

7 Altre tecniche e potenzialità dei processi

Tornitura in lastra

Parti con simmetria assiale sono prodotte con diverse varianti:

1. Nella versione base di formatura, una lamiera circolare è tenuta contro uno stampo maschio che a sua volta viene messo in rotazione con un meccanismo simile a quello del mandrino di un tornio.

Utensili sagomati vengono premuti manualmente, oppure con un meccanismo a copiare o sotto controllo numerico, contro la lamiera, in modo che il metallo sia gradualmente appoggiato contro la superficie dello stampo. Lo spessore della lamiera rimane più o meno invariato.

2. Nel processo per proiezione, il diametro del pezzo rimane costante e la forma viene realizzata riducendo lo spessore.

La riduzione massima ottenibile è limitata dalla duttilità del materiale e si correla bene con la riduzione dell'area a rottura nella prova di trazione.

Se $q = (A_0 - A_f)/A_0 \times 100 > 50$, si può ottenere una riduzione dell'80%. Molte forme di grande spessore sono lavorate a caldo.

3. La tornitura di tubo è una variante della versione per proiezione in cui viene ridotto lo spessore della parete di un tubo o di un recipiente.

Lavorazioni a caldo

I materiali vengono lavorati a temperature elevate per una delle seguenti tre ragioni:

1. Piastre, profili e tubi di grande spessore vengono riscaldati per ridurre le forze di formatura.

2. I metalli che cristallizzano nel sistema esagonale compatto possono essere deformati solo a caldo, quindi il berillio è lavorato a 540-820 °C, le leghe di magnesio a 150-400 °C e il titanio e sue leghe vengono riscaldati a 480-790 °C, a meno che la deformazione non sia molto leggera.

3. La formatura superplastica permette la realizzazione di forme complesse con tecniche prese in prestito dalla termoformatura delle materie plastiche. In alternativa, il prodotto è formato in modo isoterma tra stampi riscaldati.

Le applicazioni pratiche includono la formatura di leghe di alluminio e la maggior parte delle leghe di titanio (in particolare, Ti-6Al-4V che è superplastico a 840-870 °C anche senza particolari preparazioni), principalmente per applicazioni aeronautiche e anche per prototipazione.

Potenzialità

I processi di lavorazione della lamiera sono molto versatili, ma devono essere riconosciute alcune limitazioni sulle forme ottenibili.

Le dimensioni spaziano in un'ampia gamma, dai componenti elettronici in miniatura a parti laterali della carrozzeria di auto da 4 m di lunghezza e pelli di ali per i Boeing 747 da 25 m di lunghezza lavorate con la pallinatura.

Le tolleranze possono essere molto strette e molti processi realizzano parti net-shape.

La progettazione dei componenti deve tener conto di specifiche limitazioni

Nella tranciatura, il materiale di scarto rappresenta perdita di materiale. La larghezza minima dello scarto è limitata dal pericolo di tirare il materiale nella luce tra punzone e matrice ed è tipicamente $w = 2h$, ma può essere ridotta a $w = h$ con un'alta pressione del premilamiera e una lamiera più spessa e più rigida.

I diametri dei fori possono essere raramente inferiori allo spessore della lamiera e devono essere almeno $2h$ con i materiali più duri. La forma delle parti dovrebbe consentire un nesting con poco scarto o anche senza.

L'utilizzo del materiale può essere ottimizzato mediante un appropriato layout e nesting delle parti, un'arte che è notevolmente aiutata da programmi informatici. La produttività è ulteriormente aumentata e le perdite di materiale vengono ridotte con la sovrapposizione di più strisce di parti da una striscia più larga.

Passando alla piegatura, il raggio minimo delle parti piegate è determinato dall'esigenza di evitare la frattura o, se l'aspetto o la finitura lo richiedono, dalla comparsa della strizione.

Il raggio massimo è raggiunto quando non c'è deformazione plastica. Lo springback aumenta con l'aumento del rapporto R_b/h e la progettazione del processo deve prevedere la compensazione.

Se la piegatura è combinata con l'allungamento, sono possibili rapporti di R_b/h molto grandi, a condizione che l'attrito sia abbastanza basso per assicurare lo scorrimento sullo stampo.

Le parti formate per stiramento subiscono assottigliamento. Questo in realtà è un vantaggio quando il materiale incrudisce, e l'assottigliamento è un mezzo importante per aumentare la resistenza all'ammaccatura di un componente. Lo scorrimento sulla superficie del punzone e quindi l'incrudimento possono essere favoriti evitando caratteristiche geometriche che ostacolano lo scorrimento e con l'applicazione di un lubrificante efficace nel processo. Uno stiramento maggiore può essere raggiunto con un progetto che imponga sollecitazioni trasversali.

Le più semplici forme imbutite (recipienti cilindrici piatti) con un raggio del fondo compreso tra 5 e 10 volte lo spessore sono le più favorevoli. Pareti più sottili sono facilmente ottenute stirando. Recipienti a gradini possono essere facilmente realizzati con imbutiture multiple. Le forme coniche sono più difficili; un recipiente a gradini può essere trasformato in un cono, ma si vedranno le linee prodotte dallo stampo. Occorre considerare processi alternativi come l'idroformatura e la tornitura in lastra. Forme più complesse richiedono una successione di operazioni, i maggiori costi di produzione possono essere giustificati se più componenti possono essere sostituiti con uno solo.

Parti di forma rettangolare o irregolare possono essere imbutite o sottoposte a imbutitura-stiratura. In generale, angoli stretti e dettagli locali profondi rendono difficile la produzione, ma non impossibile, come esemplificato da coppe dell'olio motori e molti altri componenti delle carrozzerie d'auto. Modifiche minori (e funzionalmente insignificanti) della forma del pezzo (tipicamente, raggi di curvatura più ampi) spesso forniscono le soluzioni più economiche per i problemi di produzione. La modellazione del flusso di metallo è già in grado di aiutare nel fare la prima valutazione sulla fattibilità di produzione di una parte. La varietà di forme può essere ulteriormente ampliata se le limitazioni usuali sono meno stringenti. Un buon esempio è il vassoio a più compartimenti per la cena in cui le pieghe non sono solo consentite ma anche incoraggiate. Questo fornisce la rigidità necessaria, facilitando anche imbutiture profonde che supererebbero la formabilità delle lamiere in lega dura di alluminio.