

TEHNOLOGIA TRATAMENTELOR TERMICE SI TERMOCHIMICE

A. TRATAMENTE TERMICE

1. Clasificarea tratamentelor termice

Tratamentele termice se pot clasifica dupa mai mulți, criterii. Astfel, după scopul urmărit și locul pe care îl ocupa în procesul de fabricație, se deosebesc:

— tratamente termice preliminare (primare sau intermediare) în care se includ diferite tipuri de recoacere. Aceste tratamente se aplica lingourilor, pieselor turnate, pieselor forjate, ansamblurilor sudate, laminatelor etc.;

— tratamente termice finale sau secundare care cuprind operațiile de călire și de revenire. Se aplica diferitelor piese după prelucrări mecanice.

2. Recoacerea oțelurilor

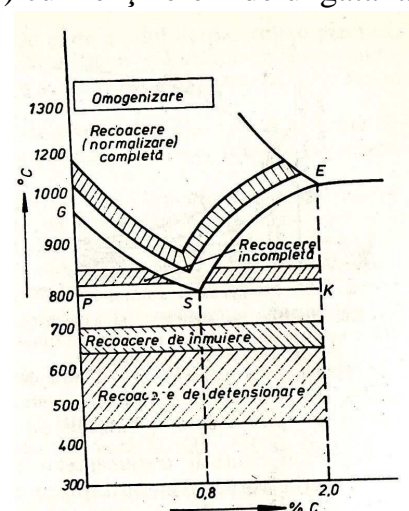
Recoacerea este tratamentul termic care constă în încălzirea produselor la temperaturi ridicate (care pot fi inferioare, superioare sau în intervalul de transformări în stare solidă), menținerea prelungită la această temperatură (sau la temperaturile oscilante într-un interval determinat), urmata de o răcire suficient de lentă pentru realizarea unui anumit echilibru fizico-chimic și structural. Recoacerea se aplica fie pentru a corecta unele defecte provenite de la prelucrări anterioare (turnare, deformare plastică), fie pentru a pregăti semifabricatele pentru prelucrări ulterioare, fie pentru a îndeplini ambele roluri simultan. În funcție de scopul urmărit recoacerea poate fi de: omogenizare, regenerare, recristalizare, înmuiere, detensionare, izoterma, de normalizare.

a. Recoacerea de omogenizare a produselor turnate. Structura pieselor turnate din materiale metalice se caracterizează printr-o puternică neomogenitate chimică (segregație), care se datorează faptului că răcirea are loc cu viteză mare iar procesele de difuziune nu au timp să se producă. În produsele turnate din oțel (lingouri și piese) poate apărea segregarea dendritică și zonală.

În cazul lingourilor, segregarea dendritică se manifestă prin reducerea capacității de deformare plastică la cald, printr-o sensibilitate mai mare la ruperea intercrystalină și prin accentuarea anizotropiei proprietăților semifabricatelor deformate la cald cum și a tendinței de apariția fulgilor. În piesele turnate, datorită segregării dendritice, se micșorează alungirea relativă, gătuirea și reziliența.

Atenuarea segregării dendritice la lingouri din oțeluri aliate se poate obține printr-o încălzire la temperaturi ridicate (1050-1250°C) cu menținere îndelungată la această temperatură (10-20 h). Atât încălzirea cât și răcirea se fac lent, ceea ce mărește substanțial întregul ciclu, dacă se are în vedere că numai încălzirea la temperaturi de recoacere durează 30-40 h.

Recoacerea de omogenizare se aplica cu precădere produselor turnate masive (lingouri și piese) din oțeluri complexe aliate CrNiMo, CrMnSi, CrMnMo) și reduce fragilitatea la roșu în timpul laminării la cald.



b. Recoacerea de regenerare. Acest tratament termic se aplica aliajelor care prezintă transformări în stare solidă (polimorfe, eutectoide sau peritectoide) în măsura să producă recristalizări de fază parțiale sau totale. Ca urmare a acestor transformări, la prelucrarea prin deformare plastică la cald pot apărea modificări structurale (creșterea granulației secundare, formarea unor constituente structurale în afara de echilibru etc.) care pot fi neconvenabile prelucrărilor ulterioare sau folosirii produselor respective în exploatare.

