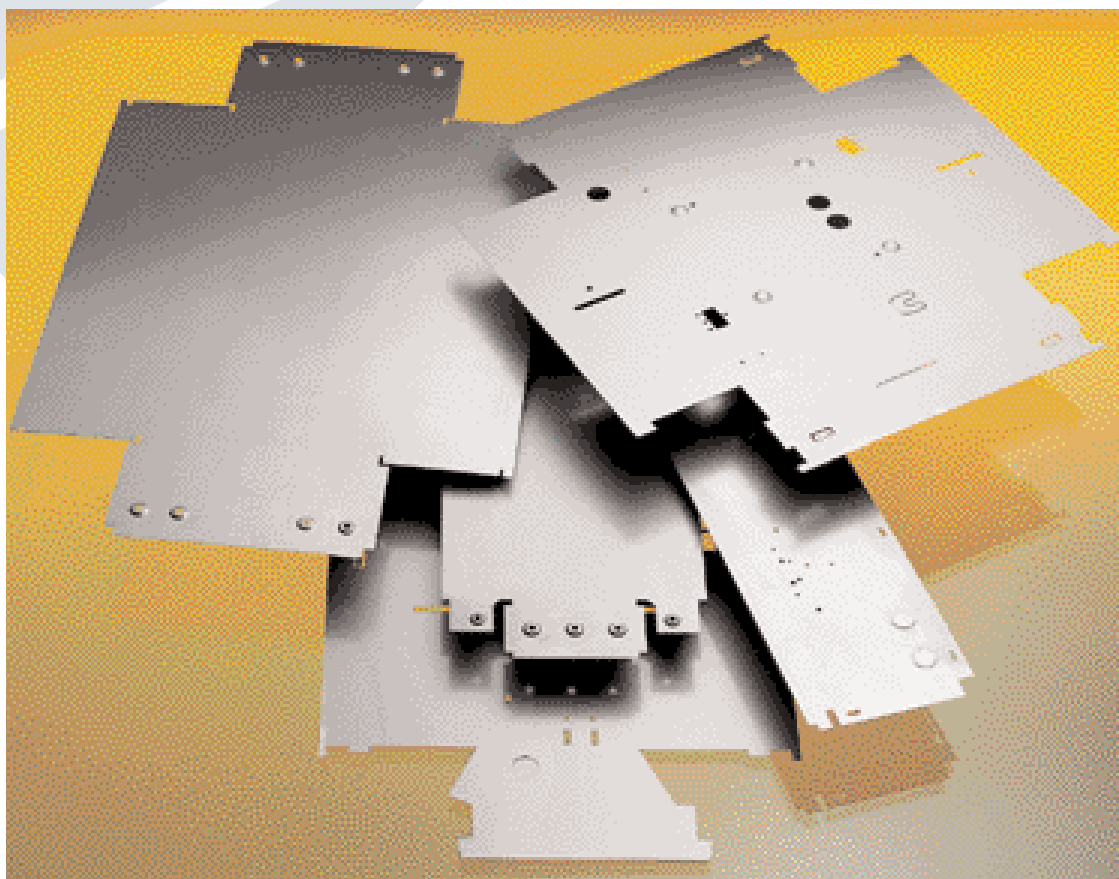


PUNZONATURA E STAMPAGGIO

Come confrontare il costo della produzione

Fig. 1
Prodotti in lamiera
ottenuti per
punzonatura da
foglio, punzonatura
da coil e
stampaggio con
pressa (casce per
corpi illuminanti).



Una piccola guida per identificare tra le diverse tecnologie quella che, a seconda del numero e del tipo di pezzi da produrre, realizza la produzione al minor costo

L'ingegneria di processo ha l'obiettivo di identificare il ciclo produttivo più conveniente per la realizzazione di un prodotto. Un prodotto in lamiera segue un ciclo che, dalla materia prima, prevede nell'ordine il taglio (punzonatura, stampaggio di tranciatura o taglio laser) e la formatura (piegatura, formatura per stiramento o imbutitura, profilatura). In queste pagine prenderemo in esame, per le loro affinità, le tecnologie di taglio per punzonatura e stampaggio (fig. 1). Lo scopo è identificare tra le tecnologie disponibili quella che, in una situazione lavorativa specifica (numero e tipologia di pezzi da produrre) realizza la produzione al minor costo. Analizzeremo quindi queste tecnologie in modo da definire i costi caratteristici di ciascuna, identificando anzitutto i tre fattori che, sommati, danno il costo della produzione: materia

ANDREA DALLAN

prima, utensili e costo orario della macchina. Quest'ultimo valore andrà moltiplicato per le ore necessarie a realizzare la produzione. Per il calcolo del costo orario della macchina saranno analizzati altri quattro fattori che lo compongono: manodopera legata al funzionamento della macchina, costo della manutenzione, dell'energia motrice e infine costo dell'ammortamento dell'impianto. Infine saranno confrontati i costi di produzione con punzonatrice da foglio e punzonatrice da coil. Lo stesso sarà fatto per i costi di produzione con punzonatrice da coil e pressa con stampo; in quest'ultima parte si forniranno utili strumenti per individuare, dato il tipo di prodotto e la quantità richiesta, la tecnologia che realizza la produzione con il minor costo.

