

Lavorazioni lamiera I

Introduzione

Caratteristiche lamiera

Taglio lamiera

Introduzione

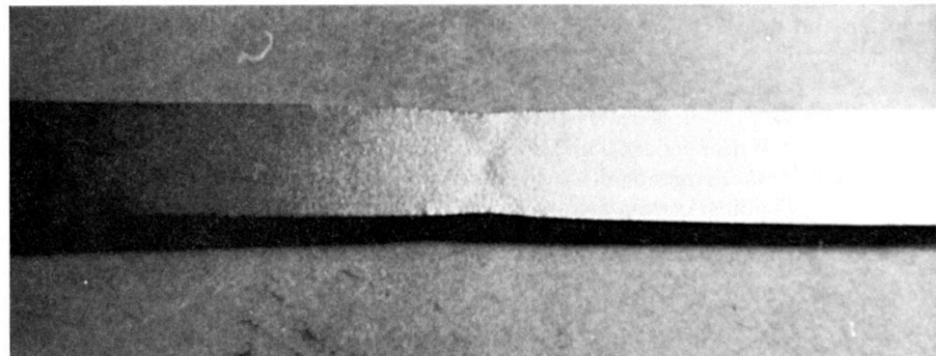
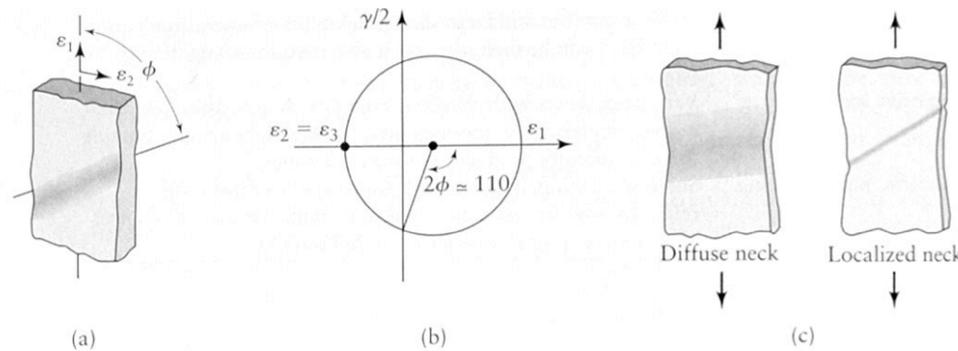
- La formatura di lamiera involve pezzi con un alto rapporto di area su volume. In genere vengono impiegate lamiere con spessori inferiori ai 6 mm. Tranne casi speciali.
- Tale processo è chiamato anche stampaggio o pressatura e nasce nel 5000 a.C. Viene usualmente impiegato in varie produzioni, dalle pentole di cucina alle fusoliere d'aereo.
- I laminati più sottili sono disponibili in rotoli, mentre quelli più spessi in lamine piane vengono srotolati e raddrizzati.
- Prima della formatura i pezzi della forma opportuna vengono tagliati nella lamiera. Il pezzo si ottiene per semplice taglio meccanico oppure tramite laser o sega ad acqua etc.

Processi di formatura delle lamiere

Roll forming	pezzi lunghi con sezione costante complessa, buona finitura, alta produzione, alto costo utensili
Stretch forming	pezzi larghi con profili arrotondati, piccole produzioni, alto costo manuale
Drawing	profili arrotondati e profondi con forme semplici, alte produzioni, alto costo macchinari e utensili
Stamping	forme semplici o complesse con alte produzioni, alta automazione
Rubber forming	come drawing o stamping, ma la lamiera viene protetta da membrana di gomma, basso costo utensili
Spinning	pezzi piccoli o grandi a simmetria assiale, buona finitura, basso costo utensili, ma alto per lavoro manuale
Superplastic forming	forme complesse, dettagli fini, ottime tolleranze, lunghi tempi di formatura, produzioni basse
Peen forming	profili arrotondati in pezzi larghi, processo flessibile, alti costi macchinari
Explosive forming	pezzi molto larghi e forme complesse, generalmente a simmetria assiale, molto lavoro manuale, tempi lunghi
Magnetic pulse forming	forme arrotondate, rilievi o incisioni in lamiere a bassa resistenza, alte produzioni, richiede utensili speciali

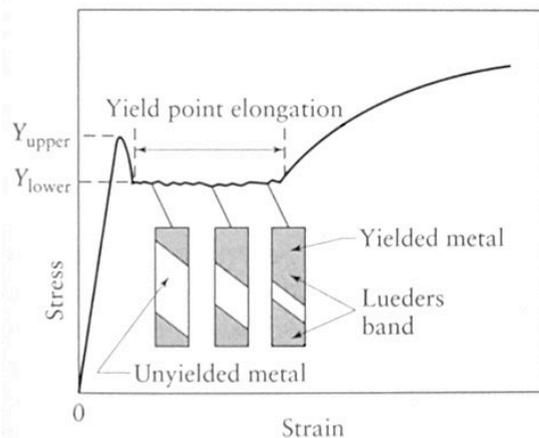
Deformazione del laminato

- Allungamento: per le operazioni di deformazione della lamiera è molto importante lavorare ad allungamenti uniformi ed evitare strizioni che riducono localmente le sezioni e possono portare a difetti e rotture.