În piesele turnate, granulația grosolană provine direct din solidificare, iar la oțelurile cu conținut scăzut de carbon se observă graunți mari de ferită.

Recoacerea de regenerare sau complete constă în încălzirea oțelurilor la temperaturi cu 30-50°C deasupra punctului A_{c3} și menținerea de scurtă durată. Răcirea se efectuează în cuptor astfel încât să se asigure o viteză de răcire de 50-100°C/h în intervalul critic A_{r3} — A_{r1} sau pînă la temperatura de circa 600°C, răcirea mai departe pînă la temperatura ambiantă se face în aer liber.

Pentru a se evita apariția tensiunilor termice, răcirea dirijată se continuă cu răcirea liberă în cuptoare pînă la circa 400°C și apoi în aer.

c. Recoacerea de normalizare. Normalizarea este tratamentul termic care constă în încălzirea oțelurilor pentru austenitizare la temperaturi care depășesc punctul critic A_{c3} cu 50-70°C în cazul oțelurilor hipoeutectoide sau A_{c1} în cazul oțelurilor hipereutectoide urmata de răcire directă în aer finisat sau ventilat.

La răcirea în aer liniștit, subrăcirea oțelurilor carbon este mică, incit descompunerea austenitei în treapta perlitică decurge complet pînă la sfîrlit. Ca urmare, oțelurile hipoeutectoide prezintă după normalizare o structură forito-perlitică, iar oțelurile eutectoide și cele hipereutectoide o structură de perlite sorbitică.

Normalizarea oțelurilor se aplică pe scară largă în industrie atît ca tratament termic intermediar sau în combinație cu alte prelucrări sau tratamente termice cit și tratament termic final.

Prin normalizare se îmbunătățesc în mod simțitor caracteristicile mecanice ale oțelului cum sînt limita de curgere, rezistența de rupere la tracțiune, alungirea relativă și reziliența. ture cit și caracteristicile mecanice. Acest lucru este determinat de faptul că la normalizare, cantitatea de perlita care se separă la răcire este mai mică decît la recoacere. Intrucît duritatea perlitic este mai mare decît a feritei, rezultă că oțelul normalizat va avea duritatea mai mare decît cel recoapt.

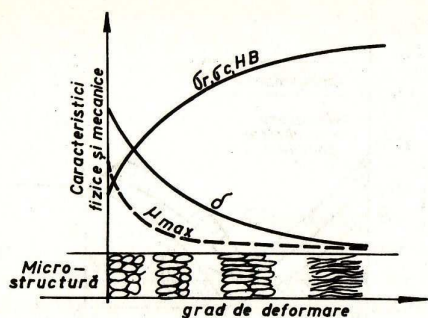


Fig. 3.2. Modificarea structurii și a proprietăților materialelor metalice ecrusate în funcție de gradul de deformare:

σ_r — rezistența la rupere; σ_c — limita de curgere; HB — duritatea Brinell; δ — alungirea; μ — permeabilitatea magnetică.

De menționat și faptul că tratamentul termic de normalizare este mai ieftin decît cel de recoacere, deoarece are un ciclu mai scurt și se execută mai ușor. Controlul calitatii tratamentelor termice de recoacere sau normalizare se face prin verificarea durității ce trebuie să corespundă indicațiilor din STAS. Dacă normalizarea este tratamentul termic final, atunci se mai efectuează și controlul microstructurii și al proprietăților mecanice prevăzute în normele tehnice.

d. Recoacerea de recristalizare. Prin deformare plastica la temperaturi inferioare temperaturii de recristalizare a materialului metalic considerat, acesta trece intr-o stare in afara de echilibrul structural si fizico-mecanic numita *ecruisare*. Prin recoacerea de recristalizare se urmareste eliminarea partiala sau totala a starii ecrusate a materialului, formarea unor graunți noi nedeformați, si obtinerea plasticității si tenacitati inițiale (fig. alaturata). Concomitent se restabilesc si unele proprietati fizice dependente de gradul de tensionare al rețelei cristaline din interiorul blocurilor (de exemplu, rezistivitatea electrica).

