

Taglio delle lamiere

La maggior parte delle operazioni sono a freddo; il riscaldamento è necessario solo per scopi speciali in alcuni tipi di deformazioni. Spesso, la produzione di una parte in lamiera richiede più operazioni.

La figura fornisce una panoramica delle possibili operazioni su lamiera. Alcuni tipi di operazione sono applicabili anche a fili, profilati e tubi (anche alcune operazioni di taglio, diversamente da quanto detto nella registrazione). La successione più frequente su lamiera consiste in operazioni di taglio seguite da deformazione plastica ed eventuale giunzione con altri componenti. Per questo motivo la rassegna delle lavorazioni su lamiera parte dalle operazioni di taglio. Qualche volta alcune operazioni di taglio seguono la deformazione.

Indipendentemente dalle dimensioni della parte da produrre, il primo passo consiste nel tagliare la lamiera o la striscia in forme appropriate con un processo di taglio.

Un semilavorato di forma opportuna (circolare o di forma più complessa) viene tagliato tra un punzone e una matrice in una pressa e il processo viene chiamato tranciatura (figura in rosso). Lo stesso procedimento viene utilizzato anche per rimuovere parti indesiderate di una lamiera; in questo caso si parla di punzonatura (in blu).

Un semilavorato può essere tagliato con piccoli tagli ripetuti nel processo di roditura con un punzone di forma semplice. Il movimento assomiglia a quello di un ago in una macchina da cucire.

I prodotti imbutiti vengono rifiniti tagliando il materiale in eccesso (figura f).

Il processo di separazione di parti adiacenti di una lamiera mediante frattura controllata non può essere descritto come una deformazione puramente plastica o come taglio.

La lamiera è collocata tra i bordi dei 2 utensili da taglio, nel caso della tranciatura, punzone e matrice. Gli eventi che si verificano durante la corsa della pressa possono essere seguiti analizzando la registrazione della forza del punzone in funzione della corsa e dall'ispezione delle superfici di taglio.

Quando i bordi degli utensili penetrano nella lamiera, questa viene prima spinta nella matrice e la deformazione plastica provoca un arrotondamento del suo bordo. La prima fase del taglio perciò è una piegatura dei bordi della lamiera, visibili nei disegni, rounded edge nel disegno.

Quindi viene spinta nella matrice mediante deformazione plastica simile a un'estrusione, indicata da una zona brunita con striature parallele sulla superficie di taglio e caratterizzata da una forza in costante aumento, burnished zone. Questa è la seconda fase.

Dopo una certa deformazione critica, si generano fratture ad un leggero angolo rispetto alla direzione di taglio, di solito cominciando dal bordo della matrice.

Quando queste fratture si incontrano, la tranciatura è completa (fracture surface). La forza di taglio scende anche se i bordi di taglio degli utensili sono entrati solo in parte nello spessore della lamiera. La nascita e propagazione delle cricche è la terza fase, che completa il taglio.

La superficie di frattura non è perfettamente perpendicolare alla superficie del foglio e presenta una certa rugosità; tuttavia, la finitura è accettabile per molte applicazioni.

La parte tagliata resterebbe attaccata alla matrice e deve essere spinta dal punzone oltre la parete verticale.

La qualità della superficie di taglio è fortemente influenzata dalla distanza tra i due bordi di taglio, chiamata luce. Con una luce molto piccola, le fratture che hanno origine dai bordi degli utensili non si incontrano e il taglio viene poi completato da un processo secondario di frattura, producendo un bordo frastagliato a circa metà dello spessore della lamiera (torn edge nella figura).

Una luce eccessiva consente una deformazione plastica estesa, la separazione è ritardata e si forma un bordo superiore di bava tagliente (burr).

Le figure a colori mostrano che la curvatura del bordo della lamiera aumenta con la luce.

Nel corso della tranciatura di migliaia di parti, i bordi degli utensili si usurano, si arrotondano e si forma un bordo frastagliato e tagliente anche con una luce ottimale.

Il bordo frastagliato della bava concentra gli sforzi; l'effetto nocivo è evidente nell'allungamento ridotto misurato nella prova di trazione.

