

Acciai per stampi e utensili

*Mould
and tool steels*

On CD-ROM



Domenico Surpi



INDICE

NOZIONI DI BASE.....	5
FABBRICAZIONE DEGLI STAMPI.....	6
TRATTAMENTI TERMICI.....	8
FATTORI CHE INFLUENZANO LA VITA DEGLI STAMPI.....	12
SUGGERIMENTI PER EVITARE DANNI AGLI STAMPI.....	14
LUCIDATURA E FOTOINCISIONE	17
LA SALDATURA DEGLI ACCIAI DA UTENSILI.....	18
SCELTA DELLA TECNICA DI SALDATURA.....	21
TABELLA PER LA SCELTA ORIENTATIVA DEGLI ELETTRODI DA IMPIEGARE NELLA SALDATURA	24
ACCIAI PER UTENSILI.....	27
ACCIAI PER USI GENERALI E DA COSTRUZIONE	28
TABELLA DI COMPARAZIONE ACCIAI	30
TABELLA DI CONVERSIONE DUREZZE.....	32
HV-HRC e HRC-HV-HB-HRA-HRB-RM per acciai al carbonio e legati (secondo Tabella ASTM A 370 - 03A)	
TABELLA DI CONVERSIONE DUREZZE HB-HRC-HRB-HRA.....	34
(applicabile agli acciai inossidabili austenitici secondo tabella ASTM A 370 - 03A)	



NOZIONI DI BASE

La prima regola, quella che riteniamo essenziale, è che le fibre dell'acciaio debbano lavorare perpendicolarmente rispetto alla principale direzione degli sforzi.

Gli stampi a iniezione, stampaggio a caldo ed estrusione dei metalli, per sopportare le condizioni di alte temperature, sbalzi termici e forti pressioni cui sono sottoposti, sono fabbricati principalmente partendo da materiali fucinati.

Gli stessi sono preparati con trattamenti classificabili in due categorie:

- **trattamenti massivi** che intervengono sulle proprietà fino a cuore dell'acciaio: ricottura, normalizzazione, distensione, bonifica;
- **trattamenti superficiali** che invece modificano le proprietà dello strato in pelle dello stampo: nitrurazione, cementazione, ossidazione.

Se invece si deposita un materiale diverso da quello base, si parla di riporti (cromatura, nichelatura, riporti PVD e CVD).



Stampo in acciaio 1.2738 bonificato



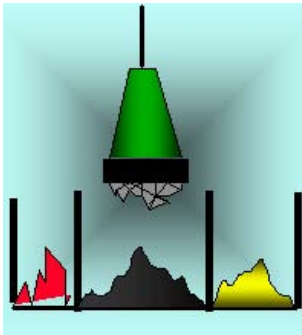
FABBRICAZIONE DEGLI ACCIAI PER STAMPI [in collaborazione con Danilo Arosio]

Nell'ambito del ciclo integrato di allestimento degli acciai per stampi e utensili si parte normalmente da rottame selezionato.

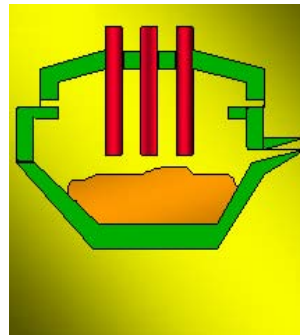
La prima fase di fabbricazione avviene nel forno elettrico ad arco con successiva affinazione e degasaggio sotto vuoto in forno siviera.

Successivamente si possono ottenere lingotti poligonali da destinare al reparto forgia oppure lingotti tondi da rifondere, ad es. sotto scoria elettroconduttrice, per dar vita a nuovi lingotti da forgia.

Quest'ultimo procedimento, condotto con particolari accorgimenti, consente di imprimere al prodotto caratteristiche meccaniche pressoché identiche in tutte le direzioni (longitudinale, tangenziale, radiale) e assicurare una qualità costante nel tempo.



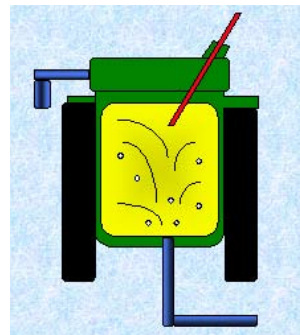
- 1) Rottame selezionato. Rottame a basse impurezze di Cu, Pb e altri elementi indesiderati in grado di alterare la pulizia finale dell'acciaio



- 2) Forno elettrico ad arco trifase:
- riduzione del contenuto di zolfo e fosforo
 - ossidazione
 - scorificazione completa
 - controllo analisi chimica
 - spillaggio in siviera

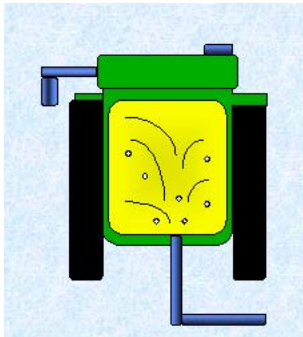


- 3) Metallurgia di affinazione in siviera detta anche "fuori forno":
- riduzione contenuti di gas: idrogeno, ossigeno, azoto
 - agitazione con argon
 - creazione nuova scoria

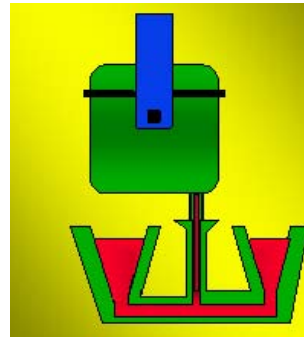


- 4) Metallurgia di affinazione in siviera:
- controllo analisi chimica
 - correzione analisi mediante aggiunta elementi di lega
 - controllo analisi chimica finale

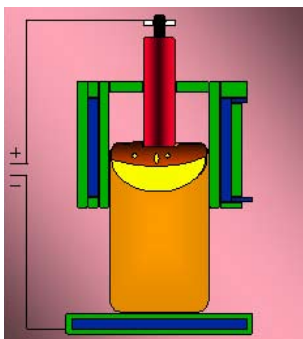




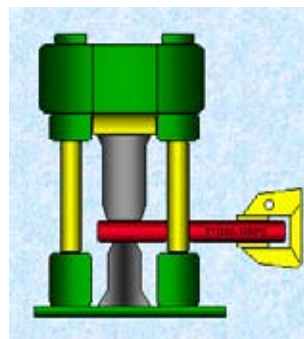
- 5) Metallurgia di affinazione in siviera:
- creazione vuoto
 - agitazione
 - riduzione contenuti di gas (idrogeno, ossigeno, azoto)
 - controllo finale dell'analisi chimica
 - spillaggio in lingottiera



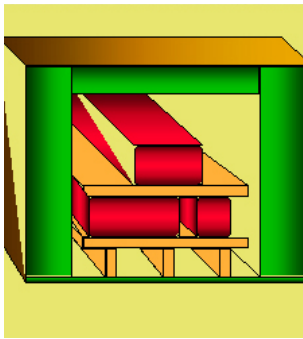
- 6) Colata in sorgente:
- getto protetto contro la riossidazione dell'acciaio
 - maggior controllo sul flusso dell'acciaio liquido
 - raffreddamento costante
 - migliore struttura della matrice del lingotto



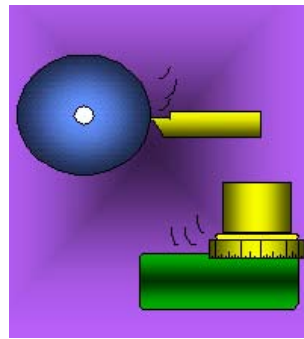
- 7) Rifusione sotto scoria elettroconduttrice (ESR = Electro Slag Remelting):
- bassa impurità, assenza di cavità e uniformità di struttura
 - ulteriore miglioramento delle caratteristiche meccaniche (isotropia)



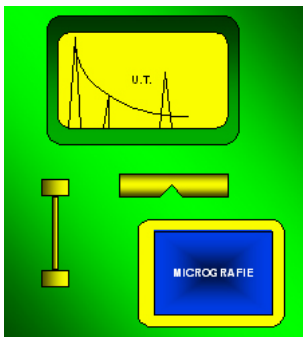
- 8) Forgiatura:
- rapporti di riduzione calibrati
 - specifiche procedure di riscaldamento e raffreddamento



- 9) Trattamento termico:
- speciali cicli a più fasi possono assicurare una struttura di ricottura ottimale e uniforme
 - fasi termiche particolari per ottimizzare e sfruttare al massimo le potenzialità di ogni acciaio



- 10) Lavorazioni meccaniche:
- pre-grossature per avvicinare la sagoma degli stampi alle dimensioni finite e permettere di sfruttare tutti i possibili effetti della successiva bonifica



- 11) Controlli:
- inclusioni
 - decarburazione
 - durezza
 - macrografie
 - strutture
 - grandezza grano
 - temprabilità
 - prove meccaniche

Certificato di analisi		Data	
Identificazione	CS 102464 11	Documento n.	0000000000
Dati identificativi materiale / Material identification / Materialbeschreibung			
Qualità del materiale	1.2311	Qualità	Material 1.2311
Nome di produzione	ESR	Prodotto/Produktion	PF 202 / 206 / 1107
Numero di lotto	00000	Max. Cont. Prod. Annuale	00000
Volume di consegna	00000	No. Cariche	00000
Documento di Trasporto	00000	Quantità	1
Numero di prova	00000	Parti per prova	00000
Controllato	00000	Prodotto	00000
Elaborazione		Prodotto	
Analisi chimica			
C (%)		C (%)	
0,16	0,16	0,16	0,16
Mn (%)		Mn (%)	
0,30	0,30	0,30	0,30
P (%)		P (%)	
0,015	0,015	0,015	0,015
S (%)		S (%)	
0,005	0,005	0,005	0,005
Caratteristiche meccaniche			
R _m (N/mm ²)		R _m (N/mm ²)	
500	500	500	500
Temperabilità (Durezza / Durezza bei 20°C/20°C)			
HRC		HRC	
20	20	20	20
ESR			
ESR		ESR	
1	1	1	1

- 12) Certificazione:
- secondo Capitolati Clienti e Norme Internazionali



TRATTAMENTI TERMICI

I trattamenti termici possono dar luogo a modifiche profonde delle proprietà di un acciaio che, a volte, superano quelle indotte dalle variazioni della composizione chimica dell'acciaio stesso. Dal punto di vista pratico, sono interessanti le trasformazioni che un trattamento termico può produrre nei valori di resistenza, snervamento, allungamento, contrazione, tenacità e modulo elastico. Un acciaio legato che sia stato sottoposto a un non corretto trattamento termico, può dare risultati inferiori a quelli che si ottengono con un acciaio al solo carbonio correttamente trattato. Riportando i principali trattamenti termici, ricordiamo che nelle schede tecniche dei singoli acciai si possono trovare i parametri che l'esperienza consiglia.