LE TECNOLOGIE

Le tecnologie analizzate per la tranciatura in piano del pezzo sono: punzonatura da foglio, punzonatura da coil e stampaggio con pressa. La punzonatura da foglio è la tecnologia che permette la massima flessibilità (fig. 2) Nello spazio del foglio è possibile ricavare geometrie comunque complesse ed è un sistema adatto anche alla produzione di un pezzo singolo. Esistono macchine con carico e scarico manuale o automatico; in ognuno dei due casi la macchina deve fermarsi per eseguire le due operazioni (fig. 3) di carico foglio e scarico pezzo. La punzonatura da coil è una tecnologia adatta a produzione di pezzi in serie media e piccola. La macchina carica la lamiera direttamente dal coil; dunque la macchina lavora sempre in ciclo automatico con una buona flessibilità (fig. 4). Lo stampaggio con pressa è la tecnologia adatta alla produzione di grandi serie. In questo caso la velocità è massima, a prezzo però di bassa flessibilità: per ciascun prodotto va costruito uno stampo ed il costo di quest'ultimo deve essere ammortizzato nella produzione (fig. 5).

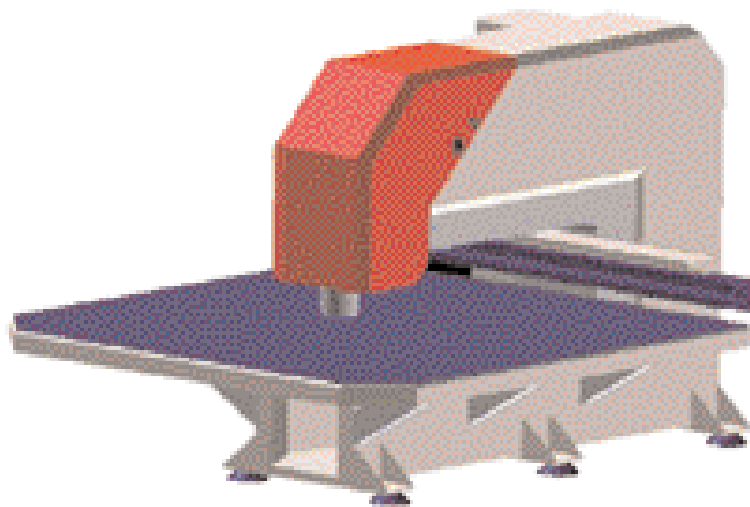


Fig. 2
Punzonatrice da foglio.

IL COSTO DELLA PRODUZIONE: TRE FATTORI

Il principio che guiderà alla scelta della tecnologia da impiegare sarà quello del minimo costo della produzione.

Questo è dato dalla somma di tre fattori. Il primo è il costo della materia prima, che può essere in formato da foglio (per la punzonatrice da foglio) oppure da rotolo (per punzonatrice da coil e per stampaggio da pressa).

Viene considerato il costo di tutta la materia prima necessaria al completamento della produzione.

A questo si somma il costo degli utensili. Per la punzonatrice da foglio o da coil gli utensili sono punzoni di tipo standard, reperibili da vari costruttori (ad esempio punzoni a torretta alta). Questi ultimi eseguono, ad ogni colpo di punzonatrice, una forma standard (fori tondi, quadri e così via) o speciale. Per la pressa da stampaggio, l'utensile è realizzato su misura per il prodotto da realizzare.

I punzoni standard hanno costi certamente più bassi rispetto agli utensili speciali da pressa.

L'ultimo fattore è il costo orario della macchina, che va moltiplicato per le ore che impiegherà la macchina per realizzare tutta la

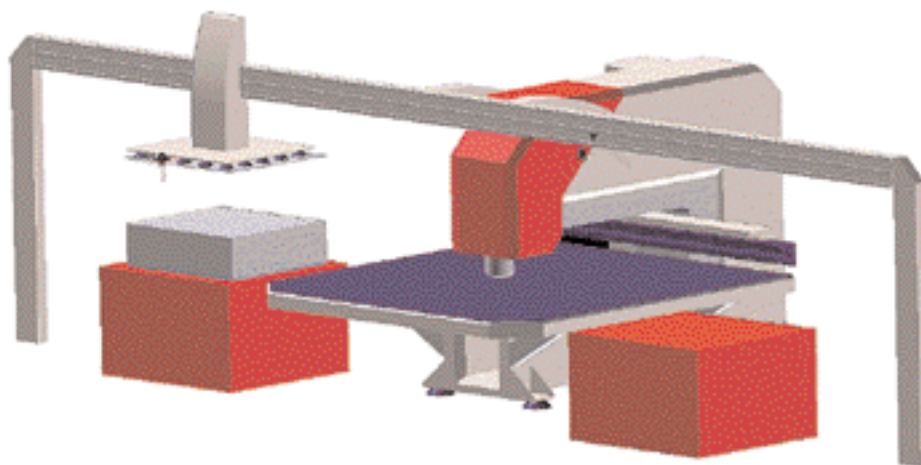


Fig. 3
Punzonatrice da foglio con carico e scarico automatico.

