

1 Formazione del truciolo

L'asportazione di truciolo su metalli differisce dal taglio idealizzato anche nella modalità di formazione del truciolo. Nel caso ideale la zona di taglio è ben definita, il taglio primario si può assumere abbia luogo in piani di taglio paralleli vicini l'uno all'altro con la formazione di truciolo continuo. La situazione viene approssimata in varie condizioni. Adesso perciò passeremo in rassegna le situazioni in cui si forma truciolo continuo, come quello mostrato a sinistra nella foto. Dopo vedremo le situazioni che portano alla formazione di truciolo discontinuo, mostrato a destra.

2 A velocità moderatamente basse in presenza di un fluido da taglio che riesca ad accedere sia sulla faccia che sul dorso dell'utensile ed agisca come un lubrificante, il truciolo scorre sulla faccia dell'utensile. La superficie generata è liscia così come la parte inferiore del truciolo. È evidente la formazione del truciolo mediante taglio perché la sua superficie inferiore è frastagliata.

3 A velocità un po' più alte la generazione di calore provoca un incremento delle temperature. L'attrito aumenta finché lo scorrimento sulla faccia dell'utensile viene arrestato e il sistema cerca di minimizzare l'energia consumata cercando una geometria del processo ottimale. Nelle operazioni di indentazione e di estrusione l'attrito adesivo porta alla formazione di una zona di ristagno (disegnare). Anche nell'asportazione di truciolo a velocità intermedie il taglio ha luogo lungo un naso di materiale statico attaccato alla faccia dell'utensile. Questo naso di materiale, chiamato tagliente di riporto (in inglese built-up edge), si comporta come un'estensione dell'utensile; il taglio ha luogo lungo il bordo del tagliente di riporto, perciò l'angolo di spoglia effettivo diventa piuttosto grande e si abbassa il consumo di energia.

4 Tuttavia bisogna pagare una penalità; si perde il controllo dimensionale e, poiché il tagliente di riporto diventa periodicamente instabile, occasionalmente frammenti di materiale si staccano e la finitura della superficie prodotta è scadente. Sotto certe condizioni si può formare un piccolo tagliente di riporto stabile; questa condizione è auspicabile perché protegge l'utensile senza produrre una superficie con finitura inaccettabilmente scarsa. In generale, è difficile pianificare che si instauri questa situazione, perciò di fatto il tagliente di riporto è un evento indesiderato

5 All'aumentare della velocità il materiale del tagliente di riporto si scalda e rammollisce, il tagliente di riporto gradualmente sparisce o piuttosto degenera nella zona di taglio secondaria. La velocità alla quale la transizione tra la formazione del tagliente di riporto e della zona di taglio secondaria indicata nella didascalia, di 40 m/min, è riferita a un generico acciaio. Variazioni simili hanno luogo anche tagliando altri materiali; le velocità critiche dipendono dalla temperatura raggiunta, ma è anche influenzata dall'adesione tra i materiali degli utensili e del pezzo. Come nella deformazione plastica dei metalli, gli effetti della temperatura possono essere normalizzati con riferimento alla scala delle temperature omologhe.

6 le 2 foto mostrano esempi di formazione di truciolo continuo con e senza formazione di tagliente di riporto.

7 In condizioni particolari il truciolo può essere continuo e mostrare una variazione periodica dello spessore. Questo truciolo ondulato, caratterizzato da una variazione circa sinusoidale dello spessore, è mostrato nella foto. Questa variazione è di solito collegata a vibrazioni attribuite a variazioni periodiche nelle forze di taglio. Come in tutte le macchine, le forze imposte causano deflessioni elastiche del pezzo, dell'utensile, del portautensile e della macchina stessa. Ogni variazione nelle forze provoca una modifica dello spessore del truciolo indeformato che si traduce in una ondulazione visibile e misurabile della superficie lavorata. Forze sbilanciate accelerano l'usura dell'utensile e ne possono causare la rottura, ponendo serie limitazioni sulla velocità e sui ritmi di produzione.