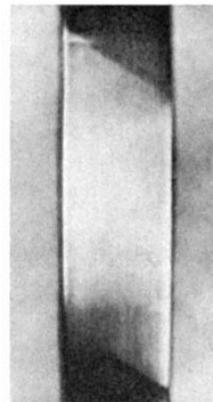


Allungamento, instabilità e bande di Lueders

- Considerando la curva sforzo-deformazione reali per materiali soggetti ad incrudimento: $\sigma = K\varepsilon^n$
-
- la strizione (o instabilità) inizia a: $\varepsilon = n$
- Materiali con alto n , hanno deformazioni più uniformi.
- Acciai a basso carbonio presentano il fenomeno delle bande di Lueders (a), che causano striature sui prodotti (b)-(c). Si riducono con incrudimento per laminazione superficiale (0.5-1.5%) subito prima della formatura.



(a)



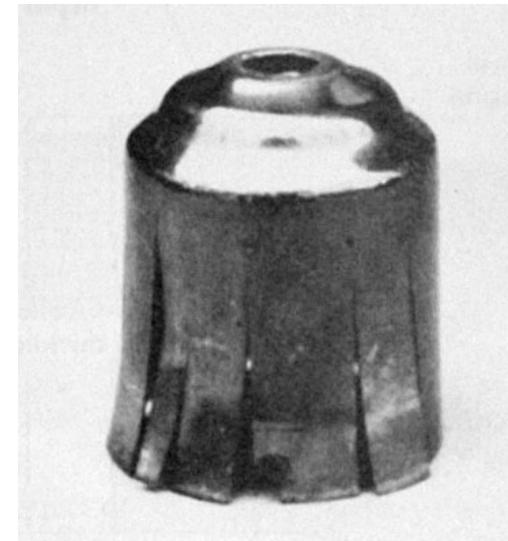
(b)



(c)

Caratteristiche dei laminati

- Anisotropia o tessitura: deriva dal processo di laminazione e induce delle proprietà meccaniche etc. nelle diverse direzioni. Bisogna tenerne conto nella formatura ed utilizzo del pezzo.
- Dimensioni dei grani: grani grossi affliggono le proprietà meccaniche e aumentano la rugosità superficiale (buccia d'arancia).
- Sforzi residui: si sviluppano nella formatura e lavorazioni precedenti. Se non rilasciati propriamente, possono distorcere il pezzo portare a rotture e stress-corrosion cracking.

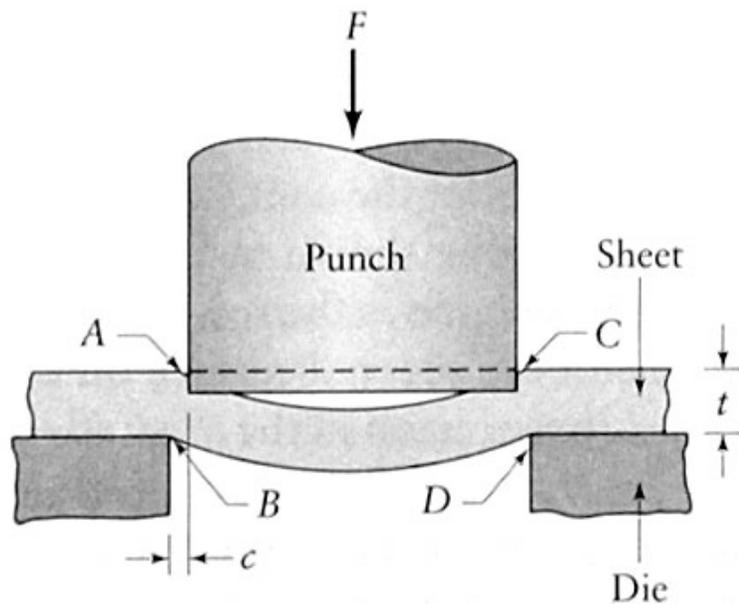


Caratteristiche dei laminati

- Springback (ritorno elastico): i laminati sottili sono soggetti a ritorno elastico dopo deformazione, soprattutto nella piegatura che altera la forma finale.
- Wrinkling (corrugazioni): in alcune lavorazioni di deformazione della lamiera si possono sviluppare sforzi di compressione. Gli sforzi di compressione sono particolarmente pericolosi in quanto possono dare origine a buckling (instabilità di punta) con corrugazioni, pieghe o addirittura collassi, rotture. Si evitano riducendo le parti troppo ampie non supportate, riducendo gli spessori e le disuniformità.
- Lamiere rivestite: in molti casi le lamiere sono rivestite prima della formatura. Vedere la sezione rivestimenti.