BONIFICA

Trattamento d'indurimento composto da tempra e rinvenimento per ottenere la combinazione ricercata delle proprietà meccaniche e una buona duttilità associata a ottima tenacità. Si ricorda che, nell'eventualità di dover ripetere la bonifica sullo stesso materiale, la temperatura di tempra del secondo trattamento dovrà essere più alta rispetto al primo. Vedere anche tempra, rinvenimento.

CEMENTAZIONE

Trattamento termochimico realizzato per ottenere un arricchimento superficiale di carbonio, elemento che innalza la durezza e contrasta l'usura.

CROMATURA

Trattamento di rivestimento galvanico atto a depositare su barre solitamente rettificata una pellicola di cromo di elevata durezza. Questo trattamento conferisce resistenza all'abrasione e alla corrosione, determina un più basso coefficiente d'attrito negli accoppiamenti mobili e in particolare con la gomma delle guarnizioni.

DISTENSIONE

Trattamento eseguito allo scopo di ridurre le tensioni (dovute a raddrizzatura a freddo, bruschi raffreddamenti, lavorazioni meccaniche, ecc.) senza però ridurre la durezza. Solitamente si esegue a 50°C in meno rispetto all'ultimo rinvenimento eseguito sui pezzi o su prodotti temprati che si utilizzano con resistenze molto alte. Il raffreddamento deve essere molto lento, generalmente in forno.

INDURIMENTO SECONDARIO

Indurimento ottenuto in seguito a uno o più rinvenimenti (550-600 °C) che fanno precipitare un composto (carburi di sovrassaturazione) che destabilizza l'austenite per effetto termico trasformandola in martensite oppure bainite durante il raffreddamento. In questo modo si ha un aumento di durezza e il fenomeno viene chiamato durezza secondaria.



NITRURAZIONE

Tattamento termochimico realizzato per ottenere un arricchimento superficiale di azoto, elemento che innalza la durezza e contrasta l'usura.

NORMALIZZAZIONE

Si esegue a una temperatura appena superiore ad $Ac_3 + 50/70$ °C (Ac_1 per gli acciai ipereutetoidi $C\% > 0.80$) seguita da raffreddamento in aria calma. Il compito principale è quello di omogeneizzare la struttura e di affinare il grano ingrossato da precedenti operazioni di trasformazione a caldo. Questo trattamento è sconsigliato per gli acciai da utensili e per quelli autotemperanti. Alla normalizzazione spetta anche il compito di rigenerare la struttura danneggiata dal trattamento termico di bonifica, quando a valle di quest'ultimo non sono stati ottenuti i valori meccanici desiderati. Un suggerimento è quello di non ripetere per più di due volte il trattamento di bonifica sullo stesso materiale e dopo il secondo insuccesso passare alla normalizzazione per poi riprendere con tempra e rinvenimento. I ripetuti trattamenti, in ambienti ossidanti, creano inevitabilmente un'addizione della decarburazione e questo fatto dovrà essere tenuto in debito conto.

PRERISCALDO

Riscaldamento del materiale con soste intermedie (fra 400 e 600 °C) prima di raggiungere la temperatura prestabilita per l'austenitizzazione. Serve principalmente a ridurre stati tensionali e dilatazioni differenziali indotte da cicli di deformazione a caldo e di lavorazioni meccaniche. La sosta alla temperatura di preriscaldamento deve assicurare uniformità di temperatura in tutta la sezione.

RICOTTURA

Il compito principale di questo trattamento termico è quello di ottenere un abbassamento di durezza sui materiali deformati a caldo, laminati e trafilati a freddo. In alcuni casi s'introduce la ricottura per eliminare tensioni oppure strutture disomogenee. Come permanenza in temperatura si usa 1 h e 30 min. ogni pollice di spessore (es. piatto 300x100 = sosta 5 h). Ricottura di lavorabilità che viene eseguita a 30-50 °C sotto il punto Ac_1 . Questo trattamento non modifica la struttura ma conferisce un adeguato addolcimento ed elimina le tensioni dovute a lavorazioni precedenti. Il raffreddamento (circa 10 °C/h, normalmente 5-10 °C/min. per acciai al carbonio e 20-40 °C/h per acciai legati) può avvenire in forno o in aria.

RINVENIMENTO

Tattamento termico al quale è sottoposto un prodotto ferroso dopo indurimento mediante tempra, onde portare le proprietà meccaniche al livello desiderato. Dopo tempra, il materiale si trova in uno stato di forti tensioni che vanno eliminate perché la loro forza, superando il carico di rottura, potrebbe spaccare il materiale. Questo è uno dei compiti del rinvenimento; il secondo è quello di abbassare la resistenza fino al punto di compromesso fra buon carico di rottura e buona tenacità (resilienza). Come permanenza in temperatura si usa normalmente



1 h ogni pollice di spessore (es. piatto 300x100 = sosta 4 h). Sugli stampi è quasi norma eseguire tre rinvenimenti; il primo alla temperatura della massima durezza secondaria, il secondo alla temperatura che impartisce la durezza desiderata e il terzo a una temperatura di circa 50 °C sotto quella del secondo rinvenimento.

RISCALDO

Innalzamento della temperatura di un prodotto con un gradiente termico prestabilito. In genere si esegue molto lentamente con max 50 °C/h e mai oltre 150 °C/h.

TEMPRA

Operazione che consiste nel raffreddare un prodotto ferroso più rapidamente che in aria calma. È buona norma non ricorrere a un mezzo temprante più drastico del necessario perché, maggiore è la velocità di raffreddamento, maggiori saranno le tensioni all'interno dei pezzi. I bagni per la tempra devono essere agitati, per evitare che bolle di vapore rimangano aderenti al materiale. I bagni più usati sono: miscele di gas (per trattamenti sotto zero), acqua, bagni di sali, polimeri (acqua con additivi), olio, aria forzata o calma. Il peso dei bagni deve essere almeno 10-15 volte superiore a quello del materiale da temprare. A fine tempra, la temperatura del bagno non deve superare i 49 °C. Come permanenza in temperatura si usa normalmente 30 min. ogni pollice di spessore (es. piatto 300x100 = sosta 2 h).

TEMPRA INTERROTTA

Interruzione del ciclo di raffreddamento a una temperatura predeterminata (~ 500-600 °C) e mantenimento a questa temperatura per un tempo specifico prima del raffreddamento fino a 50 °C. Solitamente effettuata per minimizzare la probabilità di formazione di cricche oppure per produrre nel manufatto una particolare struttura.

TRATTAMENTO TERMICO

Successione di operazioni termiche, al fine di ottenere un cambiamento di proprietà e/o strutture di un materiale ferroso.

TRATTAMENTO TERMOCHIMICO

Processo effettuato in un mezzo-ambiente opportunamente scelto, per ottenere una modifica della composizione chimica del materiale base.

RIVESTIMENTI ANTIUSURA

In questi ultimi anni c'è stata un'espansione progressiva dei riporti antiusura. Il nitrato di titanio è il più noto dei rivestimenti: grazie alla sua elevata durezza e a un coefficiente d'attrito molto basso, permette di ridurre considerevolmente l'usura abrasiva, principale causa della diminuzione del rendimento degli utensili. Sono poi stati sviluppati nuovi riporti atti a risolvere problemi specifici, al punto da permettere prestazioni come la lavorazione a secco



ad alta velocità. Dal loro campo di applicazione gli utensili si stanno espandendo costantemente e non si contano più gli esempi di miglioramento nella pressofusione o l'estrusione dell'alluminio, nell'iniezione della plastica, nell'imbutitura o nella tranciatura, nonché nell'industria automobilistica e alimentare. I vantaggi si vedono nella durata del particolare rivestito, nella minor manutenzione/fermi macchina e nell'incremento della produttività. La tecnica dei rivestimenti è talmente particolare e difficile da trattare che ci consiglia di lasciare agli specialisti del settore il compito di illustrarla; noi ci permettiamo solo di riportare alcune loro esperienze e i sistemi più usati:

- La tecnica PVD (Physical Vapour Deposition - rivestimento a polverizzazione mediante deposizione fisica da fase vapore) ha il vantaggio di poter eseguire depositi a bassa temperatura, garantire una finitura eccellente e di depositare tipi diversi di riporto, compresi quelli autolubrificanti, oltre alle possibili combinazioni multistrato.

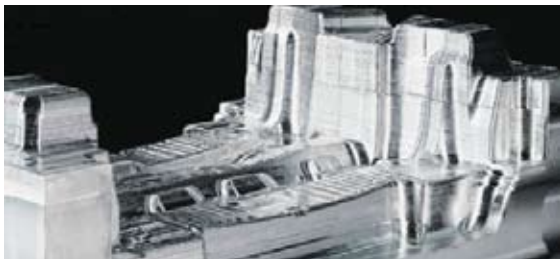
Svantaggi: non è efficace quando gli spazi di circolazione del vapore sono limitati, perché la formazione gassosa non consente una buona penetrazione.

- Il processo CVD (Chemical Vapour Deposition - deposizione chimica da fase vapore) dà il riporto con le caratteristiche migliori, sia come spessore che come adesione. Anche le prestazioni sono superiori, specialmente quando il materiale rivestito è impiegato nelle deformazioni a freddo. Il problema più delicato consiste nella temperatura di deposizione di circa 1.050 °C che a volte non consente il contenimento delle deformazioni entro le tolleranze imposte dai progettisti.

Svantaggi: non sono possibili rivestimenti con diversi metalli, es. TiAlN; lo spessore del rivestimento sui bordi tende ad arrotondarsi; sono utilizzati cloruri metallici tossici.

- Il PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition - deposizione di vapore chimico assistita da plasma) resiste meglio all'abrasione del PVD e non ha le controindicazioni del CVD. Grazie alle notevoli capacità degli impianti è possibile rivestire pezzi di grandi dimensioni. La finitura è simile a quella del PVD. Nell'imbutitura ha mostrato prestazioni superiori al PVD.

