

### Trattamenti “a cuore”

**Normalizzazione**- Consiste in un riscaldamento ad una temperatura superiore ad  $A_{C3}$  per un tempo sufficiente ad austenitizzare completamente il materiale, seguito da raffreddamento in aria calma o mossa . Viene generalmente eseguita su pezzi grezzi di lavorazione a caldo per affinare ed uniformare il grano allo scopo di predisporre l' acciaio nel modo migliore per i successivi trattamenti termici.

#### **Ricottura :**

Lo scopo della ricottura è quello di addolcire l' acciaio per renderlo atto alle lavorazioni meccaniche / plastiche, di eliminare le tensioni residue e di distruggere gli effetti di una deformazione plastica, di una saldatura o di un trattamento termico precedente.

Esistono vari cicli di ricottura la cui scelta viene fatta in relazione alla durezza e alle strutture necessarie per un determinato tipo di lavorazione. I cicli più usati sono:

- **Ricottura subcritica** ; comprende un riscaldamento a temperatura al di sotto del punto di trasformazione AC1, un mantenimento adeguato a questa temperatura ed infine un raffreddamento a piacere anche in aria libera. Questo trattamento, che per la sua economicità è il più diffuso per gli acciai da costruzione, viene eseguito sia per addolcire l' acciaio che per eliminare tensioni residue ed effetti di deformazione plastica. La struttura ottenuta è prevalentemente costituita da forme perlitiche globulari molto fini, non sempre ben risolte. Appartiene a questa classe la cosiddetta ricottura di lavorabilità che viene normalmente eseguita ad una temperatura di ca.  $50^{\circ} C$  al di sotto del punto AC1 in modo da addolcire il materiale senza modificarne sostanzialmente la struttura.
- **Ricottura isoterma** ; consiste in un riscaldamento a temperatura, nell'intervallo  $AC1+AC3$  oppure sopra  $AC3$ , seguito da un raffreddamento ad una velocità relativamente elevata fino ad una conveniente temperatura del campo perlitico alla quale si permane per il tempo sufficiente a completare la trasformazione dopo di che il raffreddamento finale, fino a temperatura ambiente, può essere condotto velocemente con notevole guadagno di tempo. Questo stato strutturale è particolarmente indicato per ottenere , nel caso di lavorazioni meccaniche particolarmente impegnative, sensibili miglioramenti di lavorabilità all' utensile.

**Tempra;** Il trattamento di tempra comprende un riscaldamento di austenitizzazione , seguito da un raffreddamento fino ad una temperatura inferiore ad  $M_s$  sufficientemente rapido da permettere la trasformazione in martensite, struttura di elevata durezza e fragilità . Per poter realizzare una tempra perfetta (o ideale o compiuta) , cioè con una struttura martensitica al 100% è necessario che la velocità di raffreddamento sia superiore a quella critica tipica per ogni acciaio . Gli acciai al “Carbonio” presentano una velocità critica di tempra molto elevata; questa velocità si riduce, per la presenza di elementi leganti in modo più o meno marcato a seconda delle percentuali e della natura di essi . In relazione al tipo di acciaio ed alle dimensioni dei pezzi da temprare verrà scelto il mezzo di spegnimento più adatto: acqua, olio o aria.

**Rinvenimento;** Allo stato temprato l' acciaio presenta un'elevata durezza e basse caratteristiche di tenacità . E' necessario quindi ricorrere ad un successivo trattamento che ne modifichi più o meno la struttura martensitica di tempra annullandone le tensioni e le fragilità .

Questo trattamento, denominato rinvenimento, comprende un riscaldamento ad una certa temperatura inferiore ad  $A_{C1}$ , un mantenimento per un certo tempo a questa temperatura ed infine un raffreddamento in un mezzo appropriato fino a temperatura ambiente.

Il rinvenimento deve essere eseguito immediatamente dopo la tempra, per evitare il pericolo di cricche causate dall'elevato stato tensionale in cui si trovano i pezzi temprati. La temperatura di rinvenimento va scelta in modo da ottenere il miglior compromesso tra le caratteristiche di durezza e di tenacità .

E' noto infatti che con l' aumentare delle temperature si ha un progressivo aumento della tenacità , dell' allungamento e della contrazione, corrispondentemente, una diminuzione della durezza, della resistenza a trazione e dello snervamento. Quando la temperatura di rinvenimento è intorno ai  $600^{\circ} C$  il trattamento che ne deriva (tempra e rinvenimento) viene chiamato bonifica e permette di conferire all' acciaio un buon compromesso tra tenacità e resistenza. La struttura che ne deriva è detta sorbite.

**Distensione;** Nel caso degli acciai da cementazione o autotempranti , per diminuire e possibilmente annullare le tensioni residue causate dalla tempra pur mantenendo elevati valori di durezza, si ricorre al trattamento di distensione che consiste in un riscaldamento a temperature inferiori ai  $250^{\circ} C$  . In questo caso non si hanno apprezzabili modifiche strutturali. La distensione viene anche eseguita su pezzi che, dopo le lavorazioni meccaniche , si trovano in uno stato di particolare tensione. In questo caso lo scopo di ristabilire le caratteristiche meccaniche precedenti, in particolare quelle elastiche (limite di snervamento) e di tenacità .

## TRATTAMENTI TERMICI

**Bonifica isoterma (Austempering);** la bonifica isoterma consiste in un trattamento unico in quanto il rinvenimento si può di regola tralasciare e presenta il vantaggio di non dar luogo a deformazioni e spaccature tensionali, come può avvenire nella tempra convenzionale.

