

Definizione	Note sui Trattamenti Termici
Ac1	Temperatura alla quale, in fase di riscaldamento, inizia la formazione dell'austenite (vedere formula) $723 - 10,7Mn - 16m9Ni + 30Si + 16,9Cr + 25Mo + 6,38 W + 30Al + 50V + 290As = \dots \text{ } ^\circ\text{C} + 10$
Ac3	Temperatura alla quale, in fase di riscaldamento, termina la trasformazione della ferrite in austenite (vedere formula)
Ms	Temperatura alla quale, in fase di raffreddamento, inizia la trasformazione dell'austenite in martensite (martensite start) Formula generica $Ms = 539 - (423 \times C\%) - (30,4 \times Mn\%) - (12,1 \times Cr\%) - (17,7 \times Ni\%) - (7,5 \times Mo\%) = \dots \text{ } ^\circ\text{C} + 20$ Formula per quando gli elem. di lega sono completamente disciolti nell'austenite $Ms = 561 - 474C - 33Mn - 17Ni - 17Cr - 21Mo$ Formula per acciai alto legati $Ms = 550 - 350C - 40Mn - 20Cr - 10Mo - 17Ni - 8W - 35V - 10Cu + 15Co + 30Al$
Mf	Temperatura alla quale la trasformazione dell'austenite in martensite è ultimata (martensite finish) $Mf = Ms - 215 \text{ } ^\circ\text{C} = \dots \text{ } ^\circ\text{C} + 15$
Austenitizzazione	Operazione nel corso della quale il materiale viene portato ad una temperatura tale che la struttura diventa austenitica.
Atmosfera endotermica	Atmosfera di forno con un potenziale di carbonio regolabile.
Atmosfera esotermica	Atmosfera di forno prodotta esotermicamente e controllata in modo tale che non ossidi il materiale.
Auto tempra	Raffreddamento per conduzione termica verso le parti non riscaldate.
Auto temprante	Acciaio la cui temprabilità è tale per cui un raffreddamento in aria consente di conferire una struttura martensitica a dei pezzi di notevoli dimensioni.
Bonifica	Trattamento d'indurimento composto da tempra e rinvenimento per ottenere la combinazione ricercata delle proprietà meccaniche e una buona duttilità e tenacità. Vedere anche Tempra e Rinvenimento.
Capacità di raffreddamento	Attitudine di un mezzo (aria, olio, polimero, acqua, bagno di sale) a realizzare un determinato programma di raffreddamento.
Carbonitrurazione	Trattamento termochimico con lo scopo di ottenere un arricchimento superficiale di carbonio e azoto, elementi che innalzano la durezza.
Cementazione	Trattamento termochimico con lo scopo di ottenere un arricchimento superficiale di carbonio, elemento che innalza la durezza e contrasta l'usura.
Cementazione gassosa	Trattamento in un mezzo-ambiente gassoso.
Cementazione liquida	Trattamento in un bagno di sali fusi.
Cementazione solida	Trattamento in un mezzo-ambiente solido, si esegue in casse metalliche chiuse.
Cianurazione	Carbonitrurazione eseguita in un bagno di sali fusi contenente dei cianuri.
Ciclo termico	Evoluzione della temperatura in funzione del tempo.
Cromizzazione	Trattamento termochimico con lo scopo di ottenere un arricchimento superficiale di cromo.
Cromatura	Trattamento di rivestimento galvanico atto a depositare su barre rettificata, un film 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.
Decarburazione	Impoverimento di carbonio nello strato superficiale di un prodotto ferroso. Lo spessore dello strato impoverito può essere definito con riferimento ad uno stato strutturale o ad un livello di durezza oppure al tenore di carbonio del metallo base non alterato.
Deformazione	Alterazione della forma e delle dimensioni iniziali di un prodotto, nel corso dei trattamenti termici.
Diagramma di rinvenimento	Rappresentazione grafica del trattamento di rinvenimento comprendente la velocità di riscaldamento ed il tempo di permanenza alla temperatura stabilita.
Diagrammi di trasformazione	Insieme di curve tempo/temperature che definiscono per ciascun livello di temperatura, gli istanti iniziali e finali della trasformazione dell'austenite in condizioni isotermeche.
Diffusione	Operazione avente per scopo la diffusione verso l'interno del metallo base, d'elementi precedentemente introdotti in superficie.