Svantaggi: idoneità limitata in presenza di fori e scanalature di piccole dimensioni.



Stampi in fase di lavorazione meccanica



FATTORI CHE INFLUENZANO LA VITA DEGLI STAMPI

CORROSIONE

La corrosione negli stampi per pressofusione è definita come un danneggiamento causato dal vincolo che si crea tra l'acciaio degli stampi e il metallo fuso con cui viene a contatto. Il fenomeno dipende principalmente dalle temperature che hanno un ruolo fondamentale sulla solubilità dei vari elementi chimici.

La corrosione come l'incollaggio sono governati dalla formazione di fasi intermetalliche (due elementi metallici mescolati in una precisa proporzione che permette "l'impilamento" degli elementi di una struttura cristallina diversa dalle due di partenza). Inoltre, la formazione di cricche a caldo permette, ad esempio all'alluminio iniettato in pressione, di penetrare in tali spaccature e di aggrapparsi agli stampi danneggiandone la funzione.

ABRASIONE

L'abrasione è dovuta alla presenza di particelle dure che, a contatto della superficie degli stampi, asportano e abradono il materiale con cui entrano in contatto. La pressione esercitata dal materiale da plasmare e la sua temperatura determinano la velocità dell'usura. Le geometrie più critiche degli stampi sono quelle che creano maggior sfregamento, come i ripetuti cambi di sezione e gli spigoli vivi.

È pertanto intuibile che una durezza molto alta della superficie dello stampo sarà in grado di contrastare questi inconvenienti. Ad esempio, con il rivestimento PVD, le durezze possono arrivare a 2.200 HV e più che sono il doppio di quelle ottenibili in nitrurazione (certamente in grado di ostacolare l'usura).

CHOC DA ENERGIA TERMICA

I ripetuti cicli di riscaldamento e raffreddamento cui sono sottoposti gli stampi durante il lavoro di pressofusione producono dilatazioni e contrazioni termiche alternate. La superficie che si trova a contatto con il metallo da formare si riscalda e aumentando di volume produce una compressione. Cessato il contatto con i pezzi stampati le superfici calde sono spesso raffreddate bruscamente (pratica sconsigliata quando gli stampi sono ancora ad una temperatura sopra i 150-200 °C) obbligando l'acciaio a contrarsi mediante forze di trazione.

Quanto più frequentemente si realizza tale alternanza, tanto più elevato sarà il danneggiamento progressivo della superficie. Nella pratica si cerca di preferire acciai con alto limite di elasticità a caldo e buona resistenza a fatica.

Un altro avvertimento è quello di riscaldare gli stampi ad una temperatura uniforme di almeno 300 °C prima della messa in servizio. Quest'operazione presenta un doppio vantaggio: riduce la fragilità dovuta a sbalzi termici e diminuisce il gradiente termico tra superficie e cuore, una causa della fatica termica.



DIFFERENZE FRA LAVORAZIONI A CALDO E LAVORAZIONI A FREDDO

Gli acciai da utensili per **Lavorazione a Caldo** (temperatura di esercizio tra 450° e 650 °C) devono possedere:

- buona lavorabilità all'utensile allo stato ricotto e in alcuni casi bonificato
- buona stabilità dimensionale in fase di trattamento termico
- alta resistenza all'usura a caldo
- buona resistenza agli sbalzi termici e alla fatica/sollecitazione termica
- buona resistenza meccanica e tenacità alle alte temperature

Gli acciai da utensili per **Lavorazione a Freddo** (temperatura di esercizio inferiore a 200 °C) devono possedere:

- durezze elevate (in molti casi raggiungibili con elevati tenori di carbonio)
- ottima tenacità
- ottima resistenza all'usura e al taglio
- ottima profondità di tempra



Stampo in fase di finitura



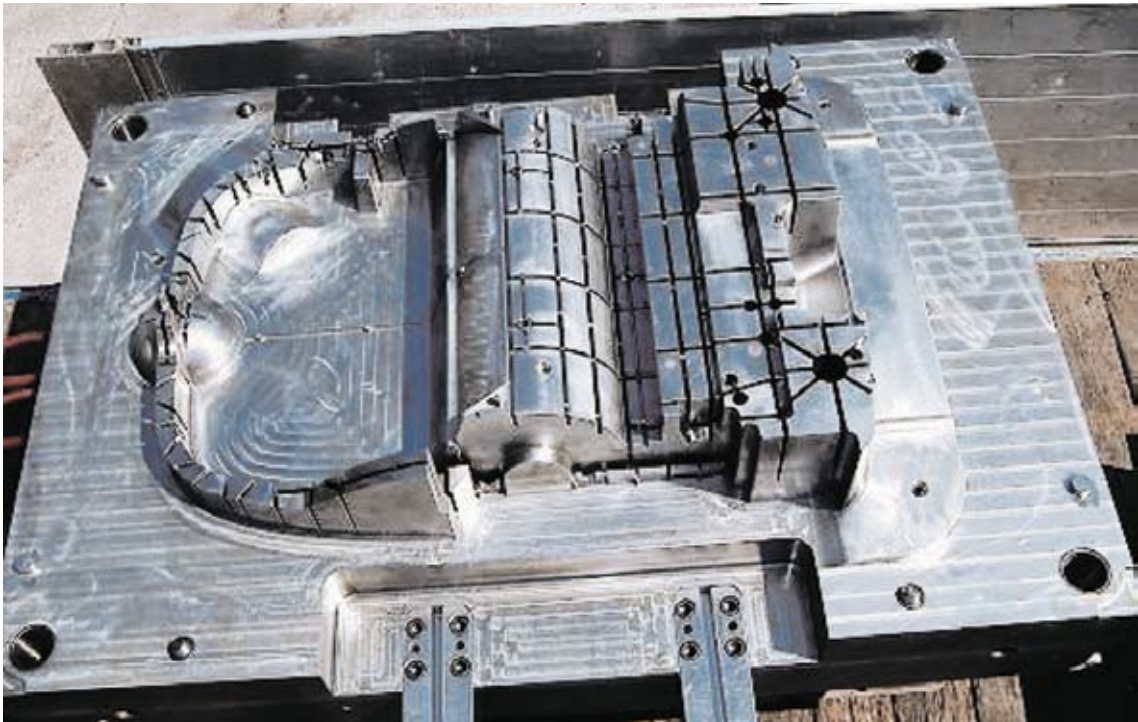
SUGGERIMENTI PER EVITARE DANNI AGLI STAMPI

DIFETTO	CARATTERISTICA	CAUSA	AZIONE CORRETTIVA
Brucciature	Rotture sugli spigoli dovute a fusione al bordo dei grani.	Materiale sottoposto a permanenze troppo lunghe o temperature troppo alte.	Usare permanenze non oltre il tempo necessario per il riscaldamento a cuore e temperature di trasformazione a caldo consigliate nelle schede tecniche.
Cricche da tempra	Spaccature in fase di tempra.	Trasformazione strutturale non completata o presenza di austenite residua.	Eseguire dei sottoraffreddamenti in fase di tempra.
		Trasformazione ancora in atto a fine tempra.	Iniziare immediatamente il rinvenimento.
		Presenza di spigoli vivi in prossimità di variazioni di sezione.	Eseguire ampi raggi di raccordo e impiegare mezzi di raffreddamento blandi.
		Mezzo di tempra troppo drastico.	Spegnere in bagni di polimeri o olio.
	Rotture irregolari.	Riscaldi disuniformi.	Eseguire preriscaldi e soste di assestamento prima di raggiungere la temperatura di austenitizzazione (tempra).
Surriscaldamenti.		Diminuire la temperatura di austenitizzazione.	
Cricche da rinvenimento	Discontinuità molto sottili e generalmente rettilinee.	Sbalzi termici troppo rapidi per introduzione degli stampi nel forno predisposto ad alta temperatura.	Eseguire preriscaldi e soste che permettano di allentare le tensioni prima di raggiungere la temperatura di rinvenimento desiderata.
Decarburazione	Rimozione del carbonio dalla superficie del materiale.	Acciaio posto a contatto con atmosfere ossidanti e a elevate temperature.	Prevedere asportazione di adeguato sovrametallo. Proteggere gli stampi con opportune vernici. Impiegare forni ad atmosfere controllate.
Deformazioni	Alterazione della forma e delle dimensioni iniziali.	Riscaldamento disuniforme.	Eseguire preriscaldi con gradienti di salita max 50°C/h e soste di omogeneizzazione.
		Raffreddamento troppo energico.	Raffreddare con mezzi meno drastici, es. olio, aria forzata.
		Posizionamento non corretto in fase di trattamento termico.	Ottimizzare le basi di appoggio e, quando possibile, riscaldare e temprare in verticale.
		Tensioni da deformazioni o lavorazioni meccaniche.	Eseguire soste a 450-500 °C, ricotture o distensioni prima di passare alla tempra. Presgrossare con almeno 4 mm di sovrametallo, bonificare e poi passare alla finitura.
Difetti interni	Porosità e cavità all'interno dello stampo.	Rapporto di riduzione (r.r.) non corretto.	Per i fucinati applicare r.r. $\geq 3,5:1$ e per i laminati r.r. $\geq 6:1$
	Soffiature.	Materiale fabbricato con colaggio inadatto.	Impiegare acciai colati sottovuoto, E.S.R. o V.A.R. Riparare i difetti con tecniche di saldatura appropriate TIG (Tungsten Inert Gas) o MMA (Manual Metal Arc).
Durezza irregolare	Valore di durezza basso.	Presenza di decarburazione.	Eliminare la zona decarburata e ripetere il controllo.
		Il materiale non ha raggiunto la temperatura di austenitizzazione.	Controllare che la temperatura di tempra sia quella stabilita per il tipo di acciaio da trattare termicamente.
		Permanenza in temperatura non adeguata.	Per la fase di tempra si consigliano permanenze di 1/2 h per pollice di spessore; per rinvenimenti 1 h per pollice di spessore.
		Insufficiente indurimento.	Passare a mezzi di spegnimento a più alto scambio termico.