Una seria limitazione di questo trattamento è dovuta alla sua scarsa penetrazione che non va oltre i 30mm per il tipo 39NiCrMo3 ed oltre 40mm per il tipo 40NiCrMo7

**Tempra scalare Martensitica;** questo trattamento ha lo scopo di annullare gli inconvenienti della tempra convenzionale che sviluppa pericolose tensioni interne nel raffreddamento brusco nei bagni di tempra; queste tensioni possono facilmente provocare scarti per cricche e deformazioni soprattutto nei pezzi di forma complessa e con forti variazioni di sezione.

Alla tempra scalare segue un normale rinvenimento per ottenere le caratteristiche richieste.

**Solubilizzazione (Tempra degli acciai austenitici);** questo trattamento chiamato anche “tempra di solubilizzazione” o “ipertempra”, ha in comune con la tempra soltanto la velocità di raffreddamento dalla temperatura di austenizzazione, ma non gli effetti di indurimento che essa provoca negli acciai temprabili; ricordiamo infatti che i punti di trasformazione dei cosiddetti “acciai austenitici” si trovano al di sotto della temperatura ambiente.

Esso consiste in un riscaldamento a temperatura in genere compresa fra i 1000 e i 1100° C, con una permanenza a questa temperatura sufficiente per eliminare le alterazioni strutturali provocate dalle lavorazioni precedenti e per realizzare una “solubilizzazione” possibilmente completa dei carburi nell’austenite; il raffreddamento successivo, in aria o acqua, deve essere sufficientemente rapido da impedire la riprecipitazione dei carburi che, in un raffreddamento lento, avviene in genere nell’intervallo fra i 450 e gli 850° C circa. Con tale trattamento si ottiene il massimo addolcimento degli acciai inossidabili austenitici.

### Trattamenti di indurimento superficiali

**Tempra superficiale (o anche in tutta la sezione);** con riscaldamento ad induzione- Questo trattamento richiede impiego di apparecchiature particolari, che consistono essenzialmente in una bobina percorsa da corrente ad alta frequenza generante un campo magnetico. Mettendo il pezzo di acciaio entro questa bobina si genera in esso una corrente indotta che, per effetto Joule, riscalda rapidissimamente l’acciaio sopra Ac3. L’acqua di tempra può essere adottata dalla stessa spirale di rame che fa da induttore, oppure da conduttore separate ma sempre vicine all’induttore. Con frequenze molto elevate (100.000-600.000Hz) il riscaldamento interessa uno strato superficiale molto sottile, ma diminuendo la frequenza (2.000-20.000 Hz) possono essere ottenute maggiori profondità di riscaldamento.

Con frequenze ancora più basse si ottengono riscaldamenti totali fino al cuore e questa particolarità viene sfruttata negli impianti di tempra (e successivo rinvenimento) a passaggio con riscaldamento ad induzione.

**Cementazione;** la “carbocementazione” o più semplicemente la “cementazione”, ha lo scopo di ottenere un prodotto che, dopo i successivi trattamenti termici, presenti uno strato superficiale durissimo e resistente all’usura, unitamente ad un cuore tenace. Essa consiste nella carburazione superficiale di acciai a basso tenore di carbonio, ottenuta mediante lungo mantenimento ad alta temperatura in mezzi capaci di cedere tale elemento.

**Nitrurazione;** è un’operazione di indurimento superficiale analoga alla precedente; in questo caso l’elemento assorbito è l’azoto. L’operazione consiste in un prolungato mantenimento a circa 500° C in mezzi capaci di cedere detto elemento; a differenza della cementazione, essa viene eseguita su materiale già bonificato e non richiede trattamenti successivi.

Gli acciai da nitrurazione sono veri e propri acciai da bonifica contenenti elementi speciali (alluminio, cromo, molibdeno, vanadio). L’indurimento superficiale è dovuto alla formazione di azoturi assai duri (di alluminio, cromo ect..) mentre la presenza del molibdeno è indispensabile allo scopo di combattere la fragilità di rinvenimento che altrimenti l’acciaio assumerebbe durante la nitrurazione.

La nitrurazione, come la cementazione ed in genere come tutti i procedimenti di indurimento superficiale, ha lo scopo di aumentare, oltre la resistenza all’usura, anche la resistenza alla fatica.

TRATTAMENTI TERMICI

CARATTERISTICHE DEGLI STRATI SUPERFICIALI INDURITI CON VARIE TECNICHE

TRATTAMENTO SUPERFICIALE	DUREZZA STRATO SUPERFICIALE	RESISTENZA ALL' USURA	CARATTERISTICHE CARICO DI CONTATTO	RESISTENZA ALLA FATICA PER PIEGAMENTO	RESISTENZA AL GRIPPAGGIO	CONTROLLO DISTORSIONI E DIMENSIONI	TENDENZA ALLE SPACCATURE DI TEMPRA
CEMENTAZIONE	Alta	Alta	Buona	Buona	Buona	Sufficiente	Minima
CARBONITRURAZIONE	Alta	Alta	Discreta	Buona	Buona	Buona	Minima
NITRURAZIONE	Altissima	Altissima	Discreta	Buona	Eccellente	Eccellente	Minima
TEMPRA SUPERFICIALE AD INDUZIONE	Alta	Alta	Buona	Buona	Discreta	Discreta	Bassa
TEMPRA SUPERFICIALE ALLA FIAMMA	Alta	Alta	Buona	Buona	Discreta	Discreta	Bassa
TEMPRA SUPERFICIALE LASER	Alta	Alta	Buona	Buona	Discreta	Discreta	Bassa