

Izdelava rekristalizacijskih diagramov

Strukturne spremembe pri popravi (rekreaciji) kristalov in rekristalizaciji so v neposredni zvezi s stopnjo deformacije in temperaturo žarjenja za rekristalizacijo, zato je izdelava rekristalizacijskih diagramov izrednega pomena predvsem za hladno predelavo posameznih vrst jekel, ker nazorno kažejo medsebojno odvisnost stopnje deformacije, temperature rekristalizacije in velikosti rekristaliziranega zrna; istočasno s strukturnimi spremembami pa nastopijo tudi spremembe lastnosti jekel.

UVOD

Poslabšanje mehanskih in fizikalnih lastnosti ter strukture, ki nastane zaradi hladne deformacije, lahko odstranimo delno ali popolnoma, kar je odvisno od temperature žarjenja oziroma rekristalizacije. Če pri takšni toplotni obdelavi dobimo samo željene mehanske lastnosti, govorimo o popravi kristalov, če pa se spremeni še struktura, pa imamo rekristalizacijo. Poprava kristalov in rekristalizacija sta termodinamična procesa in sicer se pri teh dveh procesih odstrani nakopičena energija, ki jo je kovina dobila pri hladni predelavi.

Ce segrevamo kovino, ki je hladno deformirana, na temperaturo, ki je nižja od rekristalizacijske, dobimo druge mehanske in fizikalne lastnosti. Zniža se trdnost, naraste raztezek, zmanjša se električni upor itd. Ne spremeni se pa struktura, torej imamo proces poprave ali rekreacije kristalov, pri katerem vrnemo kovini njene tehnološke, mehanske in deloma fizikalne lastnosti brez spremembe kristalne strukture. Samo popravili smo kristale, nismo jih pa spremenili.

Pri segrevanju hladno deformirane kovine do dovolj visoke temperature, začno po določenem času nastajati kali z nepoškodovano rešetko in se vraščajo v deformirano strukturo ter jo postopoma uničujejo. Tako nastali novi kristali rastejo in ko pride do stika med njimi, se lahko zelo povečajo (sekundarna rekristalizacija). Zato rekristalizacijo lahko razdelimo na: primarno rekristalizacijo (nastanek kali in rast jedra), rast zrna in sekundarno rekristalizacijo, ki je škodljiva, ker nastanejo zelo grobi kristali. Sekundarni rekristalizaciji se izognemo s skrajšanjem časa segrevanja.

REKRISTALIZACIJSKI DIAGRAMI

Za rekristalizacijo je potrebna določena kritična stopnja predelave, ki jo je dobila kovina pred primarno rekristalizacijo. Za različne stopnje predelave pa je potrebno ugotoviti tudi primerno

temperaturo žarjenja, zato lahko rečemo, da imamo za vsako stopnjo deformacije določeno kritično temperaturo rekristalizacije. Če je stopnja deformacije premajhna, pod kritično stopnjo, nastanejo pri rekristalizaciji zelo groba zrna; pravstanejo pri rekristalizaciji zelo groba zrna; prav tako pa nastane tudi grobo zrnata struktura, če je temperatura žarjenja višja od kritične temperature rekristalizacije. Zelo je treba paziti na režim segrevanja. Če se ogreva počasi, nastanejo večja zrna, kot če se ogreva hitreje na isto temperaturo.

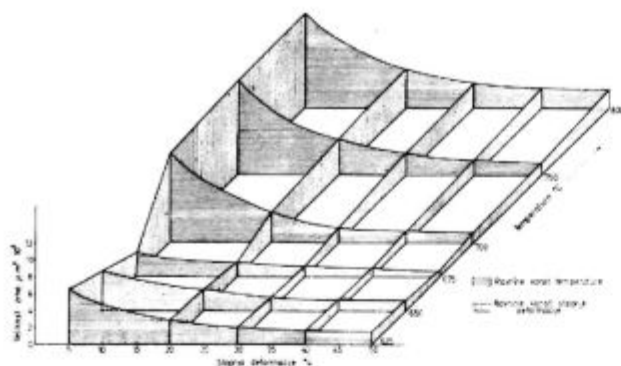
Rekristalizacijski diagrami združijo oba procesa — primarno rekristalizacijo in rast zrna. Na teh diagramih je pokazana odvisnost velikosti zrna od stopnje deformacije in rekristalizacijske temperature. V glavnem je zrno večje pri manjši stopnji deformacije, če je bila temperatura žarjenja dovolj visoka, da je sploh lahko nastopila rekristalizacija.

Potrebna rekristalizacijska temperatura je nižja pri večji stopnji deformacije. Z drugimi besedami rečeno, aktivacijska energija, ki je potrebna za začetek rekristalizacije, je lahko manjša, če se je nakopičilo več notranje energije pri hladni deformaciji. Omeniti je treba, da pri zelo majhnih stopnjah deformacije sploh ne pride do rekristalizacije zaradi neznatne notranje energije, ker praktično ni nobenega padca energije.