DIFETTO	CARATTERISTICA	CAUSA	AZIONE CORRETTIVA
Durezza irregolare	Valore di durezza basso.	Raffreddamento non idoneo.	Verificare che il peso dei bagni da tempra siano almeno 10-15 volte superiori a quello dei pezzi da temprare. Controllare che i bagni siano agitati e che non ci sia formazione di sacche di vapore. Accertarsi che la temperatura dei bagni (acqua, polimero e olio) non sia superiore a 49 °C a fine tempra.
		Temperatura di rinvenimento inadatta.	Accertarsi che la temperatura di rinvenimento non sia troppo alta.
	Valore di durezza alto.	Presenza di segregazioni.	Eeguire ricotture di omogeneizzazione prima della tempra.
		Temperatura di rinvenimento bassa.	Controllare che la temperatura sia quella stabilita per ottenere la durezza desiderata.
Fatica termica	Rotture o cedimenti in esercizio.	Perdita, da parte dell'acciaio, delle caratteristiche meccaniche iniziali.	Controllare che il tipo di acciaio impiegato e la sua struttura siano quelli messi a punto allo scopo.
		Variazioni di temperatura e carichi dinamici ripetuti nel tempo.	Contrastare il fenomeno con trattamenti di nitrurazione, PVD, CVD.
		Dilatazione del materiale, quando si scalda espande e quando si raffredda si contrae.	
Inclusioni	Impurezze (ossidi, solfuri, allumina, ecc.) rimaste intrappolate nell'acciaio.	In presenza di materiali aggressivi possono sciogliersi lasciando dei microcrateri. Sono dannose nei processi di fotoincisione e lucidatura.	Prescrivere acciai ad alta micro purezza, es. ESR o VAR. Riparare con saldatura adatta, es. TIG o MMA.
Mancanza di tenacità	Infragilimento.	Soste prolungate fra 200 e 400°C fanno precipitare la cementite ai bordi del grano.	Evitare soste e attraversare abbastanza velocemente questo intervallo di temperature.
		Ingrossamento del grano.	Verificare che le temperature di fucinatura, laminazione, tempra, ecc. non siano troppo alte.
Rotture in esercizio	Schianto.	Cedimento improvviso dello stampo.	Preriscaldare gli stampi a 300 °C prima dell'utilizzo. Non raffreddare bruscamente gli utensili dopo il loro impiego. Accertarsi che l'acciaio sia quello stabilito dal progettista e che abbia subito il trattamento termico idoneo all'impiego.
		Rapporto di riduzione non idoneo.	Vedere i concetti espressi alla voce "difetti interni". Quando possibile, far lavorare la fibratura del materiale perpendicolarmente alla direzione della maggior sollecitazione a cui è sottoposto lo stampo.
Testimoni	Tracce di superficie grezza.	Perdita di quota della pressa in fucinatura o impronte di rulli di laminazione.	Aumentare il sovrametallo. Eeguire riporti di saldatura (cosmetic- welding).
Usura	Parti di stampo abrase da particelle di materiale durissime.	Perdita di efficacia della superficie di lavoro dovuta a impiego continuo.	Eeguire indurimenti mirati a diminuire l'attrito (nitrurazione o riporti PVD, CVD).





Stampi iniezione



LUCIDATURA E FOTOINCISIONE

La sagoma dello stampo lucidata a specchio può essere compromessa da una successiva fotoincisione, in quanto la lappatura, realizzata con paste speciali, lascia una pellicola superficiale. Questo invisibile strato assai oleoso deve essere rimosso con prodotti chimici che però possono compromettere la brillantezza della lucidatura. Se il trattamento chimico è poi particolarmente aggressivo, può dar luogo a dannosa ossidazione.

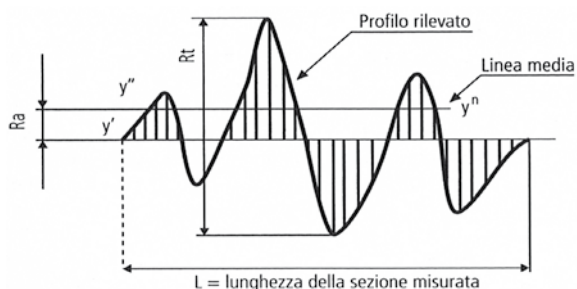
Un'alta finitura superficiale ha i seguenti vantaggi:

- facilita il processo di estrazione del pezzo dallo stampo;
- riduce il rischio di innesco di fratture per eventuali sovraccarichi o per fenomeni di affaticamento (un profilo frastagliato favorisce localmente l'intensificazione degli sforzi);
- riduce il pericolo di corrosioni locali (un profilo frastagliato ha maggiore reattività rispetto ad un profilo piano poiché si ha un aumento della superficie esposta all'ambiente corrosivo);
- aumenta, entro certi limiti, la resistenza all'usura (asportando le "creste" di rugosità aumenta la superficie di contatto fra le parti migliorando la ripartizione della pressione).

SIMBOLI E GRADI DI FINITURA

Ra μm	Rt μm	Rz μm	Simboli convenzionali	Descrizione della superficie
0.025	0.25	0.1	▼▼▼▼	Superfinita Lucidatura con pasta di diamante.
0.05	0.5	0.2	▼▼▼▼	
0.1	0.8	0.4	▼▼▼▼	Lappata, alto grado di finitura, perfettamente piana.
0.2	1.6	0.8	▼▼▼▼	Lappata per giunti di tenuta.
0.4	2.5	1.6	▼▼▼	Rettificata, elettroerosione.
0.8	4	3.2	▼▼▼	Extra fine di macchina utensile.
1.6	8	6.3	▼▼	Molto liscia di macchina utensile.
3.2	16	12.5	▼▼	Liscia di macchina utensile.
6.3	25	25	▼	Media di macchina utensile.
12.5	50	50	▼	Grossolana di macchina utensile.
25	100	100	~	Grezza.
50	--	200	~	Grezza.

- La rugosità è il complesso di errori microgeometrici presenti su una superficie ottenuta con una lavorazione qualsiasi.
- La rugosità viene rilevata sulla superficie, trasversalmente all'orientamento dei solchi prevalenti.
- Come misura della rugosità si assume il valore medio aritmetico "Ra" in μm .



$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |y| dx (\mu\text{m})$$



LA SALDATURA DEGLI ACCIAI DA UTENSILI

[fonte Lucchini RS]

L'ottimizzazione del ciclo di vita di un utensile è un'esigenza comune a tutti gli utilizzatori. La possibilità di ripristinare uno stampo usurato, modificare la geometria di una matrice, rimediare a un errore di lavorazione meccanica oppure a un difetto dell'acciaio (inclusioni non metalliche, porosità, ecc.) significa gestire al meglio le proprie risorse produttive. In quest'ottica, la saldatura degli acciai da utensili è uno strumento che, se gestito correttamente, comporta notevoli vantaggi.

Nonostante i notevoli progressi compiuti nel corso degli anni nella ricerca e nello studio dei processi di saldatura, gli interventi sugli acciai per utensili sono operazioni che richiedono una competenza e preparazione specifica.

Per tale ragione, si raccomanda di seguire le prescrizioni suggerite nella presente brochure tecnica, senza trascurare il fattore più importante, l'abilità e la preparazione tecnica del saldatore, verificando le qualifiche conseguite e l'adeguatezza delle attrezzature.

FATTORI CHIAVE

Quando si salda un acciaio è opportuno ricordare che la zona saldata dovrà possedere un comportamento quanto più vicino possibile a quello del metallo base ed essere esente da quelle tensioni che si creano durante tale intervento. Per un acciaio da utensili queste esigenze sono fondamentali al fine di evitare eterogeneità di comportamento.

DUREZZA E TENACITÀ

La durezza e la tenacità del cordone di saldatura sono tra i parametri più significativi per valutare la "bontà" del processo di saldatura. Uno scostamento significativo di queste due proprietà, rispetto a quelle del metallo base, può compromettere la tenuta del componente.

RESISTENZA ALLE ALTE TEMPERATURE

Nel caso di interventi su materiali che lavorano alle alte temperature, le zone saldate dovranno possedere le stesse proprietà di resistenza a caldo del metallo base. Con una scelta mirata del metallo di apporto e con un opportuno ciclo di trattamento termico pre e post-saldatura, è possibile avere dei riporti saldati con delle proprietà meccaniche in grado di resistere alle sollecitazioni esterne in modo ottimale.

FOTOINCIDIBILITÀ E LUCIDABILITÀ

Quando si interviene su stampi per la plastica è opportuno scegliere l'elettrodo anche in funzione della finitura superficiale prevista sul pezzo. Nel caso di uno stampo fotoinciso è fondamentale che il cordone di saldatura risulti invisibile, pena lo scarto del pezzo; lo stesso avviene nel caso di uno stampo lucidato a specchio. Si dovranno pertanto impiegare le tecniche e i materiali di apporto più idonei.



LE PRINCIPALI TECNICHE DI SALDATURA UTILIZZATE NEL SETTORE DEGLI ACCIAI PER UTENSILI (MMA, TIG E LASER)

La tecnica MMA (Manual Metal-Arc Welding) detta anche "ad arco" è probabilmente quella più conosciuta. Il processo di saldatura si realizza creando una differenza di potenziale tra un elettrodo e il pezzo da saldare. Ponendo a contatto le due parti si crea un corto circuito con conseguente surriscaldamento locale per effetto Joule dell'elettrodo che incomincia a fondere e a depositare materiale sulla zona da saldare. In queste condizioni è sufficiente una modesta tensione per innescare il processo di saldatura.

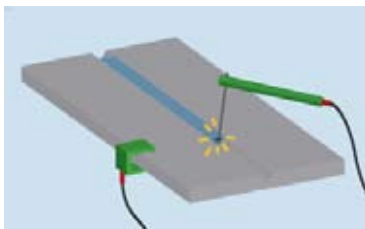
Gli elettrodi utilizzati nella tecnica MMA hanno un rivestimento superficiale che serve per proteggere dall'atmosfera, disossidare e depurare il bagno, ma anche arricchirlo di elementi di lega. La saldatura ad arco si presta ad interventi di varia natura ed è particolarmente indicata nel caso sia necessario depositare elevati quantitativi di materiale.