Taglio lamiera: shearing

- Il processo di taglio (shearing) fa uso degli sforzi di taglio per tagliare (per rottura) il laminato. Gli sforzi di taglio sono impressi utilizzando una matrice (die) e un punzone (punch). I due possono essere delle forme più varie.



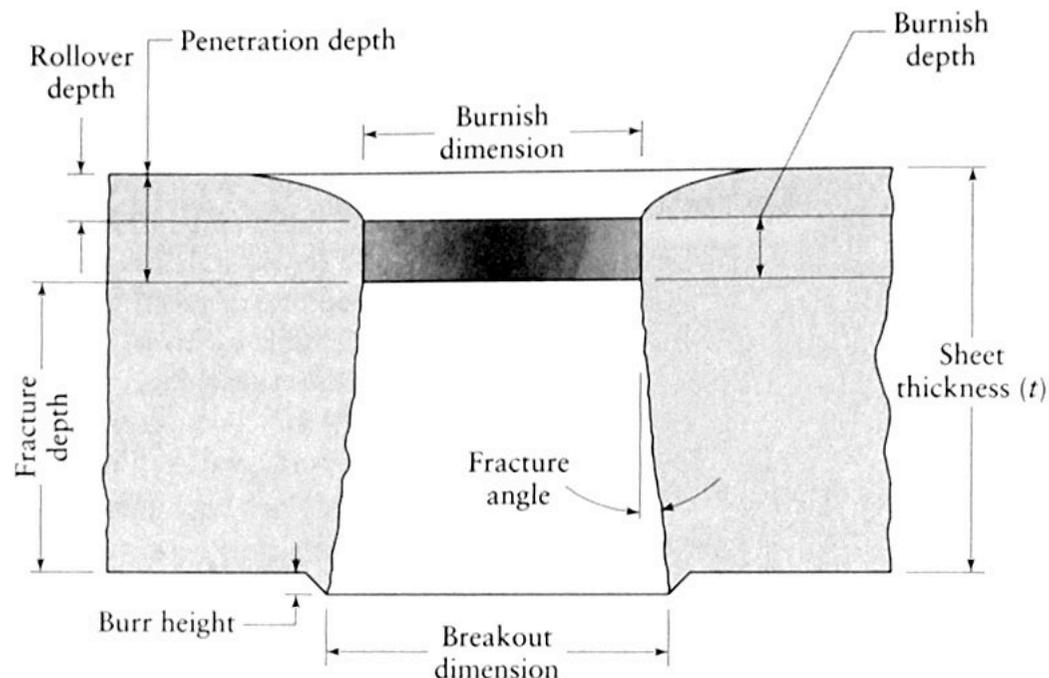
Le variabili principali del processo (escludendo il laminato) sono:

- forza sul punzone
- velocità del punzone
- lubrificazione
- gioco nel taglio (clearance, c)
- raggi di curvatura spigoli
- materiali matrice e punzone

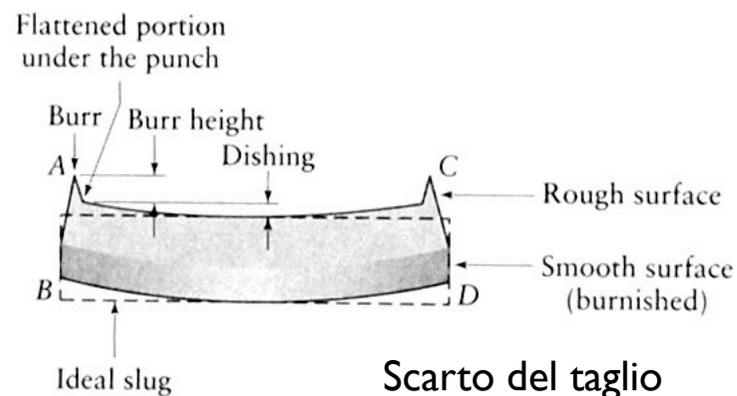
Caratteristiche della zona tagliata

Si nota come le superfici ingrandite del taglio non sono né diritte, né lisce. Il fattore che più influenza la qualità e forma delle superfici è il gioco tra la matrice e il punzone (clearance).

Con il crescere del gioco aumenta la deformazione e la rugosità delle superfici. La zona tagliata incrudisce e questo può avere conseguenze su formature-lavorazioni successive.