Rekristalizacijski diagrami se izdelajo tako, da se z različnimi stopnjami deformacije predelana kovina, ogreje na različne temperature in se po končani rekristalizaciji izmeri velikost zrna.

Rekristalizacijski diagram za jeklo Č4961

Iz rekristalizacijskega diagrama (slika 1) se vidi, da je najugodnejša temperatura rekristalizacije 675° C. Pod to temperaturo sicer že nastopi izboljšanje lastnosti, vendar pa zrno še ostane grobo, zato lahko rečemo, da imamo pri temperaturah, ki so nižje od 675° C popravo kristalov in že delno rekristalizacijo. Torej nekako v temperaturnem območju 625—675° C nastane prepletanje obeh procesov: poprave kristalov in rekristalizacije. Pri temperaturah nad 675° C pa nastanejo že večja zrna in iz diagrama se vidi, da je kritična temperatura rekristalizacije 700° C. Pravtako se iz diagrama razbere, da nastanejo po rekristalizaciji finjša zrna pri predhodni večji stopnji deformacije. Za jeklo Č4961 je kritična stopnja deformacije 25%, pod to velikostjo nastanejo že zelo groba zrna.



Slika 1

rekristalizacijski diagram za jeklo Č-4961 (23 % Cr; 5,5 % Al)

Zelo važen je tudi čas žarjenja. Pri predolgem času rekristalizacije, kot sem že omenil, nastopi sekundarna rekristalizacija ter dobimo zelo groba zrna. Izbrati je minimalno potreben čas, ki pa je v glavnem odvisen od vrste materiala. Za jeklo Č-4961 je najugodnejši čas držanja na rekristalizacijski temperaturi 675° C pri 30 % stopnji deformacije približno 30 minut.

Iz tabele 1 se vidi, kakšne so mehanske lastnosti pri hladno deformiranem jeklu, potem po popravilu kristalov pri 600° C in po rekristalizaciji pri 675° C. Vzeta je povprečna vrednost 25 vzorcev.

Tabela 1

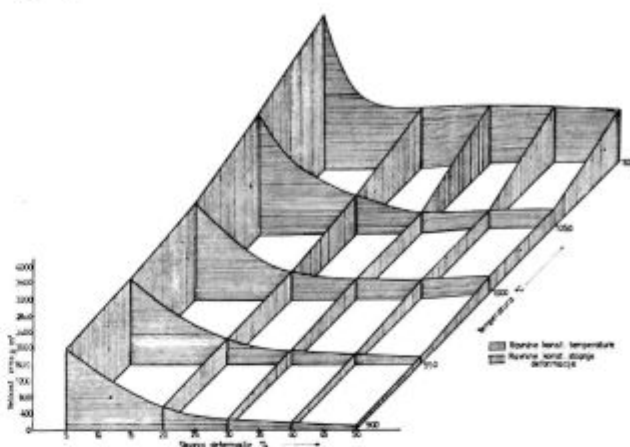
Stanje jekla	σ_s , kp/mm ²	σ_m , kp/mm ²	δ %	ψ %
Hladno deformirano (30 % stopnja deformacije)	91,5	102,3	15,4	49,2
Poprava kristalov pri 600° C (30 min.)	63,0	77,4	23,9	57,7
Rekristalizacija pri 675° C (30 min.)	54,0	70,1	29,5	66,4

Iz rezultatov, ki so v tabeli 1, se vidi, da ima jeklo, ki je hladno deformirano visoko trdnost in nizek raztezek. S pravilno termično obdelavo se zniža trdnost na željeno vrednost, hkrati pa se poveča raztezek in razpotegnjena trakasta struktura jekla se spremeni v enakomerne drobnostne kristale.

Rekristalizacijski diagram za jeklo Č-4561

Na sliki 2 je rekristalizacijski diagram za jeklo Č-4561. Iz diagrama se vidi, da je kritična temperatura rekristalizacije 1070° C in kritična stopnja deformacije 20 % stopnja deformacije in termične obdelave, ki mora biti v mejah od 900° C do 1050° C. Pod to temperaturo (poiskus je bil narejen pri 850° C) dobimo še rapotegnjeno vlečeno strukturo. Čas žarjenja je tudi pri tem jeklu približno 30 mi-

nut, po žarjenju pa je jeklo potrebno ohladiti v vodi. V tabeli 2 so vrednosti za mehanske lastnosti hladno predelanega in rekristaliziranega jekla (povprečna vrednost za 25 vzorcev).