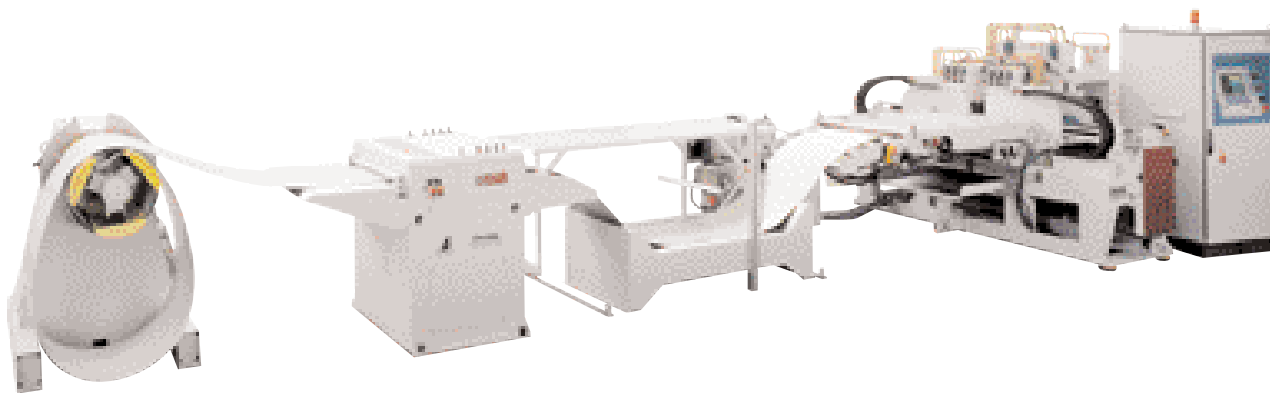


Fig. 4
Linea di punzonatura da coil con aspo, raddrizzatrice e punzonatrice da coil.

produzione. Il tutto è riassunto dalla formula: [costo produzione] = [materia prima] + [utensili] + [costo orario] x [ore di produzione]. La fig. 6 esprime in forma grafica il significato di questa formula.

IL COSTO ORARIO: QUATTRO FATTORI

Per calcolare il costo orario di una macchina, occorre sommare altri quattro fattori. Il primo fattore di costo è la manodopera legata alla macchina. Quando la macchina ha bisogno di supervisione continua, occorre considerare il costo di un operatore dedicato alla macchina (da 20 a 25.000 euro annui da dividere per 1800 ore l'anno). Il secondo fattore è il costo della manutenzione annua. Questa comprende i materiali di consumo, l'olio idraulico e i lubrificanti, il costo degli interventi tecnici e dei ricambi. Si può considerare per questo valore il costo della manutenzione sostenuta per la macchina in un anno, divisa anche qui per 1800 ore l'anno.

Il terzo fattore è, il costo dell'energia elettrica consumata dall'impianto ogni ora. In mancanza dei dati sull'assorbimento

dell'impianto si può calcolare, in via cautelativa, la metà della potenza installata. Il quarto fattore è, naturalmente, il costo dell'ammortamento della macchina. Per il calcolo di questo costo orario, è sufficiente dividere la quota di ammortamento prevista per la macchina nell'anno in corso e dividerla per 1800 ore l'anno.

Quando la macchina è acquistata in leasing, si può considerare, al posto del costo dell'ammortamento, la quota del canone annuo del leasing, diviso per 1800 ore. In questo modo, al completamento dell'ammortamento della macchina, o all'estinguersi del leasing, si evidenzierà una riduzione del costo orario della macchina.

LA VELOCITÀ DI PRODUZIONE

Per completare il calcolo del costo della produzione, occorrerà moltiplicare il costo orario per le ore richieste alla macchina per eseguire il lavoro.

Perciò, noto il tempo - ciclo di un pezzo (in ore/pezzo), lo si moltiplica per il numero complessivo di pezzi N.

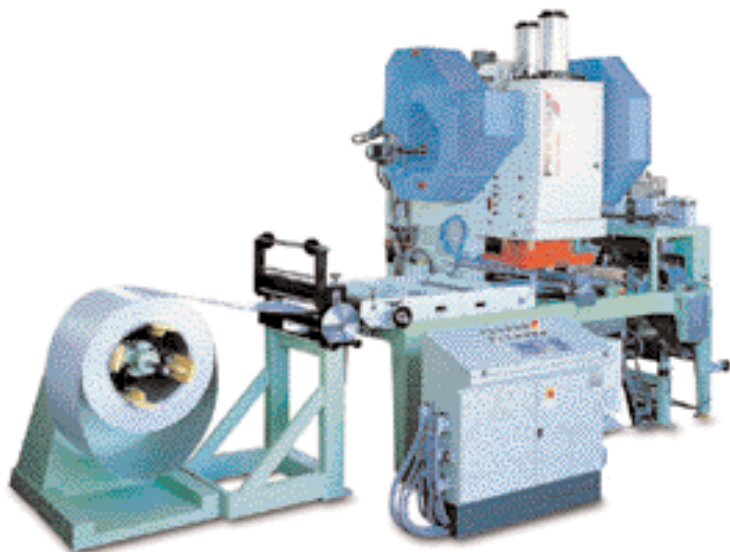
In una punzonatrice da foglio il tempo - ciclo dipende fortemente dal tipo di macchina, dal percorso dell'utensile sulla superficie della lamiera e dal numero di cambi utensile necessari. Al tempo macchina di punzonatura va sommato poi il tempo per il carico foglio e scarico prodotto (da 30 a 50 centesimi di minuto).