Distensione	Trattamento eseguito allo scopo di ridurre le tensioni senza però ridurre la durezza. Generalmente si esegue a $50 \text{ } ^\circ\text{C}$ in meno rispetto all'ultimo rinvenimento eseguito sui pezzi o su prodotti temprati che si utilizzano con resistenze molto alte. Il raffreddamento va fatto in forno.

Definizione	Note sui Trattamenti Termici
Eutettico	1) reazione isoterma reversibile nella quale una soluzione liquida si trasforma mediante raffreddamento in due o più soluzioni solide intimamente miscelate. Il numero di fasi solide ottenute è pari a quello dei componenti del sistema. 2) struttura di una lega costituita da una miscela di soluzioni solide che si formano mediante reazione eutettica.
Fragilità	Si presenta in alcuni acciai temprati e rinvenuti dopo una permanenza ad una temperatura compresa tra 450-525 °C, oppure durante un raffreddamento lento entro tale intervallo. La f. causa perdita di tenacità.
Globulizzazione	Evoluzione geometrica delle particelle di carburi, quali le lamelle di cementite, verso la forma sferica stabile
Indurimento con tempra a cuore	Indurimento effettuato in modo tale che la profondità di indurimento non sia minore della distanza tra il cuore e la superficie del prodotto ferroso.
Indurimento secondario	Indurimento ottenuto in seguito ad uno o più rinvenimenti che fanno precipitare un composto o danno origine alla formazione di martensite oppure bainite trasformando l'austenite residua.
Ingrossamento del grano	Fenomeno normalmente causato da alte temperature, nettamente maggiori di Ac3.
Isotropia	Corpo le cui proprietà fisiche (es. caratteristiche meccaniche) sono identiche in tutte le direzioni.
Ledeburite	Aggregazione dei cristalli delle fasi solide d'austenite e cementite in una struttura "zebrata".
Nitrurazione	Trattamento termochimico con lo scopo di ottenere un arricchimento superficiale di azoto, elemento che innalza la durezza e contrasta l'usura.
Nitrurazione ionica	Bombardamento di ioni. La scarica luminescente avviene in una miscela gassosa, sotto una pressione minore di quella atmosferica, in cui il prodotto ferroso costituisce il catodo.
Nitrocarburazione	Si esegue ad una temperatura appena superiore a Ac3 (Ac1 per gli acciai ipereutetoidi C% > 0.80) seguita da raffreddamento in aria calma. Questo trattamento è sconsigliato per gli acciai da utensili e per quelli autotemperanti. 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.
Ossidazione	Precipitazione, a maggiore o minore profondità, verso l'interno del prodotto, di ossidi formati a partire dall'ossigeno diffusosi dalla superficie.
Patentamento	Trattamento termico di austenitizzazione seguita da un raffreddamento idoneo all'ottenimento di strutture favorevoli ad una successiva trafilatura o laminazione.
Patentamento in continuo	Quando le operazioni di riscaldamento e di raffreddamento avvengono in modo continuo.
Patentamento per immersione	Quando il materiale rimane avvolto in matasse, fasci o rotoli nel corso del trattamento termico. I mezzi di raffreddamento più comuni sono: aria, bagno di piombo, bagno di sali e letto fluido.
Polimero	Fluido sintetico composto d'acqua e prodotti organici ad alto peso molecolare (polimeri). La drasticità, con soluzione al 35%, di tempra è appena superiore a quella dell'olio e permette di trattare una maggior gamma di acciai, senza rischi di rotture. Questi bagni stanno sostituendo l'olio da tempra, più inquinante e costoso.
Preriscaldamento	Consiste nel portare e mantenere per un certo periodo di tempo il materiale ad una o più temperature intermedie tra la temperatura iniziale e quella massima programmata.
Profondità di cementazione	Distanza tra la superficie e lo strato la cui durezza Vickers, misurata sotto un carico di 9,81 N, è HV1 = 550.
Profondità di indurimento	Distanza tra la superficie e lo strato la cui durezza Vickers, misurata sotto un carico di 9,81 N, è uguale all'80% della durezza massima richiesta in superficie.
PWHT	Trattamento termico dopo saldatura (Post Weld Heat Treatment).
Raffreddamento	Condizioni nelle quali si effettua il raffreddamento di un prodotto sottraendo calore: natura e temperatura del mezzo-ambiente, movimenti relativi, ...