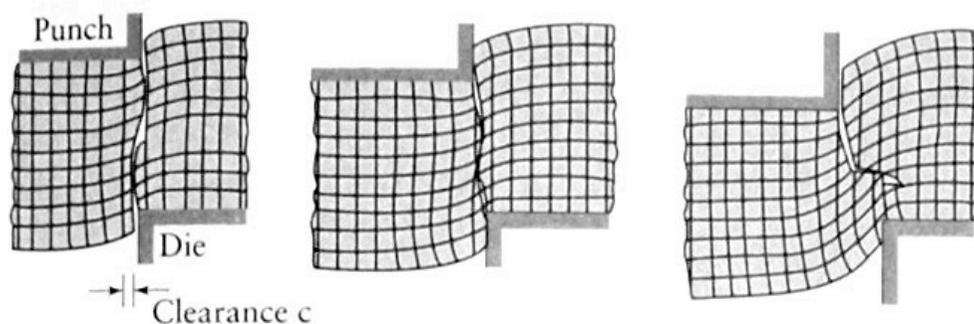
Lamiera tagliata: il buco è riscaldato in piccolo rispetto allo spessore



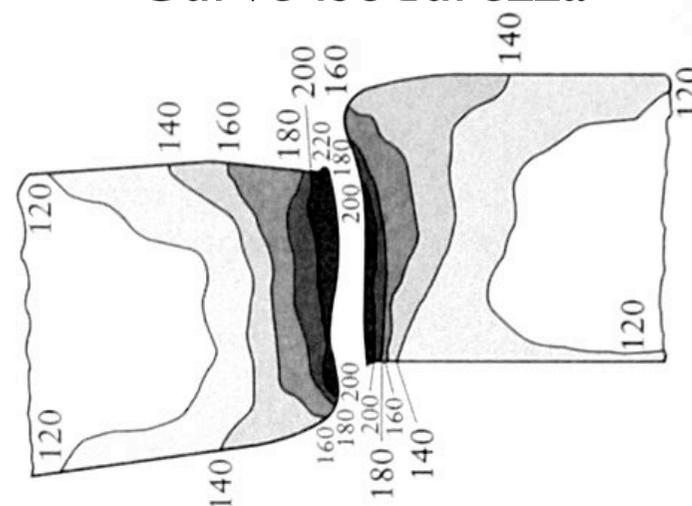
Clearance e meccanismo di taglio

- Un gioco troppo elevato porta a deformazione e rottura per allungamento invece che taglio.
- Il taglio inizia per formazione di cricche sui due spigoli del punzone e della matrice che aumentano e si incontrano poi con la completa separazione dei pezzi.
- Si forma una zona brunita e liscia nei due pezzi tagliati dovuta allo sfregamento della matrice e del punzone.

Effetto del gioco punzone-matrice



Curve isodurezza

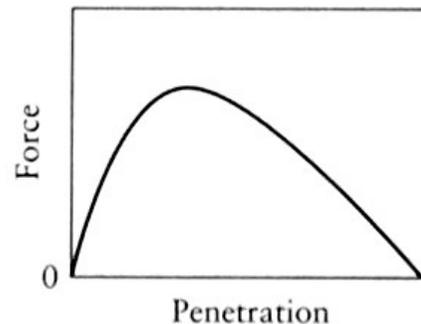


Altre caratteristiche taglio

- L'estensione della zona brunita aumenta con la duttilità della lamiera.
- La lunghezza del percorso del punzone aumenta con la duttilità del laminato poichè aumenta la deformazione a taglio che il materiale supporta prima della rottura.
- Si forma anche una bavatura (burr) sui due pezzi che risulta maggiore per metalli duttili o con maggior gioco nel taglio (clearance). Anche utensili meno affilati danno origine a bavature. Tali protuberanze possono disturbare le lavorazioni successive, portare a rotture o se rimosse contaminare il lubrificante.

Forza sul punzone

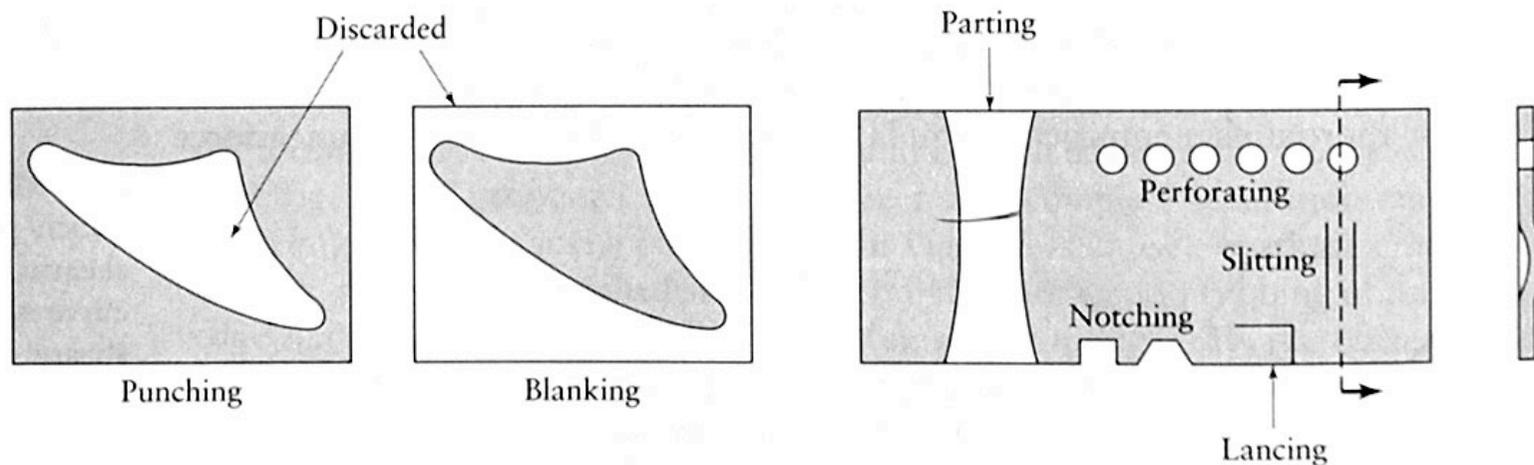
- Il lavoro richiesto nel taglio dipende dallo sforzo di taglio a rottura, dalla sezione interessata al taglio, dagli attriti e formazione di cricche. Una curva tipica per una lamiera duttile si vede in figura, l'area sotto la curva rappresenta il lavoro totale:



- Per stimare la forza massima richiesta si usa la seguente formula:
$$F_{\max} = 0.7(UTS)tL$$
- dove UTS è lo sforzo a rottura, t lo spessore e L la lunghezza di taglio

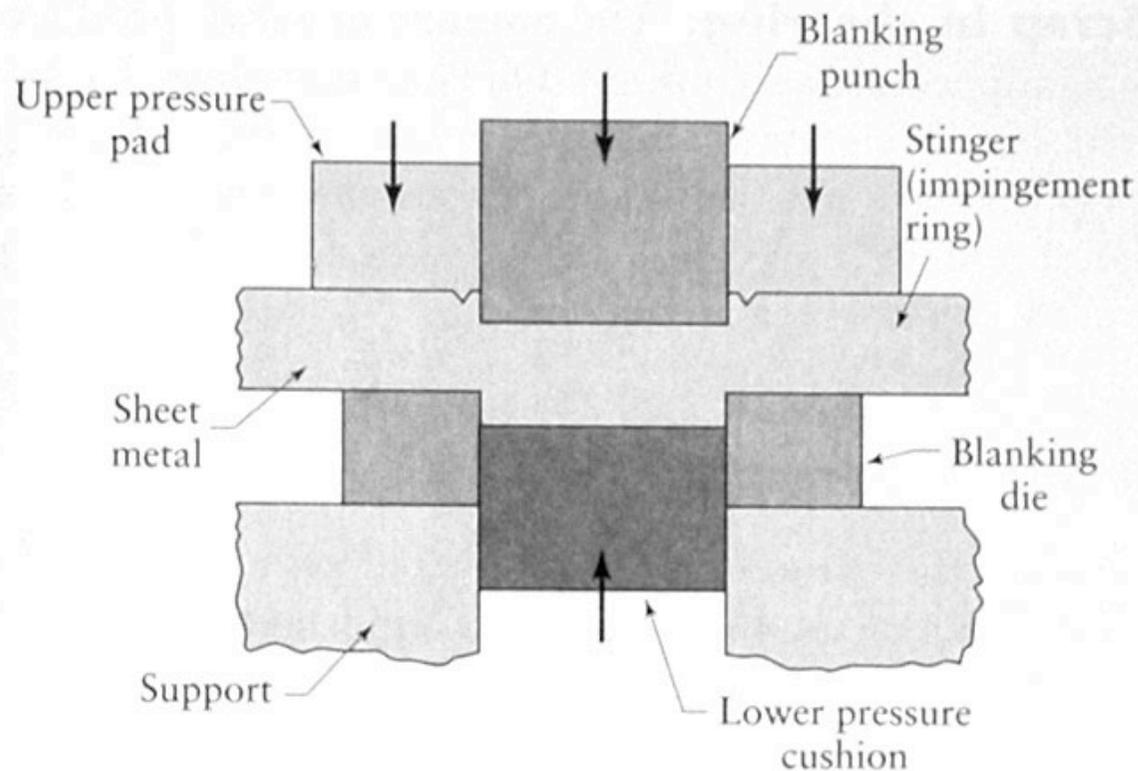
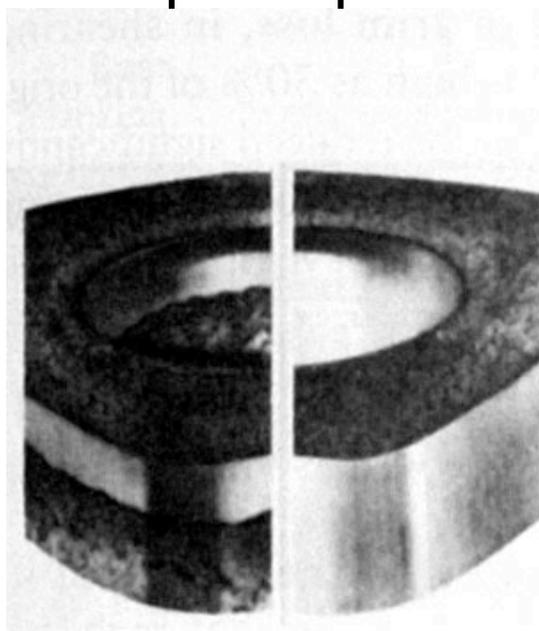
Operazioni nel taglio