8 Nelle vibrazioni autoeccitate la sorgente delle vibrazioni è una variazione dello spessore indeformato di truciolo, per esempio prodotte in lavorazioni precedenti dalla presenza di punti più duri o altre irregolarità, o una perdita periodica del tagliente di riporto. Una soluzione è a volte trovata variando le condizioni del processo (velocità di taglio, velocità di avanzamento, che definirò in seguito, supporto del pezzo, supporto dell'utensile). Le vibrazioni possono anche avere origine da vibrazioni forzate dovute a periodiche variazioni delle forze agenti nella macchina utensile (per esempio dalla scatola del cambio o da accoppiamenti) o possono essere trasmesse da una sorgente esterna come una macchina utensile vicina che vibri. Supporti smorzanti o l'allontanamento della macchina che dà il problema risolvono la cosa. Anche il taglio interrotto in fresatura può provocare vibrazioni, una soluzione è la spaziatura non periodica dei taglienti.

9 Il truciolo segmentato, mostrato nella foto di destra, ha un profilo simile a denti di sega. Le sezioni spesse sono deformate solo leggermente e sono collegate tra loro da sezioni più sottili caratterizzate da elevata deformazione a taglio. Una forma estrema di truciolo segmentato si osserva nella lavorazione di materiali a bassa conducibilità termica come il titanio.

10 Il processo inizia ricalcando il materiale davanti all'utensile, provocando una localizzazione della deformazione di taglio. Poiché il calore generato nel piano di taglio non può essere dissipato, il materiale si scalda, si indebolisce, e si deforma di taglio finché un segmento di truciolo viene spostato. Poi il processo inizia nuovamente con la ricalcatura.

11 Il truciolo segmentato si forma anche a velocità di taglio molto alte quando la diminuzione della tensione di taglio dovuta al riscaldamento è maggiore dell'incremento dovuto all'incrudimento. La velocità alla quale si verifica questo dipende dal materiale; tagliando acciai trattati termicamente si colloca ad attorno 1000 m/min. La forza di taglio diminuisce e gran parte del calore prodotto viene allontanato insieme al truciolo. Tuttavia è importante

notare che le lavorazioni ad alta velocità non necessariamente sono lavorazioni con prestazioni elevate perché la velocità può essere limitata dall'aumento di temperatura e maggiori velocità di rimozione di materiale possono essere ottenute con tagli più profondi.

12 In alcune condizioni si forma truciolo discontinuo.

13 Quando un materiale duttile viene tagliato a velocità molto basse il forte incrudimento del materiale causa ricalcatura finché non si è accumulata una deformazione sufficiente per iniziare il taglio. I componenti elastici del sistema, per esempio il portautensile, provocano una improvvisa accelerazione e la completa separazione del truciolo, seguita da un nuovo ciclo di ricalcatura. Le forze di taglio variano violentemente e la nuova superficie è strappata e ondulata, si parla di avanzamento stick-slip (alternanza di adesione e scivolamento). Una elevata adesione e basse velocità di taglio, che generano basse temperature omologhe favoriscono la formazione di questo tipo di truciolo.

14 La formazione di truciolo discontinuo è intenzionalmente provocata nella lavorazione di alcune leghe metalliche mediante incorporazione di inclusioni o di particelle che rappresentano una fase secondaria utile per incrementare le tensioni interne e causare la totale separazione di frammenti di truciolo, si parla in questi casi di materiali automatici. Gli acciai automatici sono i più conosciuti. Le particelle presenti come fase secondaria e le inclusioni spesso riducono la tensione di taglio sia nella zona primaria che in quella secondaria, perciò le forze di taglio sono basse. Poiché la separazione del truciolo è più facile la finitura superficiale è buona e la tendenza a vibrare viene ridotta.

15 Tutte le considerazioni sviluppate fino a questo momento sulla formazione del truciolo sono basate sulle ipotesi che il tagliente dell'utensile sia costantemente impegnato col materiale. Questa condizione è tipica di alcune operazioni come la tornitura e il taglio con trapano. In altre lavorazioni, in particolare la fresatura, il taglio è interrotto e l'utensile emerge dal materiale lavorato dopo un periodo di contatto limitato. Questa situazione ha vantaggi in termini di rimozione del truciolo ma sottopone l'utensile a carico di impatto e rapide fluttuazioni di temperatura.