

TECNOLOGIE INDUSTRIALI

Emiliano Corrieri

La piegatura della lamiera

II Edizione

La basi e le tecniche operative



tecniche nuove

Indice

Prefazione alla seconda edizione	IX
Prefazione alla prima edizione	XI
Introduzione: piegare	1
Capitolo 1 – La lamiera: produzione e laminazione	5
– Brevi cenni storici	5
– Procedimento tecnologico per l'ottenimento della lamiera	7
– Processi, caratteristiche ed effetti sul prodotto finito	9
– Stoccaggio e trasporto	11
Capitolo 2 – Cenni sugli acciai	15
– Acciai al carbonio non legati	15
– Acciai legati	16
– Acciai inossidabili	16
– Acciaio Cor-Ten	19
Capitolo 3 – Fattori di variabilità della lamiera	21
– Finitura	22
– Differenza di spessore	27
– Senso di laminazione	30
– Reticolo cristallino e composizione atomica	32
– Temperatura e invecchiamento	35

Capitolo 4 – Ritorno elastico e piano neutro	37
– Concetto e contrasto del ritorno elastico	37
– Tipo di piegatura.	40
– Cos'è il piano neutro, dove si trova e cosa comporta	43
– Gestione dell'errore	45
 Capitolo 5 – Il calcolo dello sviluppo, metodi a confronto e reverse engineering	49
– Cosa si intende per “sviluppo” di un pezzo piegato.	49
– Il classico metodo di calcolo: una formula semplice	51
– L'approccio pratico: le tabelle esperienziali.	55
– L'approccio teorico: le matematiche e i riferimenti	59
– I limiti fisici tra il modello e la realtà	67
– I dati corretti per un corretto calcolo dello sviluppo	70
– Le tabelle precompilate: il database più grande al mondo.	75
 Capitolo 6 – Piegare con raggi ampi: infinite possibilità	87
– Pieghe con utensili ad ampio raggio	87
– Problema del distacco dal punzone	88
– Pieghe a battute multiple in matrice.	89
– Pieghe a battute con piega singola in matrice	92
 Capitolo 7 – La pressa piegatrice: una macchina versatile.	93
– Standard	93
– Componenti principali	96
– Caratteristiche	101
 Capitolo 8 – Regolo di piegatura	105
– Come si utilizza e a cosa serve il regolo di piegatura.	105
 Capitolo 9 – Utensili	113
– I punzoni.	113
– Le matrici	115
– Accoppiamento.	119
– Utensili speciali	120

Capitolo 10 – Sequenze di piega: un gioco di strategia	123
– Linee guida.	123
– Profilo a C.	124
– Diverse sequenze a parità di sagoma	124
– Sequenze con ripresa	126
– Piegatura a C profonda.	127
– Scatolati: tre modi di chiudere gli angoli	128
 Capitolo 11 – Casi particolari e problematiche ricorrenti	133
– Forature vicino alle pieghe	133
– Rotazioni	137
– Sviluppi errati per pezzi spessi e stretti	140
– Evitare le cricche sui bordi.	140
 Capitolo 12 – Acciai altoresistenziali e acciai inossidabili	145
– Tipi e direttive sulla piegatura	145
– Acciaio inossidabile	147
 Capitolo 13 – Organizzazione del lavoro e qualità	149
– 1. Avvicinamento dei pezzi	150
– 2. Lettura del disegno e checklist.	151
– 3. Elaborare la sequenza di piega	151
– 4. Confrontare i pezzi con il disegno	151
– 5. Attrezzaggio	152
– 6. Programmazione	153
– 7. Esecuzione	153
– 8. Controllo qualità.	154
– 9. Allontanamento dei pezzi finiti	154
 Capitolo 14 – La filiera produttiva	155
– Il flusso di lavoro oggi: dove ci troviamo con la piegatura?.	155
– Dal 3D alla piegatrice attraverso il CAM di piegatura.	170
 Capitolo 15 – Presse piegatrici sicurezza	177
– Rischi principali connessi all'uso della pressa piegatrice	178
– Come valutare e risolvere il problema sicurezza sulle presse piegatrici	182
– Conclusioni.	186

Ritorno elastico e piano neutro

Concetto e contrasto del ritorno elastico

Vediamo adesso il concetto di *ritorno elastico*, quella problematica intrinseca nella lavorazione mediante pressopiegatura che rappresenta, forse, il problema numero uno per tutti gli operatori del settore e, potremmo dire, *l'eterno nemico del piegatore*. Semplificando molto, possiamo definire il ritorno elastico come il movimento che una lamiera compie immediatamente dopo essere stata piegata e che tende a riportarla alla condizione precedente.

