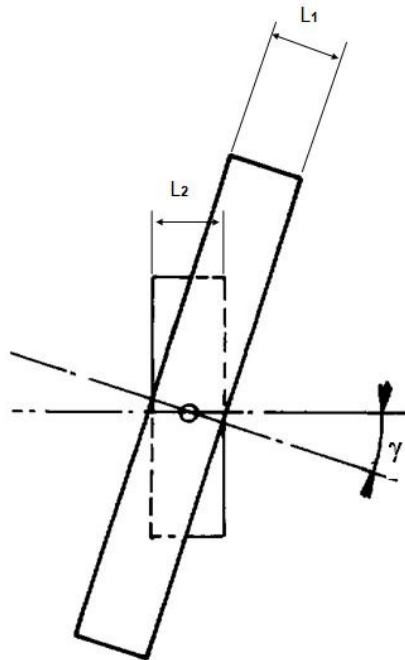


Fig.N°5- Schema di rasatura a plongée (γ = angolo di incrocio)

La dentinatura in questo tipo di coltelli, come si è appena detto, deve avere un andamento elicoidale e deve essere eseguita con una certa precisione, tanto che è indispensabile eseguirla con apposite stozzatrici a controllo numerico.

La dentinatura è una caratteristica molto importante per tutti i coltelli rasatori, ma assume un'importanza decisiva per quelli che lavorano con il metodo underpass e plongée.

Dall'esattezza della progettazione e dalla precisione di esecuzione dipende in gran parte il buon funzionamento del rasatore.

Il materiale asportato da ogni tagliente, cioè in sostanza, la velocità di avanzamento radiale, non deve essere troppo piccola, perché altrimenti i taglienti scivolano sulla superficie senza asportare il truciolo, provocando tra l'altro un'azione di incrudimento del materiale con un grave pregiudizio della precisione del pezzo e della durata del rasatore. D'altra parte, l'avanzamento non può essere nemmeno troppo elevato, pena la generazione di strappature e di una pessima superficie.

Oggi in tutte le produzioni di media e grande serie si adotta la rasatura a tuffo, perché i tempi di lavorazione sono estremamente brevi. Se per rasare un ingranaggio di un cambio automobilistico, con la rasatura diagonale è necessario più di un minuto, con la rasatura a tuffo (a plongée), sono sufficienti dieci secondi o poco più.

L'impiego della rasatura a plongée in linee di grande produzione è stata resa possibile, inoltre, con l'entrata sul mercato delle affilatrici per coltelli rasatori a controllo numerico che, negli ultimi modelli, hanno raggiunto standard qualitativi veramente impensabili qualche anno fa.

Ora è possibile eseguire profili ed eliche speciali, digitando alcuni semplici dati sulla tastiera, ed ottenendo un buon risultato in un tempo brevissimo.

Solo qualche anno fa erano necessarie molte ore di lavoro ed operatori espertissimi, per eseguire gli stessi profili e le stesse correzioni di elica.

Caratteristiche dei metodi di rasatura.

Rasatura parallela:

- ❖ *Si possono rasare ingranaggi con larghezze molto grandi;*
- ❖ *Non c'è relazione tra la larghezza dell'ingranaggio e quella del rasatore;*
- ❖ *Corsa più lunga e quindi tempo più lungo;*
- ❖ *Il coltello lavora solo con una limitata zona di contatto;*
- ❖ *Durate più brevi del coltello;*

Rasatura diagonale:

- ❖ *Si possono rasare ingranaggi con larghezza superiore a quella del coltello (max 100 mm);*
- ❖ *La corsa è più breve rispetto alla rasatura parallela e dipende dall'angolo di incrocio, dall'angolo di diagonale e dalla larghezza del pezzo;*
- ❖ *Si ha una migliore utilizzazione del coltello che lavora in tutta la sua larghezza;*

Rasatura underpass:

- ❖ *Si usa con l'ingranaggio in prossimità di uno spallamento con angolo di incrocio minimo di 3°;*
- ❖ *Spessore del coltello maggiore della larghezza dell'ingranaggio;*
- ❖ *Corsa molto breve;*
- ❖ *Dentinatura con sfalsamento;*

Rasatura plongée:

- ❖ *Ha la corsa ed il tempo di lavoro più breve;*
- ❖ *Spessore del coltello maggiore della larghezza dell'ingranaggio;*
- ❖ *Dentinatura con sfalsamento;*
- ❖ *L'elica del coltello deve essere modificata in funzione della correzione voluta sul pezzo;*
- ❖ *Viene usato su rasatrici CN*