- In generale abbiamo diversi tipi di operazioni:
 - punching (punzonatura o foratura), la parte interna viene rimossa e scartata
 - blanking (rimozione), la parte esterna corrispondente alla matrice viene scartata
 - altre operazioni di “die cutting” sono: (1) perforazione di buchi in serie, (2) divisione (parting) in due o più pezzi, (3) indentazione (notching) dei bordi, (4) incisione, taglio e deformazione (slitting) e (5) incisione semplice (lancing).



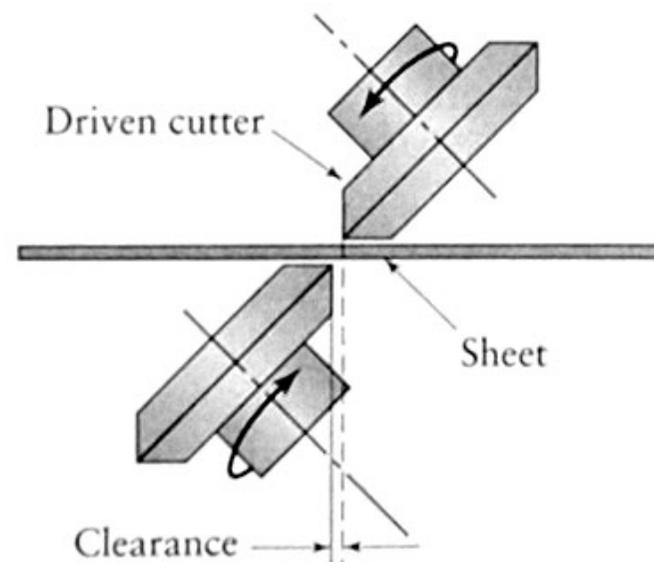
Altre operazioni: fine blanking

- Processo in figura che permette di ottenere delle superfici di taglio molto rifinite, non rugose rispetto al taglio convenzionale.
- Si opera costringendo in pressione sia la lamiera che il pezzo punzonato, limitando le deformazioni.



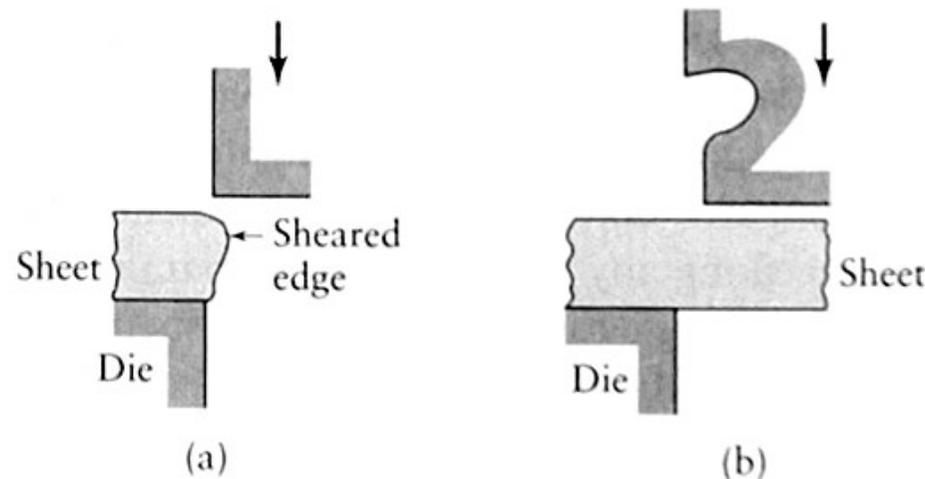
Altre operazioni di taglio

- Slitting: si effettua con due dischi rotanti come in figura. Si possono avere sia dischi motorizzati, che dischi trascinati dalla lamiera che viene stirata.
- Steel rules: metalli e altri materiali poco resistenti possono essere tagliati con una lamina metallica sottile e affilata che può essere piegata nelle forme volute (tipo punzoni cavi).
- Nibbling: si utilizza una perforatrice per tagliare una forma complessa con una serie di buchi parzialmente sovrapposti.
- Scarti nel taglio: nel taglio della lamiera si può avere parecchio scarto, fino al 30%. Si può minimizzare ottimizzando la posizione dei pezzi da tagliare sul laminato (tramite CAD).