Încălzirea la temperaturi mai ridicate determina o crestere a mobilitatii atomilor, a difuziunii si permite refacerea structurii. Formarea de noi generati de graunți poliedri se numeste *recristalizare*.

temperatura la care incepe recristalizarea este fiecarui material in parte, putand fi determinata cu relatia :

$$T_{rec} = \beta T_{top} [K]$$

unde β este un coeficient de proportionalitate cuprins intre 0.35 si 0.60.

modificarea structurii datorita recristalizarii este insotita si de modificarea corespunzătoare a caracteristicilor mecanice si fizice cu evolutia spre starea de echilibru (fig.) sunt si unele materiale si aliaje care se abat de la acesta regulă ar fi bronzurile cu aluminiu si aliajele care durifica in cursul relasării. Temperatura de recristalizare depinde si de gradul de deformare plastica. Cu cat acest grad este mai mare cu atat farimitarea graunților va fi mai mare, instabilitate sporita a starii de ecrusate si deci recristalizarea va avea loc la temperaturi mai seazute.

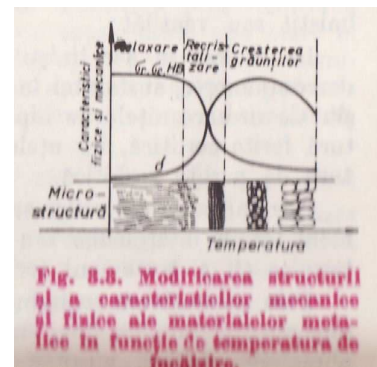


Fig. 8.8. Modificarea structurii și a caracteristicilor mecanice și fizice ale materialelor metalice în funcție de temperatura de încălzire.

Recoacerea de recristalizare se aplica produselor din otel sub forma de table, benzi, tevi, bare si sirme trase sau trefilate la rece, precum si pieselor ambutisate si matritate la rece. Temperatura de recristalizare a otelurilor este influentata in mare masura de continutul de carbon si de elemente de aliere. Astfel, otelurile carbon si slab aliate recristalizeaza la temperaturi de 400-500°C, otelurile feritice la 550-650°C iar cele austenitice la 700-500°C. In cazul otelurilor cu grad de deformare neuniforme (sub 20%), recoacerea de recristalizare va fi precum data de o normalizare la 900-950°C pentru obtinerea unei granularii feritice fine.

e. Recoacerea de detensionare. Recoacerea de detensionare consta in încălzirea otelului cu viteza mica pina la temperaturi de 500-575°C, mentinerea unui timp de 0,5-5 h, in functie de material si de prelucrare anterioara, urmata de răcirea cu viteze mici 20-40°C/h pina la 100-150°C, apoi răcirea in aer linistit. Acest tip de recoacere se produce fara transformări fizice, obtinindu-se numai reducerea tensiunilor si imbunatatirea structurii initiale. Se supun detensionarii produsele din otel după turnare, sudare, deformare plastica la rece, călire si prelucrare prin aschiere. Detensionarea inainte si infra operatiunile de prelucrare prin aschiere aplicate unor piese ca blocuri de motor, camasi de cilindru, arbore cotiti, roți dintate etc. are ca scop sa evite deformările datorita tensiunilor provocate prin schimbarea formei la indepartarea materialului sub forma de aschi.

f. Recoacerea de globulizare. Recoacerea de globulizare este o recoacere incompleta si se aplica otelurilor eutectoide si hipereutectoide pentru obținerea unei partite

globulare. Operatia consta in încălzirea otelului la temperatura de A_{c1} cu cit otelul are mai patin carbon, mentonarea la aceasta temperatura citeva ore, finctie de compozitia chimica si de dimendiunile piesei urmata de fe o răcire ceare se face la dirijata cu $20-50^{\circ}C/h$ la otelurile nealiatesi cu $10-20^{\circ}C/h$ in cazul otelurilor aaliate racireadirijata se face pana la $600-6500^{\circ}C$, după care se raceste liber cu cupturul.