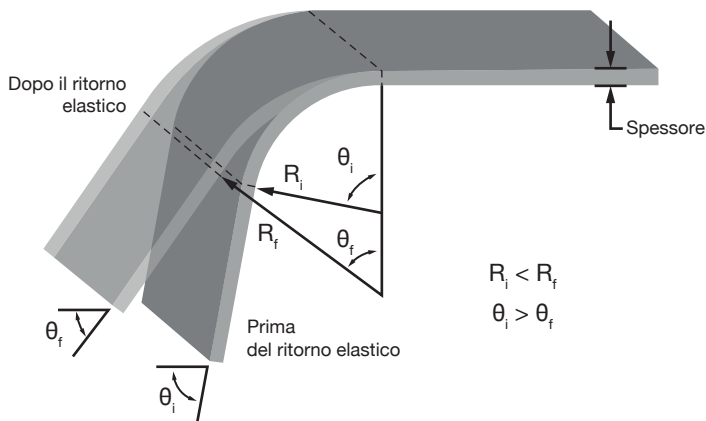


Figura 4.1 – Ritorno elastico.

Nella pratica è quel fenomeno per cui sono costretto a piegare un pezzo di più di quello che mi serve perché si raddrizza un po’.

Ma a cosa è dovuto?

Se ritorniamo all’esempio del bambino sullo scivolo che ho fatto spiegando la variabile della composizione atomica, possiamo integrare il discorso in maniera esauritiva semplicemente introducendo il concetto della *curva di trazione*.

La rappresentazione grafica in questa pagina non è altro che la “fotografia” di come si comporta un materiale (nel caso della figura un comune acciaio al carbonio) durante la prova di trazione, votata alla determinazione della sua resistenza.

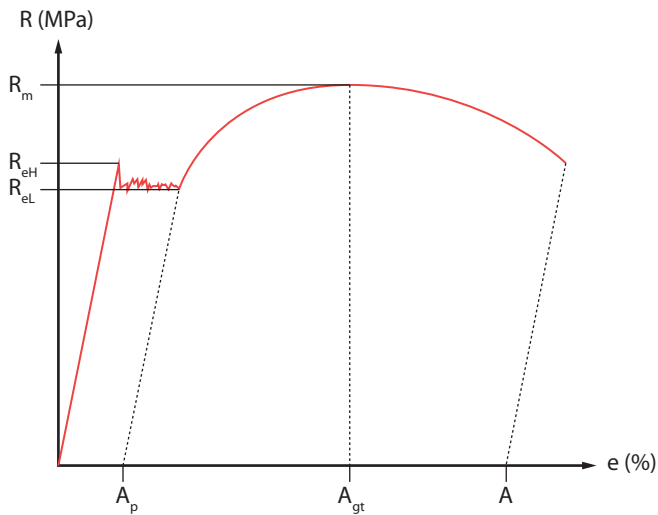


Figura 4.2 – Grafico di una prova di trazione.

Sulle ordinate (la freccia in verticale) sono indicati i valori assunti dalle forze (in realtà pressioni, dal momento che si indicano come MPa, megapascal, e si riferiscono a forza/superficie, misurabile anche in N/mm^2), sulle ascisse l’allungamento percentuale.

Da destra notiamo che lungo il segmento dritto abbiamo un alto incremento della forza per un relativo basso allungamento percentuale.

Significa che all’inizio la provetta di acciaio si sarà allungata di poco e costantemente a fronte di un incremento sostanzioso di forza in trazione.

Questa linea dritta, fino alla sua interruzione nel punto chiamato R_{eH} , rappresenta

In conclusione, in base al criterio scelto generalmente i CAD 3D, i CAM e i controlli numerici delle macchine usano le formule adeguate per calcolare lo sviluppo. Ovviamente si tratta di stime: se i dati inseriti sono molto distanti dalla realtà è ovvio che lo sarà anche il risultato! Quindi: la matematica è importante, a patto che il sistema venga settato correttamente.