Nella punzonatrice da coil il tempo di produzione si ottiene con formule empiriche come la seguente: [Tempo di produzione] = [Numero operazioni per pezzo] x [Tempo medio per operazione] + [Metri di lunghezza del pezzo] x [Tempo per metro].

In questo caso il tempo macchina di punzonatura è pari al tempo totale di produzione, poiché vengono meno i tempi di carico e scarico.

Infine, nella pressa da stampaggio il tempo di produzione è minimo: infatti ogni colpo pressa produce un pezzo. Dunque, la

Fig. 5
Linea di stampaggio con pressa.



produttività dipende dalla velocità della pressa (60, 80, 120 e più colpi al minuto). Si conclude che la pressa con stampo è il sistema di produzione più veloce, seguito da punzonatrice da coil e, infine, punzonatrice da foglio. Nel paragrafo dedicato alla descrizione delle tecnologie, si è osservato che la punzonatrice da foglio è il sistema più flessibile, seguito da punzonatrice da coil e linea di stampaggio con pressa. È interessante, a questo punto, costruire il diagramma produttività – flessibilità che vediamo in fig. 7.

IL CONFRONTO TRA LE TECNOLOGIE

Data una produzione N da realizzare, si ricerca la tecnologia che la realizza al minor costo.

Per questo motivo, nel seguito, non si ricercherà il valore assoluto del costo della materia prima o del costo orario; piuttosto i costi saranno valutati in rapporto alle altre tecnologie, il che fornisce la valutazione di tipo qualitativo ricercata. I concetti saranno supportati da riferimenti numerici; ciascuno potrà poi applicare le formule fin qui espresse alla propria situazione di lavoro.

CONFRONTO TRA PUNZONATURA DA FOGLIO E DA COIL

Allo stato dell'arte, la punzonatura da coil (fig. 8) è particolarmente indicata alla realizzazione di prodotti con due lati corrispondenti ai lati del nastro (figg. 9-11) e in serie medie e piccole (da 200 pezzi a 500 mila pezzi all'anno in un turno). Inoltre, la punzonatura da coil è ideale per la produzione in serie di pezzi "uno diverso dall'altro", se questi appartengono alla stessa famiglia (lotto 1). Ad esempio, i telai per porte e finestre sono prodotti in serie di un solo pezzo: le punzonature sono simili ma le dimensioni (altezza e larghezza della porta o della finestra) sono diverse da prodotto a prodotto. La punzonatura da foglio è impiegata per la produzione di pezzi di forma rettangolare (come la punzonatrice da coil), ma può realizzare anche geometrie molto complesse, posizionandole in nesting all'interno del foglio. La punzonatura da foglio può realizzare anche un solo pezzo, completamente diverso dagli altri ottenuti dallo stesso foglio. Viene utilizzata, dunque, anche per la realizzazione di serie piccolissime (da 1 a 50 pezzi). Il confronto tra le due tecnologie sarà eseguito per una serie media di pezzi realizzabili con entrambe le macchine. Si analizzeranno ciascuno dei fattori che compongono il costo della produzione. Dunque saranno tratte le conclusioni, valide all'interno delle ipotesi già espresse.

Materia prima

La punzonatrice da foglio lavora da lamiera in formati standard commerciali o cesoiate a misura. Nel primo caso occorre prevedere una percentuale di scarto dal 10% al 20%, per l'impossibilità di utilizzare completamente la superficie del foglio.

Lavorando con lamiera cesoiate a misura, la percentuale di scarto è minima ma il costo del cesoiato è superiore a quello del formato standard.

La punzonatrice da coil, invece, lavora nastri da bobine che giungono, tagliate a misura, dal centro servizi. La percentuale di scarto all'interno di un coil è al massimo l'1%. Mentre la punzonatrice da coil utilizza, in sostanza, tutto il materiale del rotolo, la punzonatrice da foglio genera un maggiore costo di materia prima, per la presenza di maggiore scarto o per il maggiore costo delle lamiera cesoiate a misura.

Utensili

Per quanto riguarda il costo degli utensili, si stima che entrambe le punzonatrici, utilizzando punzoni di tipo standard (ad esempio utensili standard a torretta alta) comportino la medesima spesa in utensili.