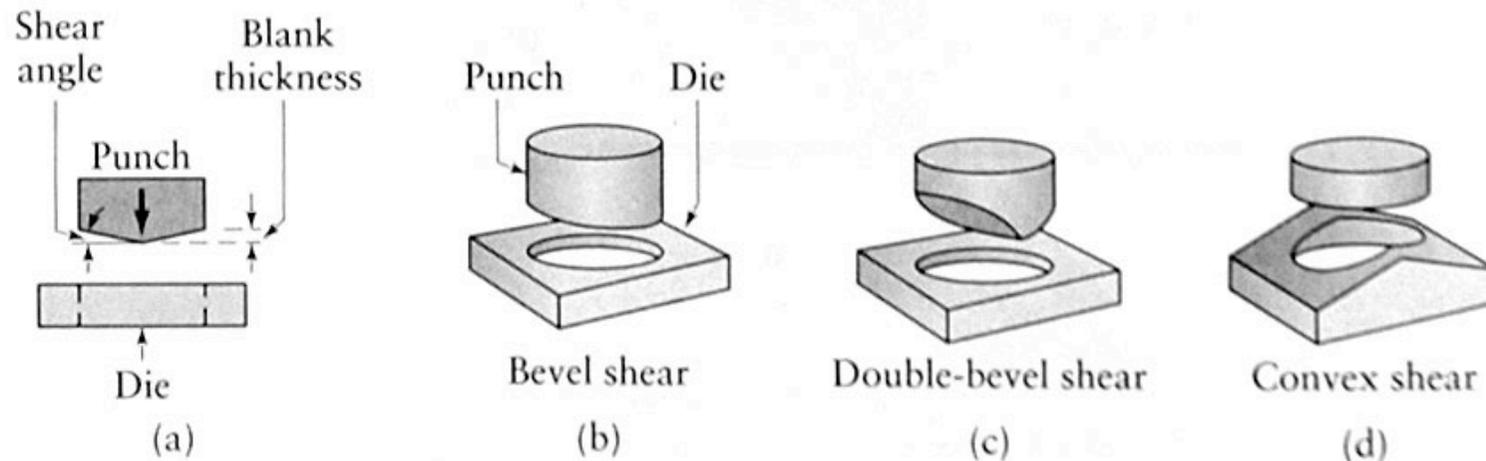
“Shearing dies” per rasieratura

- Nel taglio la qualità dei bordi tagliati dipende molto dal gioco (clearance) tra le superfici taglienti. Con il processo di rasieratura si rimuove il materiale in più migliorando la qualità dei bordi.
- In (a) vediamo un processo di rasieratura (shaving), mentre in (b) si combina in un'unica operazione il taglio e la rasieratura con un tipo speciale di shearing dies.



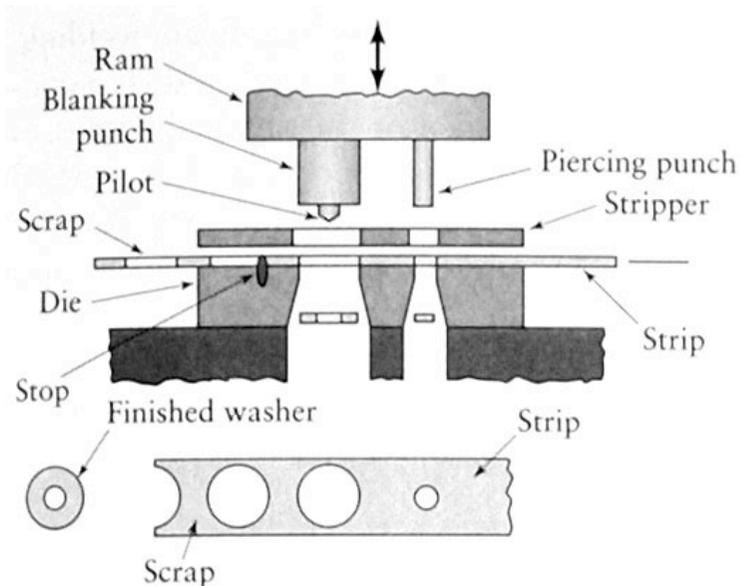
Tipi di “shearing dies”

- Punzone e matrice:
 - a. si usa un punzone non piatto, ma con un certo angolo per ridurre la forza da applicare per il taglio
 - b. bevel shear: punzone tagliato ad angolo, il punzone deve essere abbastanza rigido da evitare spostamenti laterali
 - c. double-bevel shear: riduce e annulla gli spostamenti laterali
 - d. convex shear: l'angolo è realizzato sulla matrice



Tipi di “shearing dies”

- Compound dies: combinano più operazioni di taglio in un unico step, con un unico movimento. Operazione più lenta, stampi costosi.
- Progressive dies: permettono alte velocità di produzione. Una lamiera passa in continuo in una stazione che esegue più operazioni progressive con una serie di punzoni. Un esempio nella figura seguente.