Per conoscere le formule della bend deduction, della bend allowance e della tolleranza di piega puoi cliccare i tre codici QR qui sotto per accedere al contenuto video.

bend deduction



<https://www.youtube.com/watch?v=PzCHJtGR2e4&t=62s>

bend allowance



<https://www.youtube.com/watch?v=CrHqd0H2GiE&t=22s>

tolleranza di piega (AL)



https://www.youtube.com/watch?v=DB9M7_WL_Ww&t=56s

I limiti fisici tra il modello e la realtà

Come abbiamo visto in precedenza, il comportamento della lamiera durante la deformazione da piegatura è assimilato a un modello geometrico.

Si tratta quindi di una semplificazione di cui si deve prendere atto e che sarà abbastanza affidabile solamente in base alla bontà dei dati inseriti in fase di modellazione.

Nel CAD (e solo in quel contesto) le lamiere hanno spessori perfetti, gli angoli sono esatti e, soprattutto, i raggi sono regolari!

Il raggio di piegatura: spesso un dato puramente matematico

Una tendenza che si sta diffondendo massicciamente in questi ultimi anni è quella di trattare il raggio interno di piegatura come fosse un'entità imprescindibile ignorando che, in realtà, si tratta di un dato puramente matematico, utile ai CAD 3D per calcolare gli sviluppi.

Tranne in casi molto specifici il raggio interno è un valore difficilmente prevedibile e misurabile con esattezza, specie in piegatura "in aria".

Eppure si assiste a diatribe anche aspre tra progettisti che richiedono una dimensione di un'entità (dimostrando di ignorare il processo di piegatura nella pratica) e i fornitori che si vedono costretti a considerare qualcosa di cui nessuno ha mai chiesto nulla fino a pochi anni fa.

Acciai altoresistenziali e acciai inossidabili

Tipi e direttive sulla piegatura

I processi tecnologici sempre più avanzati in metallurgia hanno consentito il raggiungimento di standard fino a pochi anni fa impensabili.

Diverse acciaierie hanno puntato molte risorse sugli acciai altoresistenziali caratterizzati da proprietà meccaniche elevatissime (tenacità, durezza) pur permettendone la deformazione a freddo. In particolare, la svedese SSAB con i suoi marchi più noti nel nostro settore, Hardox e Strenx, ha permesso applicazioni in vari campi con prestazioni elevatissime in termini di resistenza e leggerezza.

L'**Hardox** è un acciaio antiusura caratterizzato da una grande cura nella realizzazione, dalla materia prima al controllo degli spessori delle lamiere finite. Possiede diverse gradazioni ed è classificato in base alla durezza Brinell superficiale.

Si presenta con un primer di colore rosso scuro ed è adatto alla costruzione di macchine per l'edilizia e movimento terra, cassoni di camion che subiscono strisciamenti con materiali come rottami o ghiaia.

Lo **Strenx** è invece un acciaio ad "alto limite elastico" che trova impiego in numerosi campi quali l'industria del sollevamento (gru, autogru, piattaforme aeree ecc.), macchine agricole e settore degli autotrasporti.

In particolare quest'ultimo campo risulta essere in pieno sviluppo nell'impiego degli altoresistenziali che consentono di ridurre di molto gli spessori degli elementi portanti e, di conseguenza, le masse, con il grande vantaggio dell'aumento della

portata e di risparmio di carburante. Anch'esso è fornito in diverse classi in ordine di resistenza.

Gli acciai altoresistenziali stanno in molti casi costringendo a rivedere gli standard classici di progettazione con la ricerca di sagome complesse e realizzate in meno pezzi possibili, che necessitano di un processo di pressopiegatura evoluto e molto specializzato.

La piegatura, con il diffondersi di questi materiali, assume sempre più un ruolo chiave per sopperire a una problematica fisiologica degli acciai.

Grazie ad alcune ricerche svolte nel knowledge center di SSAB, si è constatato che la saldatura crea tensioni interne tali per cui nelle zone coinvolte l'acciaio perde le sue caratteristiche se sollecitato a fatica (tensioni per diverse migliaia di cicli) divenendo paragonabile a un meno pregiato acciaio al carbonio S510.