recoacerea de globalizare se aplica cu scopul de a micșora duritatea fi globalizare se poate efectua si prin pendulare cu încălzire deasupra punctul A_1 urmata fie de o răcire foarte lenta in cuptor in vederea tratamentelor tehnice ulterioare.

recoacere incompleta sau de normalizare se imbunatatesc In mod simtitor caracteristicile de prelucrabilitate prin aschiere a otelurilor din aceste grupe. Recoacerea **izotermi**. Recoacerea izoterma este tratamentul termic care consta dintr-o incalzire de austenitizare urmata de o racire

Prin recoacere izoterma se obtin structuri cu un anumit grad de finete In oteluri nealiate si slab aliate pentru constructii precum si pentru scule cu continutul mediu si ridicat de carbon.

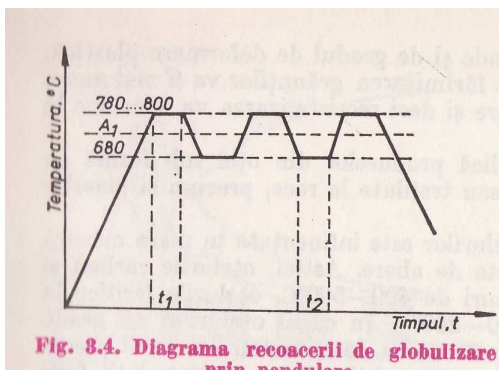


Fig. 3.4. Diagrama recoacerii de globalizare prin pendulare

g. Recoacerea izoterma se aplica cu avantaje economice si tehnice in conti- nuarea prelucrării prin deformare plastica la cald (laminare, forjare) In mod doosebit otelurilor susceptibile de formarea fulgilor.

Racirea semifabricatelor imediat dupa laminare sau forjare pina la o temperatura cuprinsa in intervalul matematic determina aparitia fulgilor. Pericolul formarii fulgilor nu se Inlatura complete nice prin efectuarea racirii in gropi cu nisip sau cu cenusa.

Prin aplicarea recoacerii izoterme care consta in racirea semifabricatelor dups anumite cicluri, stabilite experimental functie de compozitia chimica a otelurilor si dimensiunile pieselor, se evita aparitia fulgilor si totodata se obtine o structura adevarata prelucrării ulterioare (fig. 3.5).

3. Calirea si revenirea otelurilor

a. Calirea. 1) In general se supun *tratamentului termic de calire* otelurile ccarbon si aliate cu continut de carbon mai mare de $0,15-0,20\%$ cu scopul obtinerii unei structuri martensitice. Se excepteaza otelurile austenitice care se supun calirii pentru punere In solutes si cele feritice necalite, precum si otelurile calite izoterm pentru bainita

Martensita obtinuta la calire reprezinta o structura afara de echilibru dar este foarte stabila chiar si la temperatura ambianta. De aceea, pentru a se obtino o structura mai aproapeiata de stareade echilibru sint necesare actiuni exterioare cum sunt : deformare plastica incalzirea materialelor calite etc ,care permit obtinerea unei stari numita de revenir.

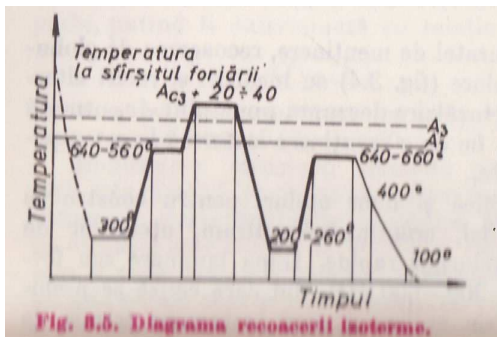


Fig. 3.5. Diagrama recoacerii izoterme.

prin obtinerea structuri martensitice se urmareste fie asigurarea unei duritati mari in special la stratul superficial; si produselor trateate, fie asigurare dupa aplicarea trratamentului ulterior de revenire a uni structuri cu tenacitate ridicata si duritate moderata. Caracteristicilor mecanice ale produselor calite si revenite sint superioare celor obtinute prin recoacere sau normalizare,

tratamente termice care permit obtinerea, unor duritati apropiate.