La tecnica di saldatura TIG (Tungsten Inert Gas) è un processo di tipo autogeno il cui calore è prodotto da un arco che si genera tra un elettrodo in tungsteno e il pezzo. Il tungsteno è un materiale che si presta particolarmente bene per questo tipo di applicazione in quanto è caratterizzato da un'elevatissima temperatura di fusione e da ottime proprietà termoioniche. La saldatura viene realizzata in atmosfera protetta per effetto della schermatura di un gas inerte come ad esempio l'Argon. Con questo procedimento è possibile saldare sia con l'ausilio di un materiale di apporto che senza, come nel caso di spessori sottili. L'elettrodo è costituito da un filo di sezione circolare con dimensioni e analisi chimica compatibile con il materiale base.

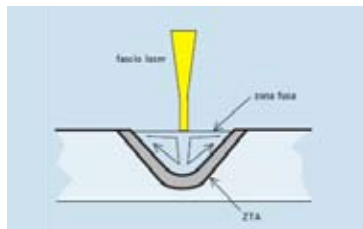
La tecnica LASER viene sfruttata per effettuare delle micro saldature con lo scopo di rimediare a errori di lavorazione meccanica, modificare il profilo del pezzo, ripristinare stampi danneggiati durante il servizio e riparare eventuali difetti superficiali o affiorati in fase di sagomatura.

I principali vantaggi della tecnica LASER sono:

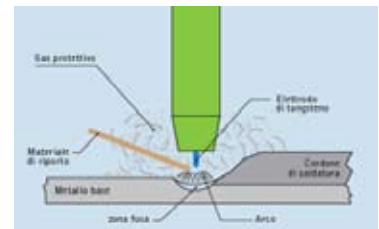
- possibilità di intervenire su piccole zone con apporti minimi di materiale;
- minimo effetto "invasivo" sulla zona circostante alla saldatura (zona di stansizione);
- rapidità di esecuzione, perché solitamente non sono necessari riscaldi massivi del pezzo prima e dopo la saldatura;
- buona predisposizione alla lucidabilità e fotoincidibilità della zona saldata;
- possibilità di effettuare in loco l'intervento.



Tecnica di saldatura MMA



Tecnica di saldatura TIG



Tecnica di saldatura LASER



Il LASER, il cui termine deriva dall'acronimo inglese Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, è un fascio di onde elettromagnetiche che si muovono nella stessa direzione grazie al quale si producono potenze specifiche elevatissime ($10^7 - 10^9 \text{ W/cm}^2$).

Contrariamente a quello che avviene con altre tecniche, la saldatura LASER può essere eseguita anche senza la necessità di un materiale da apporto.

Nel caso però di saldature di acciai da utensili, si utilizza quasi sempre la saldatura LASER con metallo di apporto, costituito da un filo di analisi chimica compatibile con il metallo base e del diametro di 0,2 - 0,8 mm. Il meccanismo di trasmissione del calore dominante è quello della conduzione.

Tra le caratteristiche più interessanti della saldatura LASER vi è la possibilità di focalizzare la sua azione su un'area molto ristretta.

È possibile intervenire su zone molte piccole, anche inferiori a 1-2 mm di estensione; in tal caso si parla di microsaldature.



Stampo fotoinciso



SCelta DELLA TECNICA DI SALDATURA

La scelta della tecnica di saldatura dipende da molti fattori, non solo legati ad aspetti di tipo metallurgico, ma anche di tipo economico e logistico. La tecnica di tipo MMA si presta ad interventi nei quali è necessario depositare un elevato quantitativo di materiale. È particolarmente adatta per esempio nel caso sia necessario modificare la figura dello stampo per una variazione di disegno del pezzo. Inoltre, per la sua facile trasportabilità, l'intervento può essere realizzato anche in loco senza dover smontare e movimentare il pezzo. Questa tecnica genera un notevole apporto termico nelle zone circostanti alla saldatura; è quindi necessario prestare molta attenzione alle modalità di pre-riscaldamento e distensione dell'utensile. La tecnica TIG si presta ad interventi di riparazione sullo stampo di minore entità rispetto alla tecnica MMA e genera un apporto termico più limitato. Questa tecnica non è così facilmente trasportabile con la MMA a causa dei sistemi di protezione getto e di raffreddamento della torcia. La tecnica LASER si presta a riparazioni con riporti minimi di materiale. È consigliabile solo nel caso di interventi nei quali è necessario riportare spessori variabili tra 0,2 mm e 1-1,5 mm.

ELETTRODI PER LA SALDATURA MMA

Gli elettrodi utilizzati nella saldatura ad arco sono ricoperti da uno strato di materiale che varia a seconda del tipo di utilizzo. I rivestimenti più diffusi sono: *acido*, *rutilico*, *cellulosico* e *basico*.

Il rivestimento di tipo *acido* è costituito da ossido di ferro, ferroleghie di Mn-Si e silicati. Questi elettrodi sono caratterizzati da una buona saldabilità e da una scoria facile da rimuovere.

Nel caso di passate multiple si consiglia di eliminare la scoria prodotta dal precedente cordone. Il rivestimento *acido* non sopporta elevate temperature di essiccazione. Per tale ragione non è possibile rimuovere ogni traccia di umidità con il conseguente rischio della formazione di cricche a freddo. Il rivestimento di tipo *rutilico* è costituito da biossido di titanio detto anche rutilo, il quale conferisce al deposito una notevole fluidità e un eccellente aspetto estetico. Come nel caso dei rivestimenti di tipo *acido*, anche questi elettrodi sono sconsigliati qualora vi sia il rischio di formare delle cricche a freddo o a caldo.

Il rivestimento di tipo *cellulosico* è costituito essenzialmente, come dice il termine stesso, da cellulosa e da Mn e Si. Questi elettrodi, come quelli basici, danno origine a bagni di fusione ad elevata temperatura. Durante la fusione si sviluppa un elevato tenore di idrogeno contenuto nel rivestimento e vi è il rischio della formazione di cricche a freddo. Il rivestimento di tipo *basico* è costituito da ossidi di ferro, ferroleghie di Mn-Si, silicati e da carbonati di calcio e magnesio al quale si aggiunge anche della fluorite. La presenza dei carbonati consente di eliminare dal bagno le impurezze come zolfo e fosforo, conferendo al deposito un'elevata purezza e ottime caratteristiche meccaniche. Gli elettrodi basici possono essere essiccati ad alte temperature, riducendo al minimo il loro contenuto di idrogeno. Sono particolarmente adatti qualora vi sia il rischio di formazione di cricche a freddo. Si raccomanda sempre di essiccare (~ 300 °C) gli elettrodi prima dell'utilizzo e di mantenerli caldi anche durante la saldatura. Quest'ultima categoria di elettrodi è quella raccomandata per le saldature degli acciai per utensili. Si ricorda che tutti gli elettrodi rivestiti sono partico-



larmente sensibili all'umidità; si raccomanda di prestare la massima attenzione alle modalità di stoccaggio. È buona regola conservare il materiale di riporto in zone a temperatura e umidità controllata e riscaldarlo in un piccolo forno prima dell'utilizzo.

Per maggiori dettagli si rimanda alla documentazione tecnica fornita dal produttore degli elettrodi.

ELETTRODI PER LA SALDATURA TIG

Gli elettrodi per saldare a TIG hanno generalmente un'analisi chimica molto simile a quella del metallo base con l'aggiunta di limitate quantità di disossidanti. A differenza degli elettrodi ricoperti utilizzati nella tecnica MMA non risentono dei problemi di assorbimento di umidità da parte dell'atmosfera. È consigliabile comunque la conservazione degli stessi in luoghi asciutti e protetti.

ELETTRODI PER LA SALDATURA LASER

Gli elettrodi per saldare al LASER sono molti simili a quelli utilizzati per la tecnica TIG, ma hanno un diametro inferiore. Le misure più usate sono da 0,2 mm a 0,8 mm, a seconda dell'impiego. La loro analisi chimica è modulata in funzione delle caratteristiche meccaniche da raggiungere dopo saldatura.

MODALITÀ OPERATIVE CONSIGLIATE

- Affidare la riparazione dello stampo a personale di comprovata esperienza e dotato delle idonee attrezzature.
- Tutti gli acciai da utensili devono essere saldati prevedendo un ciclo di pre-riscaldamento e distensione al fine di evitare la formazione di pericolose cricche.

IL PRERISCALDO

Il preriscaldamento del pezzo è una fase molto importante del processo di saldatura. Qualora non sia possibile, per ragioni di ingombro e/o logistiche, il riscaldamento dello stampo in un forno è ammesso anche il pre-riscaldamento mediante coperte termiche. Non si consiglia di preriscaldare mediante l'uso del cannello o di fiamme vive, in quanto questa tecnica non garantisce un controllo della temperatura e può alterare la microstruttura del materiale; inoltre genera delle tensioni residue nel pezzo potenzialmente pericolose. Nelle fasi di preriscaldamento, prevedere velocità di salita di temperatura non superiori a 50 °C/h con una permanenza di 1 h per ogni 25 mm di spessore del pezzo.

IL TRATTAMENTO TERMICO POST-SALDATURA

Il trattamento termico post-saldatura ha lo scopo di detensionare il materiale e di ripristinare le caratteristiche meccaniche originali del pezzo. È una fase estremamente importante del processo di saldatura che influisce sensibilmente sul comportamento in esercizio del componente. Anche in questo caso, qualora non sia possibile il trattamento in forno dell'intero pezzo, è possibile eseguire distensioni locali per mezzo di coperte termiche o di induttori. Non si consiglia l'utilizzo di fiamme vive o di tecniche simili. I trattamenti termici post-saldatura suggeriti sono raccolti nelle schede tecniche.



MODALITÀ DI PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE

La modalità di preparazione della superficie costituisce un aspetto importante del processo di saldatura. Si raccomanda sempre di eliminare ogni traccia di ruggine o di sporco prima di iniziare la riparazione e di non saldare mai in corrispondenza di spigoli vivi. Nel caso di riparazione di cricche è necessario molare la zona difettosa e raccordarla. L'angolo minimo raccomandato è di 30° e la gola del raccordo "a" (vedi foto in basso) deve essere almeno 1,5 mm maggiore rispetto al diametro dell'elettrodo che si utilizza. È inoltre consigliabile eseguire un controllo con liquidi penetranti o con un esame magnetico di tutta la zona da saldare al fine di individuare la presenza di eventuali difettosità superficiali che dovranno essere rimosse mediante molatura o altro.