La bava provoca l'innescò della frattura durante la deformazione successiva o in servizio, quindi una corretta scelta della luce e una manutenzione regolare degli utensili sono aspetti vitali del processo.

Una piccola luce conduce ad una usura più rapida degli utensili, pertanto la massima economia si ottiene quando la luce viene scelta più grande possibile compatibilmente con l'applicazione prevista. Ricordo che all'aumentare della luce aumenta anche la curvatura della lamiera.

In genere la luce è compresa tra il 4 e il 12% dello spessore della lamiera (i valori inferiori si usano con i materiali più duttili).

Si può facilmente valutare la forza della pressa necessaria per la tranciatura convenzionale. Poiché la deformazione è concentrata in una zona molto stretta con forte incrudimento, la forza massima può essere ottenuta da una tensione di taglio determinata sperimentalmente moltiplicata per la sezione trasversale da tagliare.

La tensione di taglio diminuisce all'aumentare della luce, ma i valori medi possono essere trovati nei manuali o possono essere considerati come una frazione C_1 dell'UTS, tensione massima a rottura, cioè la massima tensione nella curva tensione-deformazione nominale.

Così, la forza di taglio P_s è data dalla formula nella slide:

dove h è lo spessore della lamiera, l è la lunghezza del taglio e C_1 è 0,85 per i materiali duttili e 0,65 per quelli meno duttili (0,7 in media).

L'UTS della maggior parte dei materiali è noto.

Se sono disponibili solo i valori K e n , l'UTS può essere approssimato sostituendo $UTS = K(n/e)^n$ dove e è la base dei logaritmi naturali. Ricordo che la deformazione vale n quando comincia a manifestarsi la strizione.

Quando i bordi di taglio sono paralleli, l è l'intera lunghezza del profilo di taglio.

Ciò può portare a forze molto elevate, che possono quindi essere ridotte inclinando tra loro i due bordi di taglio, come in una ghigliottina, pertanto si deve considerare solo la lunghezza istantanea di taglio.

Nella tranciatura, il materiale di scarto può essere piegato e l'inclinazione è sullo stampo. Nella punzonatura, per lo stesso motivo l'inclinazione è sul punzone. L'inclinazione è sempre simmetrica, in modo che la forza risultante sia verticale. In caso contrario la forza tenderebbe a spostare lateralmente la lamiera.

L'energia di tranciatura E_s che la pressa deve fornire è uguale all'area sotto la curva forza-spostamento. Un valore approssimativo può essere ottenuto dalla formula nella slide: dove $C_2 = 0,5$ per i materiali teneri e $0,35$ per i materiali duri.

Esiste una grande richiesta per processi che producano bordi tagliati di qualità, perpendicolari alla superficie della lamiera e con una finitura superficiale sufficientemente liscia per consentire l'uso immediato delle parti, ad esempio come ingranaggi in macchine con carichi limitati e tolleranze strette.

Sono possibili diversi approcci; nella maggior parte di essi, un contropunzone collabora con il punzone principale e, come vantaggio aggiuntivo, elimina la curvatura della lamiera.

1. Abbiamo visto che la frattura può essere ritardata dall'imposizione di un'alta pressione idrostatica.

Questo principio viene sfruttato nella tranciatura fine. Un premilamiera appositamente sagomato viene premuto sulla lamiera appena prima di iniziare il taglio, così la zona in cui avviene la deformazione viene mantenuta in compressione e l'intero spessore viene tagliato senza che partano le cricche (figura a).

2. Una pressione idrostatica elevata viene provocata anche tagliando con una luce negativa (interferenza) e la parte in effetti viene spinta (estrusa) attraverso la matrice (figura b).

3. In qualche caso la lamiera viene bloccata tra due matrici. I punzoni penetrano in una direzione fino a quando non si generano le cricche, quindi il taglio viene completato nell'altra direzione (figura c).

4. Una lamiera tranciata in modo convenzionale può subire una rasatura di finitura in un set di stampi con luce molto ridotta (figura d).