Prin calire se poate obtine o structura martensitica pe o adincinime maree sau chiar In toata sectiunea produsului (calirea volumica) sau numai in straturile superficiale pe o anumita adincime (calire superficiala).

Otelurile carbon de imbunatatire se supun calirii cu austenitizare completa. In acest scop, temperatura de incalzire pentru calire este situata cu 30-50°C peste punctul Ac_3 , temperaturile minime fiind caracteristice pieselor cu pereti subtiri si loturi mici, iar cele superioare pentru piesee groase si loturi mari. Durata de mentinere este de 1-2 min/mm grosime de material ,functie de modul de asezare a pieselor in cuptor.

2) Obtinerea unei structuri de calire corespunzatoare depinde *parmetri tehnologici* ai tratamentului termic (viteza, temperatura, durata incccalziri, viteza si durata de racire) cit si de *condiile de lucru* (medii de incccalzire si de racire, procedee aplicate).

a) *Viteza de inclzire* se alege In functie de conductivitatea termica, de dimensiunile si forma piesei si de structura initiala.

Marimea vitezei de incalzire se poate determina cu ajutorul unor relati se recomanda insa ca pentru fiecare otel sa se determine, prin Incercari practice, valoarea optima a vitezei de Incalzire.

b) *Temperatura de incalzire* se determina In functie de: compozitia chimica a materialului, conditiile de racire, forma si dimensiunile produselor.

In cazul otelurilor carbon, temperatura optima de Incalzire se determina cu ajutorul diagramei fier-carbon, portiunea hasurata din figura 3.6. La oteluri hipoeutectoide, temperatura de incalzire pentru calire este de 30-50 C deasupra punctului Ac_3 , iar pentru otelurile eutectoide si hiperoutectoide cu 20-40°C deasupra punctului Ac_1 .

Pentru otelurile aliate si

inalt aliate, tompertura de incalzire se stsbileste fie in raport de val. Tempt. S punctelot Acem fie prin incercari de calire pe eprubete

g. Durata de mentinere la durata de incalzire trebuie sa asigure uniformizarea temperature I sectiuneaa piesei .

h. In practica durata de mentinere de mentinere pentru egalizarea temperature profusului se adopta inre $\frac{1}{4}$ si $\frac{1}{5}$ din durat-ta incalziri pana la temp prescrisa .

i. Pentru otelurile aliate cu elemente care formeaza carburi [Cr Mo Ti V W] durata de egalizare se prelungeste cu 30%

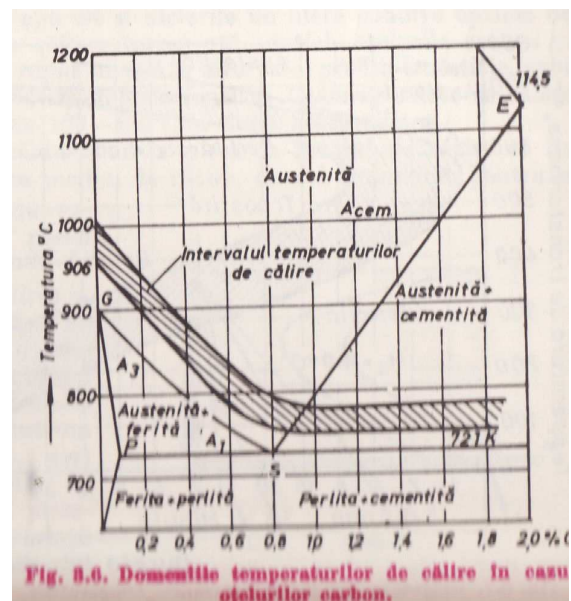


Fig. 3.6. Domeniile temperaturilor de călire în cazul oțelurilor carbon.