Slika 2

rekristalizacijski diagram za jeklo Č-4561 (21% Cr; 30 % Ni)

Tabela 2

Stanje jekla	σ_s , kp/mm ²	σ_m , kp/mm ²	δ %	ψ %
Hladno deformirano (40 % stopnja deformacije)	71,4	99,5	19,3	51,2
Poprava kristalov pri 850° C (30 minut)	39,4	71,3	40,0	64,6
Rekristalizacija pri 1000° C (30 minut)	34,2	66,8	46,5	70,1

Vpliv temperature valjanja na velikost zrna pri jeklu Č-4561

Na velikost zrna pri jeklu Č-4561 ima odločilni vpliv tudi temperatura valjanja. Pri tem jeklu se grobega zrna, ki nastane zaradi nepravilne temperature valjanja, ne da popraviti z nobeno termično obdelavo. Takšno jeklo je potrebno ponovno predelati v vročem, kar pa največkrat ni tehnično izvedljivo (žica). Da se izognemo grobem zrnju, je treba izbrati pravilen režim ogrevanja in valjanja. Če so začetne temperature valjanja visoke, postaja z naraščanjem končne temperature valjanja struktura pri termični obdelavi vse bolj grobozrnata in nehomogena. Če znižamo končno temperaturo valjanja, se zmanjša stopnja nehomogenosti in velikost zrna. Čim višja je začetna temperatura valjanja, tem nižja mora biti končna temperatura valjanja, da dobimo drobno zrno in homogeno strukturo po termični obdelavi. Poizkusi so pokazali, da mora biti pri začetni tempe-

raturi valjanja 1150° C končna temperatura valjanja 960° C; pri začetni temperaturi valjanja 1100° C pa končna temperatura valjanja 1000° C.

Če valjamo pri zelo nizki začetni temperaturi (1000° C) postane zrno pri termični obdelavi pri višjih temperaturah kot je temperatura valjanja, npr. 1050° C zelo nehomogeno po malih stiskih ter čezmerno drobno po srednjih in velikih stiskih.

Če je začetna in končna temperatura valjanja znatno višja kot temperatura termične obdelave, je struktura po termični obdelavi grobo zrnata in nehomogena. Ugodno je, če je začetna temperatura valjanja znatno višja in končna temperatura znatno nižja od temperature termične obdelave, ker tedaj dobimo pri pravilni termični obdelavi drobno zrno. Najbolj homogeno strukturo se dobi tedaj, kadar ležita začetna in končna temperatura valjanja blizu temperature termične obdelave.

Pri valjanju z nekoliko prevleki je struktura odvisna v glavnem od režima ogrevanja in valjanja. Število prevlekov in razdelitev stiskov na posamezne prevleke bistveno ne vpliva na strukturo. Čim večji je stisk pri valjanju, tem bolj drobno zrno dobimo. Nehomogenost strukture, ki nastane

ne pri termični obdelavi močno deformiranega jekla, gre na račun povečanja količine zelo drobnih zrn. Nasprotno nastanejo pri sorazmerno majhnih stiskih zelo groba zrna. Čim večji je stisk, tem večji so tudi kontrasti med velikostjo zrna na površini in v sredini.

ZAKLJUČEK

Izdelava rekristalizacijskih diagramov je izrednega pomena predvsem za posebne vrste jekel, ki imajo specifično uporabo. V našem primeru sta bili obravnavani dve vrsti ognjeodpornih jekel, ki se po valjanju predelujeta še z vlečenjem v hladnem. Iz izdelanih diagramov se vidi, v katerem območju naj poteka hladna predelava in kakšna naj bo pri tem rekristalizacijska temperatura. V primeru, da pri pravilni hladni deformaciji in rekristalizaciji ne dosežemo želene strukture in lastnosti, je potrebno poiskati vzrok pri predelavi v vročem ali pa celo pri izdelavi šarže. Torej, rekristalizacijski diagrami ne predpisujejo samo tehnologije predelave, ampak so lahko tudi signalizatorji za odpravo pomanjkljivosti pri izdelavi jekla.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Strukturänderungen bei Rekristallisation der Kristalle und Rekristallisation sind in unmittelbarer Verbindung mit dem Grade der Deformation und der Glühtemperatur für die Rekristallisation, deswegen ist die Ausarbeitung von Rekristallisationsdiagrammen von ausserordentlicher Bedeutung vor allem für die kalte Verarbeitung der einzelnen Stahlsorten, da sie anschaulich die gegenseitige

Abhängigkeit des Deformationsgrades, die Temperatur der Rekristallisation und die Grösse des rekristallisierten Kornes zeigen.

Gleichzeitig mit den strukturellen Änderungen treten aber auch die Änderungen der Eigenschaften des Stahles auf.

SUMMARY

Structural changes at recrystallization are connected with degree of deformation and annealing temperature directly. Drawing of recrystallization diagrams is therefore very important especially for cold worked steels. These

diagrams shown clearly interrelation among degree of deformation, recrystallization temperature and size of recrystallized grain. With the structural changes also properties of steel are changed.