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.
Ricottura antifiocco	L'idrogeno dissolto nell'acciaio fuso, resta imprigionato durante la solidificazione e tentando di migrare verso l'esterno, a volte, può creare delle spaccature. Sottoponendo i prodotti ottenuti dai lingotti ad un trattamento termico di ricottura a 600 - 680 °C per parecchi giorni, seguito da un raffreddamento lento, è possibile ridurre la formazione di queste cricche denominate fiocchi. Il trattamento termico va eseguito per acciai al carbonio o legati con idrogeno (H2) superiore a 2 ppm. Sono meno sensibili ai fiocchi gli acciai da utensili dove anche 4 - 5 ppm di idrogeno non creano problemi.

Definizione	Note sui Trattamenti Termici
Ricottura completa	Si esegue a 20-50 °C sopra Ac3 (acciaio ipoeutettoide) o Ac1 (acciaio ipereutettoide). Sosta a queste temperature per 2 – 3 minuti ogni mm di spessore del pezzo da trattare. Raffreddamento molto lento nel campo di temperatura all'interno della gamma critica Ac3 – Ac1. Raffreddamento finale a temperatura ambiente con velocità più o meno rapida (5 – 30 °C/h) in funzione delle curve CCT.
Ricottura di lavorabilità	Viene eseguita a 30-50 °C sotto il punto Ac1. Questo trattamento non modifica la struttura ma conferisce un adeguato addolcimento e elimina le tensioni dovute a lavorazioni precedenti. Il raffreddamento (10 °C/h circa) può avvenire in forno o in aria.
Ricottura in bianco	Viene eseguita in un mezzo-ambiente (es. azoto) che evita l'ossidazione e conserva l'aspetto metallico iniziale del materiale.
Ricottura isoterma	Si esegue a 20-30 °C sopra Ac3 (acciaio ipoeutettoide) o Ac1 (acciaio ipereutettoide). Questo trattamento termico permette di rigenerare la struttura e di eliminare completamente eventuali incrudimenti. Gradiente di salita 50 °C/h, mantenimento a regime un'ora per pollice di spessore, i forni devono essere provvisti di circolazione ad aria forzata e il raffreddamento fin sotto Ac1 deve essere veloce fino alle temperature indicate dalle schede tecniche. Mantenimento fino alla completa trasformazione dell'austenite (vedere curve TTT) almeno per 2 ore poi scaricare in aria.
Ricottura di distensione	E' fatta a temperature fra 600 e 650 °C (meglio 650) con raffreddamento in forno fino a 250 – 300 °C e successivo scarico in aria.
Ricottura di ricristallizzazione	E' consigliata per il materiale laminato a freddo e va eseguita alla temperatura Ac1. Durante la laminazione, la struttura tende ad orientarsi verso la direzione della deformazione principale, la durezza aumenta e la capacità, dell'acciaio di essere sottoposto ad ulteriori lavorazioni come ad esempio la trafilatura, diminuisce.
Ricottura di omogeneizzazione	Si esegue a temperature elevate 1100 – 1200 °C e ha lo scopo di ridurre, mediante diffusione, le eterogeneità di composizione chimica dovute al fenomeno della segregazione. Rischi: bruciature e ingrossamento del grano.
Ricottura globulare subcritica	Per gli acciai ipoeutetoidi C < 0.83% destinati a lavorazione con asportazione di truciolo questo trattamento termico non è consigliato mentre è l'unico Ottimo trattamento termico per materiale destinato allo stampaggio a freddo e da estrusione. che può rendere lavorabili gli acciai ipereutetoidi C% 0,83 – 2,06. Si esegue ad una temperatura prossima ad Ac1 (-10 °C) ma servono tempi di permanenza molto lunghi, 1 h per ogni 10 mm di spessore del fascio di barre o laminato e fucinato dell'intera carica. Ottimo trattamento termico per materiale destinato allo stampaggio a freddo e da estrusione.
Rinvenimento	Trattamento termico al quale viene 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) Esperienza utile per i trattamentisti: considerando 0 la resistenza dopo 2 ore di rinvenimento, si vedano le variazioni in N/mm ² ottenute aumentando e diminuendo i tempi di permanenza. Durata rinvenimento h 30' 1 2 3 4 5 7 10 Variazione della resistenza N/mm ² +60 +30 0 -30 -45 -50 -60 -80
Riscaldamento	Innalzamento della temperatura di un prodotto con un gradiente termico prestabilito.