Costo orario

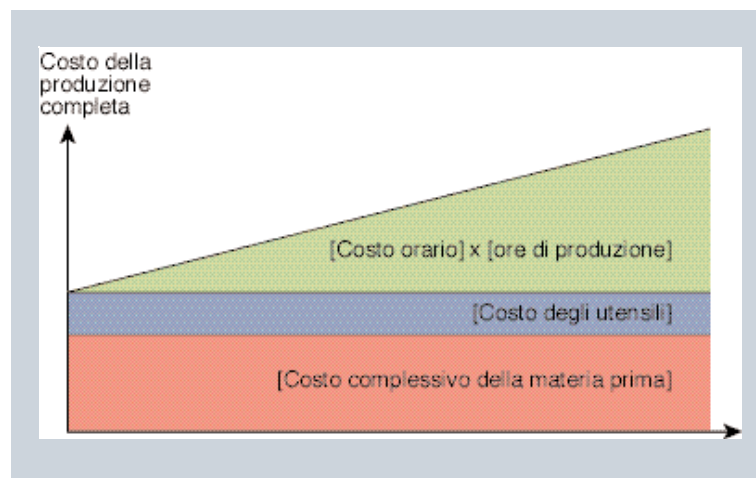
L'ultimo fattore da valutare è il costo orario, che si moltiplicherà poi per il tempo di produzione.

Per il calcolo si considerano uguali, nei due tipi di macchina, i costi di manutenzione e di energia elettrica.

Il costo della manodopera dipende dal tipo d'impianto.

La punzonatrice da foglio richiede la costante presenza di almeno un operatore, per le operazioni di carico foglio e scarico pezzo. Questo costo può essere eliminato introducendo un sistema robotizzato di carico e scarico sulla punzonatrice da foglio; naturalmente l'impianto richiede in questo

Fig. 6
Composizione del costo della produzione in funzione delle ore di produzione.



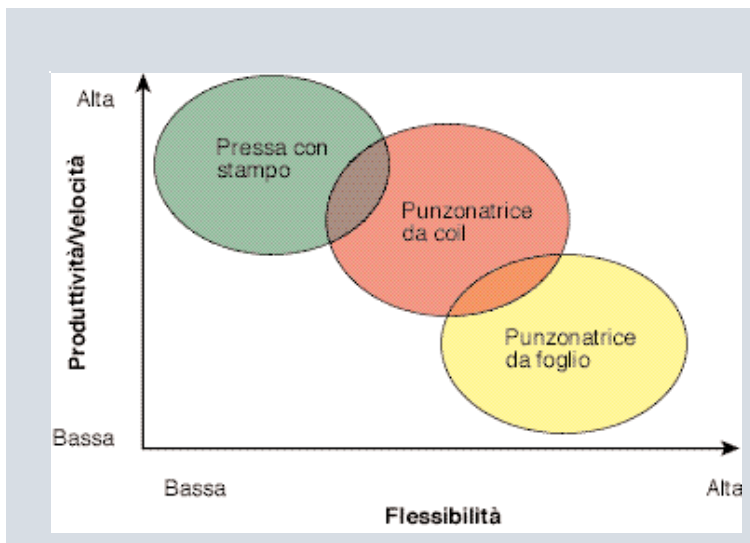
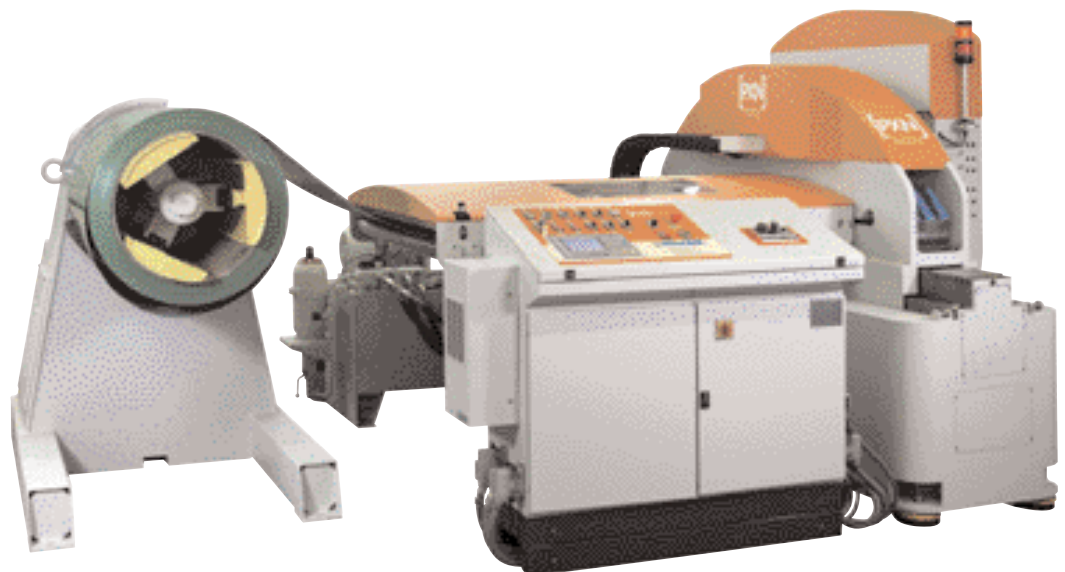


Fig. 7
Diagramma
produttività -
flessibilità e
collocazione delle
tecnologie in
esame.