MODALITÀ DI APPLICAZIONE DELLE PASSATE

Generalmente non è conveniente, anche quando il materiale da riportare è limitato, saldare lo stampo con una singola passata, ma è preferibile usarne almeno due o più. In questo caso, si consiglia di procedere come di seguito:

- la prima passata deve essere stesa con un elettrodo di piccolo diametro e con una corrente di amperaggio ridotto, in modo da limitare l'estensione della zona termicamente alterata;
- la seconda passata deve essere applicata con gli stessi parametri della precedente e ha lo scopo di rinvenire la zona sottostante e produrre benefici in termini di tenacità;
- le successive passate possono essere applicate con una corrente e un diametro elettrodo maggiore;
- la passata finale deve essere più alta rispetto al piano finito.

È buona norma tenere l'elettrodo con un angolo di 70 - 80° in corrispondenza della direzione di avanzamento.

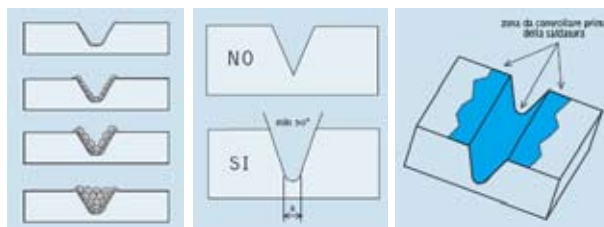
TECNICHE DI ISPEZIONE

Dopo una saldatura è sempre consigliabile eseguire un controllo mediante una tecnica non distruttiva: controllo ultrasonoro, liquidi penetranti o esame magnetico. La scelta è in funzione della tipologia di intervento, delle condizioni operative e della categoria di acciaio in esame.

CARBONIO EQUIVALENTE CEQ

C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 (formula lunga di uso generale) consigliato 0.40 - 0.43 max per saldatura a freddo senza distensione. Oltre questi valori, prevedere preriscaldi e distensioni al fine di evitare la formazione di cricche.

C + Mn/4 + Si/4 (formula corta usata per acciai al carbonio) consigliato 0.42 max.



Applicazione passate, preparazione alla saldatura e ispezione



TABELLA PER LA SCELTA ORIENTATIVA DEGLI ELETTRODI DA IMPIEGARE NELLA SALDATURA

SIGLA INTERNA	WERKSTOFF	SIGLA EN	TECNICA DI SALDATURA		
			MMA	TIG	LASER
EskyLos 2083	1.2083	X40Cr14	AWS A5.4 E410-15 EN 1600 E 13 B 53	AWS A5.9 ER410	SALTEX Cr13 INOX
BeyLos 2083 / II40	1.2083	X40Cr14			
II33	1.2085	X33CrS16	considerata la presenza dello zolfo la saldatura è sconsigliata		
KeyLos 2311 / BP35	1.2311	40CrMnMo7	AWS A5.5 E8018	AWS A5.28 ER 80S	SALTEX 300 SALTEX 300 PHOTO SALTEX 300 MIRROR
KeyLos 2312 / BS35	1.2312	40CrMnMoS8-6			
BeyLos 2329	1.2329	46CrSiMoV7	¹⁾ ⁴⁾	¹⁾ ⁴⁾	--
EskyLos 2343 / BP 37	1.2343	X37CrMoV5-1	DIN 8555 E3-UM-50-ST ¹⁾	AWS A5.28 ER80S-B6	SALTEX 400 SALTEX 460 SALTEX Hot Work
EskyLos 2344 / BP40	1.2344	X40CrMoV5-1			
BP30	1.2365	32CrMoV12-28	QRO 90 WELD		
EskyLos 2367 ESR	1.2367	X38CrMoV5-3	DIN 8555 E3-UM-50-ST ¹⁾	AWS A5.28 ER80S-B6	SALTEX 400 SALTEX 460 SALTEX Hot Work
BP57	1.2711	54NiCrMoV6			
BeyLos 2714 / BP56	1.2714	55NiCrMoV7	DIN 8555 E1-UM-350	AWS A5.28 ER 80S-B2 AWS A5.28 ER 90S-B3	SALTEX 400 SALTEX 300 PHOTO
KeyLos 2738 / BP36	1.2738	40CrMnNiMo8-6-4	AWS A5.5 E9018-B3	AWS A5.28 ER 80S-B2	SALTEX 300
BF40	1.2767	45NiCrMo16	¹⁾ ⁴⁾	¹⁾ ⁴⁾	
KeyLos 6959	1.6959	35NiCrMoV12-5	¹⁾ ⁴⁾	¹⁾ ⁴⁾	
ABP20	Euras		¹⁾ ⁴⁾	¹⁾ ⁴⁾	
EskyLos 2001	Lucchini RS		²⁾		
KeyLos on	Lucchini RS		AWS A5.5 E8018-B2	AWS A5.28 ER 80S-B2	
KeyLos up	Lucchini RS		AWS A5.5 E8018-B2	AWS A5.28 ER 80S-B2	
KeyLos plus	Lucchini RS		AWS A5.5 E8018-B2	AWS A5.28 ER 80S-B2	



SIGLA INTERNA	WERKSTOFF	SIGLA EN	TECNICA DI SALDATURA		
			MMA	TIG	LASER
B155	1.2379	X153CrMoV12	INCONEL 625 UTP 67S - CASTOLIN 6		
B110	1.2516	120WV4	UTP 75	UTP A696	
BF90	1.2842	90MnCrV8	UTP: 65D, 73 G2, 673		
B TEN	TENASTEEL		INCONEL 625 UTP 67S - CASTOLIN 6		
S355J2G3	1.0577	S355J2G3	AWS A5.5 E8018-C1		
C20	1.1151 ~	C20E	AWS A5.1 E6013		
C25E	1.1158	C25E	AWS A5.1 E6013		
C30E	1.1178	C30E	AWS A5.1 E6013		
C45E BC45	1.1191	C45E	AWS A5.1 E7018 AWS A5.1 E7018-1	AWS A5.18 ER 70S-6 EN 1668 W3Si1	
C50E	1.1206	C50E	AWS A5.1 E7018		
39NiCrMo3 / BC39	1.6510	39NiCrMo3	AWS A5.5 E8018-B2	AWS A5.28 ER 80S-B2	SALTEX 300
30CrNiMo8	1.6580	30CrNiMo8	AWS A5.5 E9018-B3		SALTEX 300 PHOTO
42CrMo4	1.7225	42CrMo4	SALTEX 300 MIRROR		
41CrAlMo7-10	1.8509	41CrAlMo7-10	1) 3) 4)	1) 3) 4)	
18NiCrMo5	UNI		1) 3) 4)	1) 3) 4)	
41CrAlMo7-10	1.8509	41CrAlMo7-10	1) 3) 4)	1) 3) 4)	
52SiCrNi5	1.7117	52SiCrNi5	la riparazione di saldatura è sconsigliata		

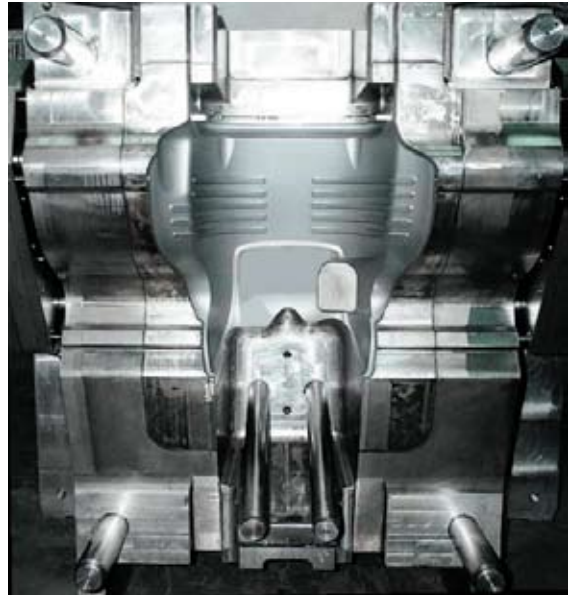
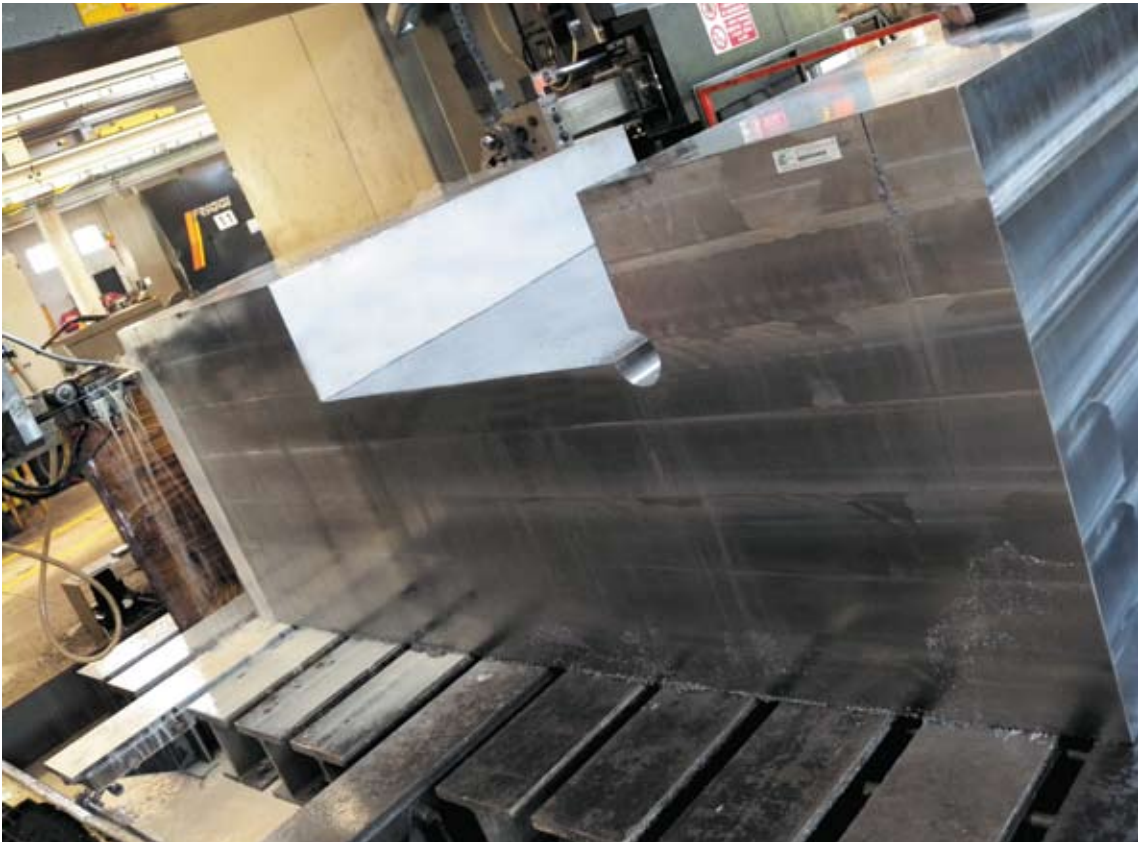
¹⁾ rivolgersi a produttori qualificati