Tipi di “shearing dies”

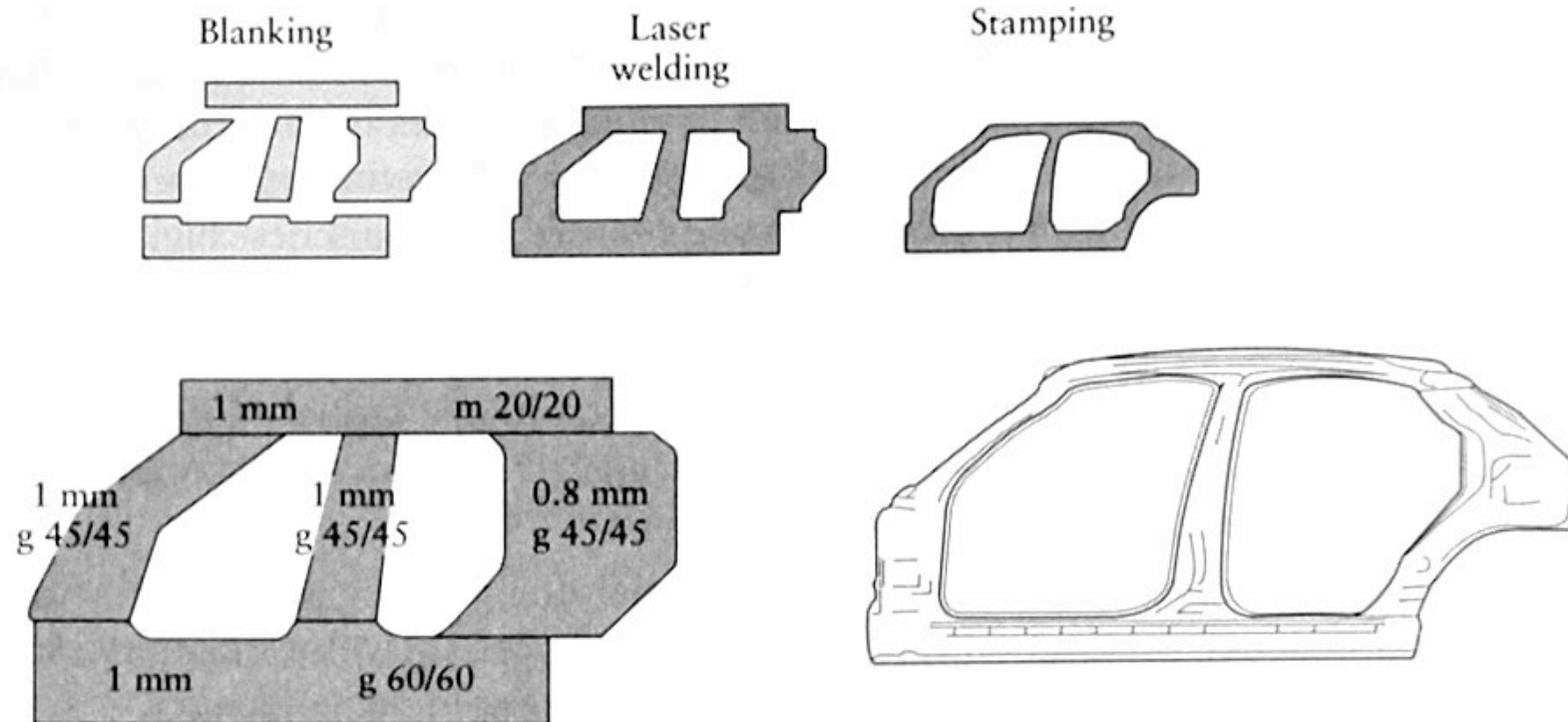
- Transfer dies: in questo tipo di lavorazione, il pezzo subisce come nel caso precedente una serie di operazioni di taglio progressive, ma ognuna viene fatta in una stazione differente e il pezzo spostato automaticamente da una all'altra in successione.
- Materiali per punzoni e matrici: si utilizza in genere acciaio per utensili. Nel caso di elevate velocità di produzione si utilizzano carburi.
- La lubrificazione è molto importante per ridurre l'usura degli utensili e stampi.

Altri metodi di taglio

- Sega a nastro: utile per tagli lunghi su lamiera
- taglio tramite cannello ossidrilico: per tagli manuali sul posto di lamiera spesse (es. nei cantieri navali)
- taglio laser: è in aumento l'uso specialmente in sistemi automatizzati controllati da computer (flessibilità)
- friction sawing: taglio tramite disco d'acciaio che ruota ad alta velocità. La zona di taglio viene portata ad alta temperatura per attrito e il materiale rimosso.
- water-jet (abrasivo): taglio ad acqua. Si usano getti d'acqua ad alta pressione che tagliano per abrasione in modo preciso e senza alterare la lamiera per riscaldamento.

Esempio: tailor-welded blanks (pezzi saldati su misura)

- Produzione telaio d'automobile: ogni parte del telaio usa un pezzo di lamiera con caratteristiche su misura: tessitura, spessore, trattamento superficiale, termico.....



Legend:

g 60/60 (45/45) Hot-galvanized alloy steel sheet. Zinc amount: 60/60 (45/45) g/m².

m 20/20 Double-layered iron-zinc alloy electroplated steel sheet. Zinc amount 20/20 g/m².