caso un maggiore investimento e dunque un aumento del costo dell'ammortamento della punzonatrice da foglio, come si vedrà. Anche una semplice punzonatrice da coil, invece, produce automaticamente senza la presenza costante dell'operatore, che si limita alle operazioni di carico coil e scarico pallet. Il costo dell'ammortamento per la punzonatrice da foglio e da coil dipende dal tipo di impianto acquistato. In questa analisi consideriamo il costo di ammortamento di una punzonatrice da foglio con carico e scarico manuale pari al costo di ammortamento di una punzonatrice da coil. Se la punzonatrice da foglio è dotata di carico e scarico automatico, il costo orario della manodopera sarà ridotto, ma si alzerà il costo dell'ammortamento della macchina. Inoltre, esistono in commercio punzonatrici da coil compatte che consentono un investimento ancora più contenuto (figura 8) e quindi un costo orario di ammortamento ancora più basso.

Fig. 8
Punzonatrice da
coil per nastri fino
a 1000 mm di
larghezza.



Per tutti questi motivi la punzonatrice da coil ha evidenziato, nelle varie condizioni operative, costi orari più bassi, rispetto all'impianto da foglio, dal 20% fino al 30%.

Il tempo di produzione

Il valore del costo orario va poi moltiplicato per le ore di produzione.

Nella punzonatrice da foglio, come si è visto nel paragrafo dedicato alla velocità, al tempo macchina di punzonatura va sommato il tempo necessario al carico foglio e scarico pezzo.

Questo tempo va dai 30 ai 50 centesimi di minuto, sia che la manovra avvenga manualmente o automaticamente.

Nella punzonatrice da coil, invece, il tempo macchina è pari al tempo ciclo del prodotto; questo fa sì che la punzonatrice da coil sia normalmente più veloce della punzonatrice da foglio e impieghi dunque meno ore a realizzare la produzione.

In generale, si osserva che più il pezzo è semplice, più la punzonatrice da coil è produttiva rispetto alla punzonatrice da foglio.

Conclusioni

La punzonatrice da coil dunque comporta costi inferiori per materia prima, per il costo orario e impiega normalmente meno ore a completare la produzione.

Il primo e il terzo addendo della somma [materia prima] + [utensili] + [costo orario] x [ore di produzione] = [costo produzione] sono inferiori nella punzonatrice da coil rispetto alla punzonatrice da foglio. Se ne conclude che, per serie medie e piccole, e con pezzi idonei alla produzione da coil, quest'ultima è la tecnologia che realizza la produzione con il minor costo.

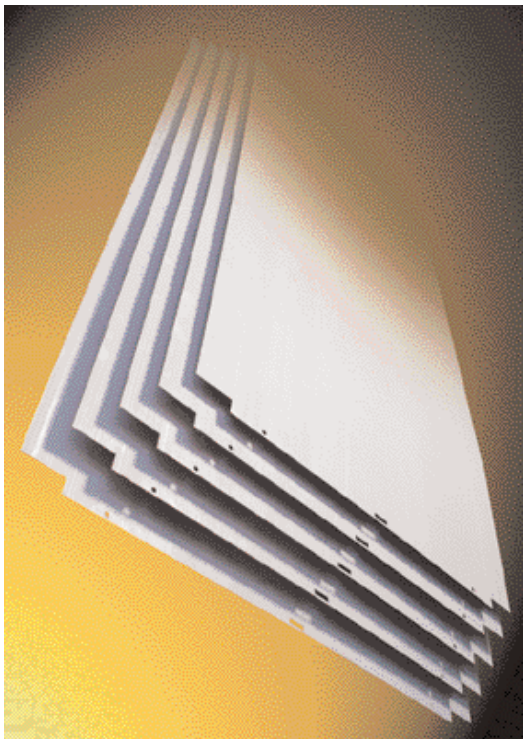


Fig. 9
Esempi di prodotti realizzati in punzonatura da coil (pannelli per porte).

dell'energia elettrica sono simili per le due macchine. Il costo dell'ammortamento delle due macchine dipende anche qui dal tipo di impianto. In linea di principio la punzonatrice da coil, a fronte di un investimento leggermente superiore, consente un grande risparmio in utensili nel medio e lungo termine. Per questo motivo il costo di ammortamento, e quindi anche il costo orario della linea di stampaggio sarà considerato leggermente inferiore rispetto alla punzonatrice da coil.

Il tempo di produzione

La pressa di stampaggio, come si è visto, produce un pezzo ad ogni colpo pressa. Dunque sono nella norma produzioni di 40, 60, 80, 120 pezzi al minuto e oltre. La punzonatrice da coil richiede un tempo per ogni operazione che va da 0,5 a 1 secondo. La produzione di un pezzo può richiedere ad esempio da pochi secondi a decine di secondi.

CONFRONTO TRA PUNZONATURA DA COIL E STAMPAGGIO CON PRESSA

Con queste due tecnologie a disposizione, dato il costo importante degli utensili da pressa, l'obiettivo è determinare il numero di pezzi discriminante N al di sotto del quale conviene lavorare con punzonatrice da coil. Per produzioni maggiori di N , converrà produrre uno stampo speciale per pressa. Anche in questo caso si procederà analizzando ciascuno dei fattori che compongono il costo della produzione, traendo infine le conclusioni.