²⁾ la tecnica di riparazione tipo MMA non è consigliata

³⁾ eseguire la saldatura prima dell'indurimento superficiale impiegando materiale d'apporto con analisi chimica simile al materiale base

⁴⁾ UTP 641 KB (HRC 250) - UTP 73G4 (HRC 40) - UTP 73G3 (HRC 45) - UTP 641 73G2 (HRC 55)





Scavo della sagoma di uno stampo

Stampo finito



ACCIAI PER UTENSILI

LAVORAZIONI A CALDO

A questa categoria di acciai si richiedono particolari caratteristiche: resistenza al calore (450-600 °C) non continuo e insensibilità all'ingrossamento del grano, effetto che si genera quando il materiale è esposto per lungo tempo alle alte temperature. In particolari impieghi, dove le temperature possono arrivare anche a 600 °C, normalmente gli acciai contengono anche alte percentuali di tungsteno (18%). Il settore d'impiego è per gli stampi in genere, gli stampi per pressofusione e i mandrini per laminatoi. Gli acciai al nichel-cromo-molibdeno-vanadio presentano una buona tenacità anche a caldo, resistono bene agli sbalzi termici e al rinvenimento. I principali nemici della produttività degli stampi sono da sempre l'usura, le rotture e la manutenzione; pertanto sarà utile uno stretto contatto tra produttore e cliente per concordare e ottimizzare costi-qualità.

LAVORAZIONI A FREDDO

La particolarità che contraddistingue questi acciai è l'alto contenuto di carbonio, il quale conferisce agli utensili durezza elevate. Il loro impiego è particolarmente concentrato nei settori dove sono presenti sollecitazioni d'usura, urto e taglio. Le caratteristiche essenziali sono: durezza, tenacità, resistenza all'usura e temprabilità. Le durezze degli acciai per lavorazione a freddo variano da 52-63 HRC mentre per quelli destinati alle lavorazioni a caldo il campo è da 36-54 HRC.

Elementi di lega usati in ordine decrescente

Mn-Mo-Cr-Si-Ni-V
V-W-Mo-Mn-Cr
V-W-Mo-Cr-Mn
Mo-Cr-Mn

caratterizzano

profondità di tempra
tenacità
resistenza all'usura
stabilità dimensionale

Per questi acciai, si raccomandano dei preriscaldi con gradienti di salita non superiori a 50 °C/h e soste di omogeneizzazione prima di raggiungere la temperatura di fucinatura e di tempra.

Le permanenze alla temperatura prestabilita sono: ½ h ogni 25 mm di spessore in fase di tempra e 1h ogni 25 mm di spessore in fase di rinvenimento o distensione. Per gli acciai da lavorazioni a freddo, si consiglia almeno una ricottura di distensione prima di passare alla tempra che deve essere subito seguita da rinvenimento quando il materiale è ancora a circa 150 °C. Inoltre, dopo rinvenimento, il raffreddamento dovrà essere lento, per evitare tensioni, sia interne che esterne. Andranno poi adottate tutte le accortezze necessarie per evitare precipitazione di carburi al contorno grano.

Si ricorda che spigoli vivi e notevoli differenze di sezione possono generare rotture in fase di tempra.

Per questi acciai prevedere almeno due rinvenimenti e protezione con apposite vernici prima di temprare; questo eviterà la decarburazione, la quale, oltre ad essere dannosa per le varie ragioni ormai note, può anche falsare i risultati in fase di controllo durezza. Generalmente, se lo strato decarburato non viene eliminato, si riscontrano valori anomali e tendenzialmente bassi.



ACCIAI PER USI GENERALI E DA COSTRUZIONE

Nell'ambito degli stampi e a corredo delle due famiglie riportate troviamo i seguenti acciai. Come è facilmente intuibile dalla parola stessa "uso generale", fanno parte di questa categoria i principali elementi di sostegno: intelaiature, impianti in genere, sovrastrutture e tutto ciò che serve a conformare un dispositivo, un congegno, un meccanismo di macchine operatrici e altro. Sono acciai di facile lavorabilità a caldo e a freddo. Presentano buona penetrazione di tempra e buona resistenza all'urto.

S355J2 Alberi, parti di macchina poco sollecitati, bulloneria, viti, leve, spine, perni, bussole, giunti, dischi, piccoli punzoni.

C20 Alberi, parti di macchina, cremagliere, bulloneria, bussole, automatismi, pedali frizione, organi meccanici.

C30E Alberi, parti di macchina, cremagliere, bulloneria, organi meccanici, bussole, automatismi, pedali frizione.

C50E Chiavette, cremagliere, alberi a manovella, aste e colonne per presse, organi meccanici.

C45E Acciaio elaborato sotto vuoto, ottima attitudine alla fotoincisione, alla lucidatura, alla nitrurazione e alla saldatura, buona resistenza all'usura. Applicazioni: piccoli stampi per il settore auto e alimentare, stampi per stampaggio gomma, stampi per lo stampaggio a compressione di compositi termoindurenti (SMC Sheet Moulding Compound, BMC Bulk Moulding Compound), portastampi.

42CrMo4 Buona tenacità e proprietà meccaniche, buona lavorabilità e micropurezza. Impieghi: stampi di piccola e media dimensione, stampi per l'industria automobilistica, alimentare, stampi per lo stampaggio della gomma, stampi per lo stampaggio a compressione di compositi termoindurenti (SMC Sheet Moulding Compound, BMC Bulk Moulding Compound), portastampi e particolari meccanici in genere.

39NiCrMo3 Di facile trattamento termico è il più diffuso acciaio legato Italiano da bonifica. Presenta una buona lavorabilità, ottima resistenza alle sollecitazioni dinamiche e a fatica a torsione, buona predisposizione alla nitrurazione. Impieghi: ingranaggi, alberi anche di notevoli dimensioni, organi di macchina, tiranti, porta stampi e stampi integrali.



30CrNiMo8 Buona tenacità e proprietà meccaniche, buona lavorabilità e micropurezza, elevata resistenza a fatica anche a temperature d'esercizio fino a 350 °C, insensibile alla fragilità di rinvenimento, particolarmente adatto per pezzi sollecitati a torsione. Impieghi: stampi di media dimensione, stampi per l'industria automobilistica, alimentare, stampi per lo stampaggio della gomma, stampi per lo stampaggio a compressione di compositi termoindurenti (SMC Sheet Moulding Compound, BMC Bulk Moulding Compound), portastampi e particolari meccanici in genere.

ACCIAI DA NITRURAZIONE

La particolarità degli acciai nitrurati è l'alta resistenza all'attrito, anche a caldo, fino a 500 °C. In parti di macchina prive di buona lubrificazione, l'effetto di sfregamento evita di causare grossi danni, come invece potrebbe accadere ai pezzi cementati.

Altra caratteristica è la buona resistenza all'acqua di mare e al vapore. Il trattamento è fatto in forni a temperatura controllata e a perfetta tenuta, per evitare al contatto con l'aria la formazione di ossidazione dannosa. Il componente principale per quest'operazione è l'ammoniaca gassosa, uniformemente distribuita. Si consiglia un trattamento termico di bonifica sul materiale sgrassato e assolutamente privo di tensioni, lucidatura, pulitura, asciugatura, nitrurazione e rettifica finale.

41CrAlMo7-10 Applicazioni: settore dell'estrusione della plastica, viti e camere di plastificazione, alberi eccentrici, dischi, pompe d'iniezione, spinotti e camere di distribuzione del vapore.

ACCIAI DA CEMENTAZIONE

Una caratteristica di questi acciai è il basso contenuto di carbonio, mantenuto tale per avere un nucleo tenace dopo tempra e rinvenimento e una buona lavorabilità all'utensile dopo ricottura. Le lavorazioni sono condotte prima della cementazione e della successiva tempra e rinvenimento.

18NiCrMo5 Impiego: elementi d'ingranaggeria altamente sollecitati e alberi a cammes.

ACCIAI PER MOLLE

Le molle sono organi di macchine per i quali si utilizza al massimo la capacità di deformazione elastica di un acciaio e la sua attitudine alla durata a fatica sotto ripetute sollecitazioni.

52SiCrNi5 La presenza del silicio aumenta la temprabilità e di conseguenza la durezza, elevando così il modulo elastico. Acciaio ad alta temprabilità. La presenza del nichel migliora in modo notevole la tenacità.