Per poter piegare gli altoresistenziali esistono specifiche precise redatte dal costruttore che indicano i corretti attrezzaggi da adottare.

Tabella 12.1 – Piegatura Hardox.

	Resistenza tipica a trazione (Mpa)	Allungamento percentuale	Durezza (HWPB)	Spessore (t) (mm)	Trasversale al senso di laminazione R/t minimo	Parallelo al senso di laminazione R/t minimo	Larghezza matrice (W) W/t	Ritorno elastico (°)
Hardox 400	1250	10	~400	t < 8	2,5	3,0	12	9-13
				8 ≤ t < 15	3,0	4,0	14	
				15 ≤ t < 20	3,0	4,0	14	
				20 ≤ t < 50	4,0	5,0	16	
Hardox 450	1400	9	~450	t < 8	3,0	3,5	13	11-18
				8 ≤ t < 15	3,5	4,5	15	
				15 ≤ t < 20	3,5	4,5	15	
				t ≥ 20	4,5	5,0	16	
Hardox 500	1650	8	~500	t < 8	3,5	4,5	15	12-20
				8 ≤ t < 15	4,0	4,5	15	
				15 ≤ t < 20	4,5	5,0	16	
				t ≥ 20	5,5	6,0	18	

Zincatura

Si tratta di un bagno galvanico di zinco che può essere svolto a freddo o, per una protezione maggiore per manufatti pesanti che vanno all'esterno, a caldo.



Figura 14.10 – Pezzi in un bagno di zinco

Si usa sugli acciai al carbonio con lo scopo di ridurre o eliminare il rischio di corrosione. In molti casi, specie su lamiere sottili, la zincatura può essere svolta direttamente sulla materia prima. Così come esistono lamiere preverniciate, ci sono le lamiere zincate.

Anodizzazione

È un trattamento tipico per l'alluminio che conferisce maggiore resistenza superficiale, colorazione specifica e ha anche una funzione protettiva.

Logistica e consegna

Stiamo parlando del magazzino, della pallettizzazione e della consegna. Anche questo rappresenta un reparto spesso molto trascurato ma di vitale importanza. La tecnologia oggi ha fatto passi da gigante per ciò che riguarda la gestione dell'intero flusso di lavoro oltre che, ovviamente, di tutto il magazzino. Esistono

In Italia sono installate oltre 40.000 presse piegatrici ma, nonostante ciò, si assiste in larga parte a un approccio degli operatori esclusivamente autodidattico.

La prima edizione di questo volume è stata uno dei rarissimi esempi di manualistica in materia, con un successo testimoniato dalle diverse migliaia di copie vendute.

In questa edizione rinnovata e ampliata vengono sempre trattati i temi con un approccio estremamente pratico e dedicato a chi inizia o a chi già lavora alla pressa piegatrice ma che non ha ricevuto le basi a cui riferirsi.

Il testo è corredato da schemi e sequenze di immagini passo-passo, per illustrare al meglio le tecniche; inoltre, tramite codici QR, si accede a diversi filmati in cui si visualizzano i processi descritti.

In questa edizione aggiornata troverai:

- esempi pratici sul calcolo degli sviluppi, dal campione alla programmazione della macchina;
- come è possibile disporre di tutti i dati per calcolare lo sviluppo anche di angoli differenti da 90°;
- quali sono i riferimenti delle quote: le differenti scuole di pensiero;
- come utilizzare un moderno regolo di piegatura su smartphone o PC;
- il flusso di lavoro oggi: dalla richiesta del cliente al CAM;
- le check-list per evitare le non conformità in piegatura.

Emiliano Corrieri, perito meccanico, ha iniziato subito il suo percorso professionale nelle aziende di lavorazione della lamiera. Con oltre 25 anni di esperienza sulla piegatura, specie in produzione, è co-fondatore di Accademia della Piegatura, che si occupa di formazione e consulenza.

Direttore tecnico della rivista *Lamiera* edita da Tecniche Nuove, la sua prima edizione di *La piegatura della lamiera* (2017) è stata tradotta in inglese, ha pubblicato anche *Progettare elementi in lamiera piegata* (2019).

27,90 €


tecniche nuove
www.tecnichenuove.com

ISBN 978-88-481-4926-6