Materia prima

Entrambe le macchine lavorano a partire da coil, dunque il costo della materia prima è identico.

Utensili

Il costo degli utensili speciali da pressa è molto maggiore rispetto al costo degli utensili da punzonatrice, che sono standard e riutilizzabili in diverse produzioni. Il costo del tempo di set up (preparazione macchina) è incluso nel costo degli utensili; lo si considera uguale nelle due macchine e trascurabile rispetto al costo dell'utensile speciale da pressa.

Costo orario

Entrambe le macchine non richiedono la costante presenza dell'operatore, dunque l'apporto della manodopera è trascurabile.

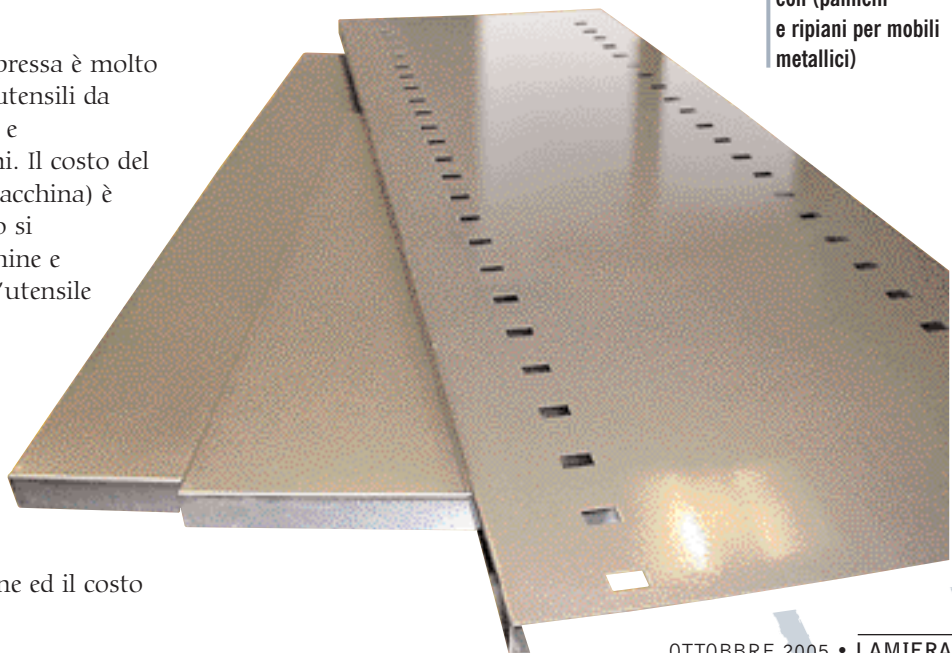
Il costo annuo della manutenzione ed il costo

Conclusioni

Per ottenere il numero di pezzi discriminante N , che per la definizione data indica se produrre con punzonatrice da coil o costruire un utensile speciale per stampare da pressa, occorre uguagliare i due costi della produzione determinati dall'equazione già vista: [costo produzione] = [materia prima] + [utensili] + [costo orario] x [ore di produzione]. Il costo della materia prima è lo stesso, pertanto lo si può eliminare dal calcolo. Vista la grande differenza esistente tra il costo degli utensili da punzonatrice e lo stampo da pressa, si considera in prima approssimazione nullo il costo degli utensili da punzonatrice rispetto a quelli dello stampo speciale.

Data inoltre la molto maggiore velocità della pressa rispetto alla punzonatrice, si ritengono

Fig. 10
Prodotti lavorati con punzonatura da coil (pannelli e ripiani per mobili metallici)