TABELLA DI COMPARAZIONE ACCIAI

SIGLA INTERNA	WERKSTOFF N°	EUROPA EN	CINA GB	RUSSIA GOST	USA AISI-SAE	TIPO IMPIEGO
EskyLos 2083 ESR	1.2083	X40Cr14			~ 420	ACCIAI PER LAVORAZIONI A CALDO
BeyLos 2083 / II40	1.2083	X40Cr14			~ 420	
II33	1.2085	X33CrS16				
KeyLos 2311 / BP35	1.2311	40CrMnMo7	(5CrMnMo)			
KeyLos 2312 / BS35	1.2312	40CrMnMoS8-6				
BeyLos 2329	1.2329	46CrSiMoV7				
EskyLos 2343 / BP 37 ESR	1.2343	X37CrMoV5-1	4Cr5MoSiV	4Ch5MFS	H11	
BeyLos 2343	1.2343	X37CrMoV5-1	4Cr5MoSiV	4Ch5MFS	H11	
EskyLos 2344 / BP40 ESR	1.2344	X40CrMoV5-1	4Cr5MoSiV1	4Ch4VMFS	H13	
BeyLos 2344	1.2344	X40CrMoV5-1	4Cr5MoSiV1	4Ch4VMFS	H13	
BP30	1.2365	32CrMoV12-28	4Cr3Mo3SiV	3Ch3M3F	H10	
EskyLos 2367 ESR	1.2367	X38CrMoV5-3				
BP57	1.2711	54NiCrMoV6				
BeyLos 2714 / BP56	1.2714	55NiCrMoV7		4ChMNFS		
KeyLos 2738 / BP36	1.2738	40CrMnNiMo8-6-4				
BF40	1.2767	45NiCrMo16		45Ch2N4MA		
KeyLos 6959	1.6959	35NiCrMoV12-5		38ChN3MFA		
ABP20	Euras					
EskyLos 2001	Lucchini RS					
KeyLos on	Lucchini RS					
KeyLos up	Lucchini RS					
KeyLos plus	Lucchini RS					

ESR = ELECTRO SLAG REMELTING / RIFUSIONE SOTTO SCORIA ELETTRO CONDUTTRICE



SIGLA INTERNA	WERKSTOFF N°	EUROPA EN	CINA GB	RUSSIA GOST	USA AISI-SAE	TIPO IMPIEGO
B205	1.2080	X210Cr12	Cr12	Ch12	D3	ACCIAI PER LAVORAZIONI A FREDDO
B155	1.2379	X153CrMoV12	Cr12MoV		D2	
B110	1.2516	120WV4				
BF40	1.2767	45NiCrMo16		45Ch2N4MA		
BF90	1.2842	90MnCrV8	9Mn2V		O 2	
B TEN	TENASTEEL	Tenasteel				
S355J2G3	1.0577	S355J2G3		17G1S	A350 LF2	ACCIAI PER USI GENERALI E DA COSTRUZIONE
C20	1.1151 ~	C20E	20	20A	070M20	
C25E	1.1158	C25E	25	25	1025	
C30E	1.1178	C30E	30	30	1030	
C45E / BC45	1.1191	C45E	45	45	1045	
C50E	1.1206	C50E	50	50	1050	
39NiCrMo3 / BC39	1.6510	39NiCrMo3		39HNM	9840	
30CrNiMo8	1.6580	30CrNiMo8			A320L43	
42CrMo4 / BC42	1.7225	42CrMo4	42CrMo	40ChML	A193-B7	
41CrAlMo7-10	1.8509	41CrAlMo7-10	38CrMoAl	40X2MI-O	J24056- E71400	
18NiCrMo5 / BC18	UNI					cementazione
52SiCrNi5	1.7117	52SiCrNi5	ZG50CrMo	52XHC		molle



TABELLA DI CONVERSIONE DUREZZE

HV-HRC e HRC-HV-HB-HRA-HRB-Rm per acciai al carbonio e legati (secondo Tabella ASTM A 370 - 03A)

HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC
2270	85	1950	81	1633	77	1323	73	1004	69
2190	84	1865	80	1556	76	1245	72	940	68
2110	83	1787	79	1478	75	1160	71	920	67,5
2030	82	1710	78	1400	74	1076	70	900	67

HRC Cono diamante	HV Vickers 30	HB Brinell 3000 Kgf	HRA Cono diamante	Rm N/mm ² MPa	HRB Sfera 1/16"	HV Vickers 30	HB Brinell 3000 Kgf	HRA Cono diamante	Rm N/mm ² MPa
68	940	--	85.6	--	100	240	240	61.5	800
67	900	--	85.0	--	99	234	234	60.9	785
66	865	--	84.5	--	98	228	228	60.2	750
65	832	739	83.9	--	97	222	222	59.5	715
64	800	722	83.4	--	96	216	216	58.9	705
63	772	706	82.8	--	95	210	210	58.3	690
62	746	688	82.3	--	94	205	205	57.6	675
61	720	670	81.8	--	93	200	200	57.0	650
60	697	654	81.2	--	92	195	195	56.4	635
59	674	634	80.7	2420	91	190	190	55.8	620
58	653	615	80.1	2330	90	185	185	55.2	615
57	633	595	79.6	2240	89	180	180	54.6	605
56	613	577	79.0	2160	88	176	176	54.0	590
55	595	560	78.5	2070	87	172	172	53.4	580
54	577	543	78.0	2010	86	169	169	52.8	570
53	560	525	77.4	1950	85	165	165	52.3	565
52	544	512	76.8	1880	84	162	162	51.7	560
51	528	496	76.3	1820	83	159	159	51.1	550
50	513	482	75.9	1760	82	156	156	50.6	530
49	498	468	75.2	1700	81	153	153	50.0	505
48	484	455	74.7	1640	80	150	150	49.5	495
47	471	442	74.1	1580	79	147	147	48.9	485
46	458	432	73.6	1520	78	144	144	48.4	475
45	446	421	73.1	1480	77	141	141	47.9	470
44	434	409	72.5	1430	76	139	139	47.3	460
43	423	400	72.0	1390	75	137	137	46.8	455
42	412	390	71.5	1340	74	135	135	46.3	450
41	402	381	70.9	1300	73	132	132	45.8	440
40	392	371	70.4	1250	72	130	130	45.3	435



HRC Cono diamante	HV Vickers 30	HB Brinell 3000 Kgf	HRA Cono diamante	Rm N/mm ² MPa	HRB Sfera 1/16"	HV Vickers 30	HB Brinell 3000 Kgf	HRA Cono diamante	Rm N/mm ² MPa
39	382	362	69.9	1220	71	127	127	44.8	425
38	372	353	69.4	1180	70	125	125	44.3	420
37	363	344	68.9	1140	69	123	123	43.8	415
36	354	336	68.4	1110	68	121	121	43.3	405
35	345	327	67.9	1080	67	119	119	42.8	400
34	336	319	67.4	1050	66	117	117	42.3	395
33	327	311	66.8	1030	65	116	116	41.8	385
32	318	301	66.3	1010	64	114	114	41.4	--
31	310	294	65.8	970	63	112	112	40.9	--
30	302	286	65.3	950	62	110	110	40.4	370
29	294	279	64.6	930	61	108	108	40.0	--
28	286	271	64.3	900	60	107	107	39.5	--
27	279	264	63.8	880	59	106	106	39.0	360
26	272	258	63.3	860	58	104	104	38.6	--
25	266	253	62.8	850	57	103	103	38.1	350
24	260	247	62.4	820	56	101	101	37.7	--
23	254	243	62.0	810	55	100	100	37.2	340
22	248	237	61.5	790	54	--	--	36.8	--
21	243	231	61.0	770	51	--	94	35.5	330
20	238	226	60.5	760	49	--	92	34.6	320

I valori in grassetto sono fuori tabella ASTM ma comunque attendibili

I valori in corsivo sono dovuti al passaggio da tab. 2 a tab. 3 della Norma ASTM A 370

Durezza Rockwell	HRC cono diamante 120° carico 1470 N (150 Kgf) durata 30"	Durezza Rockwell	HRA cono diamante carico 588 N (60 Kgf) durata 30"
Durezza Vickers	HV piramide diamante 136° Carico 294 N (30 Kgf) durata 15"	Durezza Rockwell	HRB sfera 1/16" carico 980 N (100 Kgf) durata 30"
Durezza Brinell	HB sfera 10 mm carico 29.400N (3000 Kgf) durata carico 15"	Resistenza a trazione	Rm N/mm ² (Mpa)



TABELLA DI CONVERSIONE DUREZZE HB-HRC-HRB-HRA

(applicabile agli acciai inossidabili austenitici secondo tabella ASTM A 370 - 03A)

Durezza HRC 150 - kgf c. diamante	Durezza HRA 60 kgf cono diamante	Durezza Rockwell Superficiale		
		15N Scala	30N Scala	45N Scala
		cono diamante		
48	74.4	84.1	66.2	52.1
47	73.9	83.6	65.3	50.9
46	73.4	83.1	64.5	49.8
45	72.9	82.6	63.6	48.7
44	72.4	82.1	62.7	47.5
43	71.9	81.6	61.8	46.4
42	71.4	81.0	61.0	45.2
41	70.9	80.5	60.1	44.1
40	70.4	80.0	59.2	43.0
39	69.9	79.5	58.4	41.8
38	69.3	79.0	57.5	40.7
37	68.8	78.5	56.6	39.6
36	68.3	78.0	55.7	38.4
35	67.8	77.5	54.9	37.3
34	67.3	77.0	54.0	36.1
33	66.8	76.5	53.1	35.0
32	66.3	75.9	52.3	33.9
31	65.8	75.4	51.4	32.7
30	65.3	74.9	50.5	31.6
29	64.8	74.4	49.6	30.4
28	64.3	73.9	48.8	29.3
27	63.8	73.4	47.9	28.2
26	63.3	72.9	47.0	27.0
25	62.8	72.4	46.2	25.9
24	62.3	71.9	45.3	24.8
23	61.8	71.3	44.4	23.6
22	61.3	70.8	43.5	22.5
21	60.8	70.3	42.7	21.3
20	60.3	69.8	41.8	20.2



Durezza HB 3000 kgf sfera 10 mm	Impronta Ø mm	Durezza HRB 100 kgf sfera 1/16"	Durezza HRA 60 kgf cono diamante	N/mm ² solo a titolo indicativo ^{a)}
256	3.79	100	61.5	770
248	3.85	99	60.9	760
240	3.91	98	60.3	750
233	3.96	97	59.7	715
226	4.02	96	59.1	705
219	4.08	95	58.5	690
213	4.14	94	58.0	675
207	4.20	93	57.4	650
202	4.24	92	56.8	635
197	4.30	91	56.2	620
192	4.35	90	55.6	615
187	4.40	89	55.0	605
183	4.45	88	54.5	590
178	4.51	87	53.9	580
174	4.55	86	53.3	570
170	4.60	85	52.7	565
167	4.65	84	52.1	560
163	4.70	83	51.5	550
160	4.74	82	50.9	530
156	4.79	81	50.4	505
153	4.84	80	49.8	495

a) Negli acciai inossidabili, la deformazione a freddo creata dall'impronta può determinare alterazioni del valore di durezza. Anche pochi centesimi di variazione del Ø dell'impronta possono falsare il dato. Per questo motivo si raccomanda la prova di trazione come prova di base per la conoscenza delle caratteristiche meccaniche.



Gennaio 2011

Lucefin S.p.A.
I-25040 Esine (Brescia) Italy
www.lucefin.com

Progetto grafico: parlato**triplo** - Gianico (BS)
Stampa: la Cittadina - Gianico (BS)





Lucefin S.p.A.
I-25040 Esine (Brescia) Italy
www.lucefin.com

