

1 Le forze nel taglio ortogonale

L'angolo di taglio ϕ dipende dalla dimensione relativa delle forze agenti sulla faccia dell'utensile. Si possono prendere in considerazione tre punti di vista della situazione. Nel primo, con l'aiuto di celle di carico in grado di valutare le forze agenti in direzioni mutuamente perpendicolari, può essere misurata la forza esterna agente sul portautensile. Nel taglio ortogonale ci sono due forze, la forza di taglio F_c è esercitata nella direzione del taglio, parallela alla superficie del pezzo, mentre una forza di spinta F_t , agente perpendicolarmente alla superficie del pezzo, è necessaria perché l'utensile continui a tagliare. La somma vettoriale delle 2 forze dà la risultante R . Ad elevati angoli di spoglia positivi la forza di spinta è negativa e l'utensile è spinto all'interno del materiale.

2 Nel secondo punto di vista, quello dell'utensile, la risultante R può essere scomposta nella forza normale N agente perpendicolarmente alla faccia dell'utensile e nella forza di attrito F agente lungo la faccia. Le loro intensità possono essere calcolate dalle forze misurate e dal valore dell'angolo di spoglia, con le formule in figura. Un modo semplice di interpretare i risultati sarebbe in termini di un modello che postuli lo scorrimento del truciolo lungo la faccia dell'utensile. L'entità della forza di attrito F determinerebbe allora un angolo di attrito come mostrato in figura.

3 In alternativa, l'angolo di attrito può essere calcolato a partire dalle forze misurate. Questa rappresentazione tuttavia può essere fuorviante perché al diminuire dell'attrito, F spesso diminuisce meno rapidamente di N e il coefficiente di attrito di conseguenza aumenta. Per questo motivo chiamiamo μ coefficiente di attrito medio apparente.

4 Dal punto di vista delle forze agenti sul materiale, la risultante R può essere scomposta in una forza di taglio F_s , agente nel piano di taglio e una forza di compressione F_n che esercita una pressione idrostatica sul materiale da tagliare. La pressione idrostatica non modifica la tensione di flusso plastico del materiale ma ne ritarda la frattura; di conseguenza, in un materiale ragionevolmente duttile, il truciolo può formarsi in modalità continua anche se le deformazioni sono alte. Il rapporto tra le due componenti dipende dall'angolo di taglio ϕ . Chiaramente al crescere del valore dell'angolo di spoglia α , ϕ deve crescere e il truciolo diventa più sottile.

5 L'attrito sulla faccia dell'utensile ha l'effetto opposto, si oppone al libero flusso del truciolo e riduce l'angolo ϕ . Per trovare una relazione quantitativa, si può assumere che il materiale scelga di deformarsi a un angolo che richieda la minima energia. Questo conduce alla prima formula illustrata. Un altro approccio è basato sull'analisi upper bound e conduce a un risultato qualitativamente simile, dato dalla seconda formula.

6 Di conseguenza l'angolo di taglio diminuisce e aumentano la forza e il lavoro di taglio al diminuire dell'angolo di spoglia (di circa il 1,5% per ogni grado di variazione) e con

l'aumentare dell'angolo di attrito. Si può concludere che condizioni favorevoli, in termini di consumo di energia, sarebbero garantite usando grandi angoli di spoglia positivi e riducendo l'attrito lungo la faccia.

7 Il primo grafico confronta le due formule appena viste con i risultati sperimentali, si può osservare che la concordanza è piuttosto buona. Nel secondo grafico, fissato l'angolo di spoglia, si vede che aumentando l'attrito diminuisce l'angolo di taglio.

8 Ora possiamo tornare per un momento alla forza di spinta F_t . Questa forza è importante per varie ragioni. Provoca la deflessione del pezzo e questo determina l'esigenza di supportare i componenti lunghi e snelli. Se il componente ha pareti sottili, può essere difficile supportarlo e la forza di spinta deve essere minimizzata. Provoca la deflessione dell'utensile e del portautensili e questo influisce direttamente sulle tolleranze raggiungibili. Può variare in funzione delle condizioni di taglio, e questo porta a dimensioni variabili ed anche ad instabilità. Poiché la forza di spinta può essere misurata direttamente, è utile studiare come le condizioni di taglio la influenzino. Si può vedere dalle formule che per una data forza di taglio F_c o per una data risultante R , la forza di spinta diminuisca quando l'attrito diminuisca sulla faccia dell'utensile oppure quando l'angolo di spoglia α assuma un valore positivo maggiore. Quando β è minore di α l'utensile è tirato all'interno del materiale.

9 I due grafici mostrano l'andamento della forza di taglio e della forza normale nel piano di taglio. Per un materiale non incrudente la tensione necessaria per deformare plasticamente il materiale è il coefficiente angolare della retta. È costante nel caso di tensione tangenziale, mentre la tensione normale è variabile, così come previsto dal criterio di Tresca.

10 Il grafico inferiore l'andamento della tensione normale e di quella tangenziale sulla faccia dell'utensile. La tensione tangenziale non cresce oltre il valore della tensione tangenziale di flusso plastico del materiale del truciolo, in corrispondenza del quale si instaura una situazione di sticking. Questo concetto è già stato visto quando è stato introdotto il fattore di attrito. Al contrario, la tensione normale aumenta fino al vertice dell'utensile.

11 Le due tabelle forniscono alcune informazioni relative al taglio ortogonale di due materiali. Si può osservare nella tabella superiore che al variare dell'angolo di spoglia superiore cambia l'angolo di attrito, come è già stato detto. Si può osservare anche che con l'utensile in carburo (tabella inferiore) l'angolo di spoglia superiore è più piccolo, la velocità di taglio è maggiore, il coefficiente di attrito è inferiore, così come anche l'angolo di taglio. Il valore dell'angolo di taglio è influenzato dalla velocità di taglio.