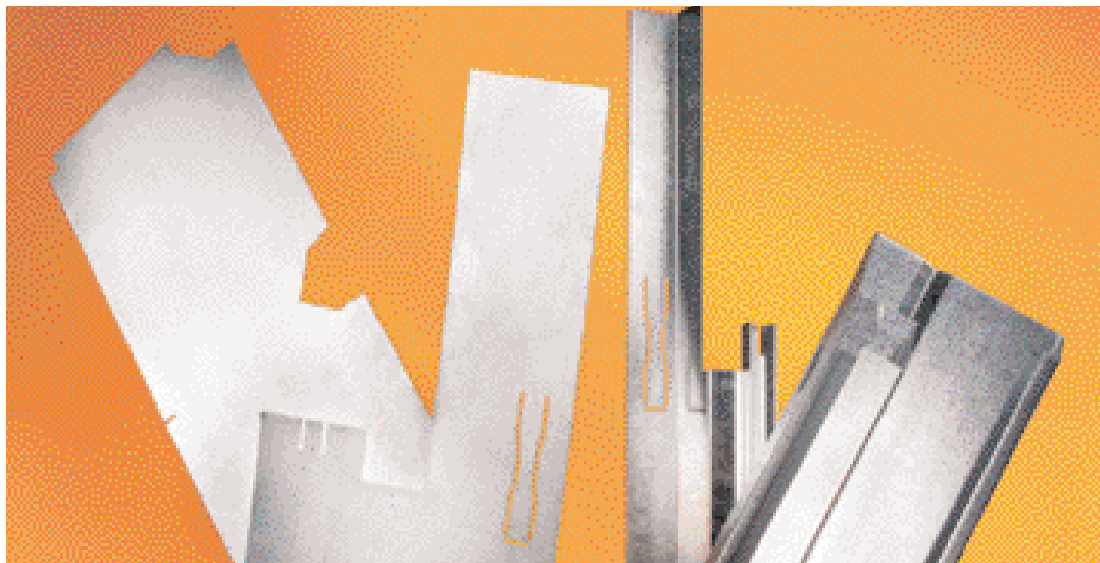
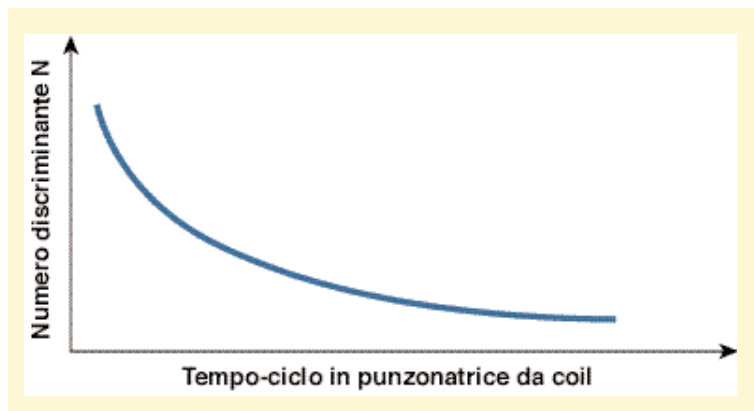


Fig. 11
Prodotti lavorati con punzonatura da coil (telai per porte di sicurezza)

in prima analisi pari a zero le ore di produzione necessarie in una produzione con pressa e stampo. Le ore di produzione necessarie a completare la produzione con la punzonatrice da coil sono pari al numero di pezzi N moltiplicato le ore necessarie a realizzare un pezzo (tempo-ciclo). Dopo alcuni passaggi si ottiene che $N = [\text{Costo utensile pressa}] / ([\text{costo orario punzonatrice}] \times [\text{ore per pezzo in punzonatrice}])$. Si supponga ad esempio che realizzare l'utensile costi 8000 euro. Il costo orario della punzonatrice da coil sia 40 euro e la punzonatrice impieghi 20 secondi (pari a 0,0056 ore) a realizzare lo stesso pezzo. Il numero discriminante N sarà pari a 35.700 pezzi. Per produzioni inferiori converrà produrre con punzonatrice da coil. Per produzioni superiori, converrà costruire uno stampo. Si noti che la formula proposta, per le approssimazioni introdotte, è incompleta mancando nel calcolo il costo degli utensili da punzonatrice (che aumentano il denominatore della formula) e il costo delle ore di produzione con pressa (che aumentano invece il numeratore). Tuttavia essa offre, oltre al vantaggio della semplicità, una valida indicazione sull'ordine dimensionale del

Fig. 12
Numero discriminante N in funzione del tempo di produzione da coil.



numero discriminante N e apre ad alcune riflessioni. Si considerino costanti il costo orario della punzonatrice e il costo dell'utensile per pressa. Il grafico che esprime l'andamento del discriminante N in funzione del tempo-ciclo in punzonatrice ha l'andamento mostrato in fig. 12. Il numero discriminante N cresce al diminuire del tempo-ciclo di produzione da coil, sono cioè inversamente proporzionali. Se nella formula si considerano infine costanti il costo orario della punzonatrice da coil ed il tempo - ciclo di produzione da coil, si osserva che il numero discriminante N aumenta all'aumentare del costo dello stampo.

CONCLUSIONI

Si è analizzata innanzitutto la struttura dei costi della produzione e del costo orario di punzonatura da foglio, punzonatura da coil e lo stampaggio con pressa e stampo. Dunque, si sono confrontate la punzonatura da foglio e la punzonatura da coil. È emerso che la punzonatura da foglio è indicata alla lavorazione di pezzi di geometria complessa o serie piccolissime (da 1 a 50 pezzi). Per pezzi di forma più semplice (rettangoli, quadri, pannelli scantonati) e per serie medie e piccole (da 200 pezzi a 500 mila pezzi) la punzonatura da coil è sempre da preferirsi. Da ultimo si sono confrontati la punzonatura da coil e lo stampaggio con pressa. Si è visto che lo stampaggio con pressa è da preferirsi per serie grandi e grandissime (milioni di pezzi) mentre, di nuovo, la punzonatura da coil è più indicata per serie medie e piccole. Più in generale si è ricavata una semplice formula che, dato il costo dell'utensile, il costo orario della punzonatrice da coil e il tempo di produzione in punzonatrice da coil, fornisce il numero di pezzi N al di sotto del quale conviene punzonare da coil piuttosto che stampare con pressa. **L**