Rivestimenti antiusura	Deposito di strati sottili di composti durissimi e resistenti all'usura e alla corrosione. Citiamo alcuni <u>CVD</u> Chemical Vapour Deposition – deposizione chimica da fase vapore. <u>DLC</u> Diamond Like Carbon – deposito di diamante cristallino. <u>HIP</u> Hot Isostatic Pressing – pressatura isostatica (applicazione di calore e pressione ad un metallo) <u>PCD</u> Poli Crystalline Diamond – polvere di diamante sintetico (grafite, in pressione e alte temperature, mescolata con Co oppure Ni). <u>PVD</u> Physical Vapour Deposition – rivestimento a polverizzazione mediante deposizione fisica da fase vapore.
Silicizzazione	Trattamento termochimico con lo scopo di ottenere un arricchimento superficiale di silicio.
Solfocarbonitrurazione	Trattamento termochimico con lo scopo di ottenere un arricchimento superficiale di zolfo, carbonio e azoto.
Solubilizzazione	Tempra degli acciai austenitici. Trattamento generalmente condotto a 1000 – 1100 °C con successivo raffreddamento rapido in acqua o aria forzata.
Tempra	Operazione che consiste nel raffreddare un prodotto ferroso più rapidamente che in aria calma. E' buona norma non ricorrere ad un mezzo temprante 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. più drastico del necessario perché con maggiore è la velocità di raffreddamento, tanto 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, ariaforzata 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.

TRATTAMENTI TERMICI

Definizione	Note sui Trattamenti Termici																																								
Temprabilità	Attitudine dell'acciaio a dar luogo alle trasformazioni martensitica e/o bainitica.																																								
Tempo di permanenza	<p>Tempo che intercorre da quando il pezzo ha raggiunto la temperatura prestabilita a cuore e la successiva variazione di temperatura.</p> <p>Normalmente si utilizza una permanenza di ½ ora per pollice di spessore in fase di tempra e 1 h in fase di rinvenimento. Questi parametri sono validi per fucinati in genere e spessori oltre 50mm.</p> <p>Altro metodo per matasse, fasci e rotoli compatti:</p> <table border="1" data-bbox="422 492 1460 649"> <thead> <tr> <th>temperature</th> <th>K</th> <th>temperature</th> <th>K</th> <th>temperature</th> <th>K</th> <th>temperature</th> <th>K</th> <th>temperature</th> <th>K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>575 °C</td> <td>21</td> <td>650 °C</td> <td>31</td> <td>750 °C</td> <td>43</td> <td>825 °C</td> <td>51</td> <td>900 °C</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>600 °C</td> <td>25</td> <td>675 °C</td> <td>34</td> <td>775 °C</td> <td>46</td> <td>850 °C</td> <td>54</td> <td>925 °C</td> <td>63</td> </tr> <tr> <td>625 °C</td> <td>28</td> <td>700 °C</td> <td>37</td> <td>800 °C</td> <td>49</td> <td>875 °C</td> <td>57</td> <td>950 °C</td> <td>66</td> </tr> </tbody> </table> <p>Spessore maggiore mm / K = ore di permanenza attiva Esempio: per normalizzare un Ø 400 mm a 900 °C $400/60 = 6.6$ h # per matasse di tondi valgono i tempi dell'esempio e il Ø da considerare è quello del fascio circoscritto. E145 # per rotoli compatti, tempi base maggiorati del 50% # per fasci di barre compatte, tempi maggiorati del 30%</p>	temperature	K	temperature	K	temperature	K	temperature	K	temperature	K	575 °C	21	650 °C	31	750 °C	43	825 °C	51	900 °C	60	600 °C	25	675 °C	34	775 °C	46	850 °C	54	925 °C	63	625 °C	28	700 °C	37	800 °C	49	875 °C	57	950 °C	66
temperature	K	temperature	K	temperature	K	temperature	K	temperature	K																																
575 °C	21	650 °C	31	750 °C	43	825 °C	51	900 °C	60																																
600 °C	25	675 °C	34	775 °C	46	850 °C	54	925 °C	63																																
625 °C	28	700 °C	37	800 °C	49	875 °C	57	950 °C	66																																
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.																																								