5. La qualità del taglio migliora notevolmente nel taglio ad alta velocità quando le velocità di taglio superano la velocità di propagazione delle dislocazioni nel metallo. Ciò richiede velocità molto elevate, nell'ordine di 30 m/s.

Il punzone e la matrice sono fatti con acciaio per utensili o, per i lotti più grandi, con WC sinterizzato.

Il materiale di scarto (o, in punzonatura, la parte) si incastrerebbe sul punzone (o si infila nella matrice) e deve essere staccato con piastre di estrazione fisse, a molla o mosse da camme o con un cuscino di schiuma plastica (solitamente poliuretanica).

La scelta del processo è determinata principalmente dalle caratteristiche del prodotto e dalla dimensione del lotto di produzione.

1. Fori di dimensioni e forme standard possono essere tagliati su presse punzonatrici standard con utensili intercambiabili.

La sostituzione della matrice viene accelerata con apparati rotanti nelle macchine a torretta. Le punzonatrici CNC, dotate di tavole x-y e di magazzini utensili, consentono un rapido e preciso posizionamento della lamiera e la selezione del punzone e della matrice, consentendo quindi la produzione a basso costo e flessibile di quantità piccole e medie.

I fori più grandi possono essere fatti con il taglio ripetuto con lo stesso punzone (roditura).

2. Geometrie complesse possono essere create in stampi composti in cui diversi bordi di taglio lavorano contemporaneamente.

3. Con gli stampi progressivi vengono eseguite in sequenza diverse operazioni di punzonatura e tranciatura con elementi degli stampi fissati a piastre comuni, mentre la striscia avanza di incrementi esatti. Spesso, la tranciatura e la punzonatura sono tra le numerose fasi di lavorazione eseguite in stampi progressivi che producono parti complesse. La produttività è elevata, limitata solo dalla velocità di alimentazione del materiale nella pressa e dalla frequenza dei colpi della pressa (alcune presse operano a diverse centinaia di colpi al minuto).

Punzoni multipli vengono utilizzati quando devono essere prodotte molte parti o fori, come nella tranciatura di cerchi per la produzione di lattine o di punzonatura di fori per lamiere forate.

4. Le velocità di produzione più alte sono ottenute quando la matrice e il punzone sono ricavati sulle superfici di rulli.

5. Per quantità minori o, ad esempio, poche centinaia di pezzi, il costo dello stampo può essere ridotto se è tollerabile una perdita di materiale maggiore.

Nella tranciatura con cuscino in gomma, la matrice è semplicemente una piastra in acciaio tagliata a misura (steel-plate punch in figura) e l'azione di taglio avviene premendo il foglio intorno a questo stampo con un cuscino in gomma. La parte sovrastante della lamiera è piegata e bloccata contro la piastra dal cuscino, e la rottura (tearing) si verifica intorno ai bordi della piastra.

6. Per piccoli lotti, una soluzione economica è la fustella in acciaio. In questo caso, lo "stampo" è costituito da strisce di acciaio inossidabile o in acciaio ad alto tenore di carbonio con bordo inclinato dette fustella (steel rule in figura), pressate in fessure in compensato (plywood) mediante una piastra in acciaio (steel backing).

7. Celle di punzonatura contengono una o due punzonatrici o centri di punzonatura e un qualche meccanismo di trasferimento. Il carico delle lamiere, il cambio utensile, il trasferimento di parti tra le macchine e lo scarico della parte sono coordinati mediante automazione flessibile.

8. Il processo di taglio può essere adattato per fili, barre, profili e tubi in preparazione per ulteriori processi. La qualità del taglio è migliorata fornendo supporto per il pezzo da tagliare e anche applicando tensione di compressione (pressione idrostatica) durante il taglio.

9. C'è stato un rapido sviluppo di metodi di taglio basati su tecniche di saldatura (raggio laser, fascio elettronico, torcia al plasma, arco elettrico o ossitaglio e taglio a getto d'acqua. Combinati con tavole x-y (e talvolta presse a torretta), tali centri di taglio controllati da computer diventano estremamente versatili e produttivi e non richiedono l'uso di stampi.