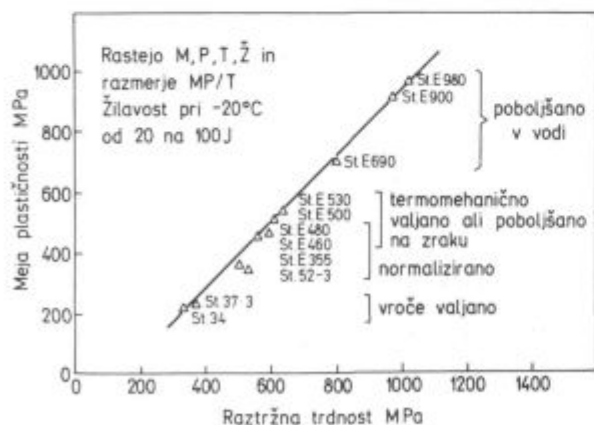


O RAZVOJNIH MOČNOSTIH JEKEL IN NEKATERIH POSEBNIH ZLITIN TER POSTOPKOV ZA NJIHOVO IZDELAVO, ULIVANJE IN PLEMENITENJE

F. Vodopivec, O. Kürner in A. Lagoja, F. Grešovnik in A. Rodič, S. Senčič in F. Vizjak

1. UVOD

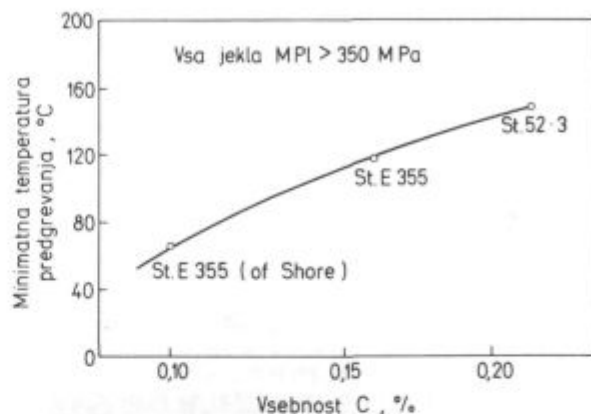
Sodobne statistike kažejo, da se proizvodnja jekla po približno parabolični krivulji približuje v vsaki državi neki optimalni vrednosti, ki je kompromis med porabo, gospodarsko proizvodnjo in politično neodvisnostjo (1). V zapadnih državah, kjer je proizvodnja zrastle preko naravnih potreb in odkoder se je veliko jekla izvažalo v države v razvoju v surovem stanju in v obliki strojev, naprav in konstrukcij, pa proizvodnja celo pada. Objektivni pregled statistik pa odkrije, da zmanjšanje količine proizvedenega jekla ne pomeni tudi enakovrednega padca dejanske porabe jekla kot gradiva. To lepo pokažeta dva primera. Z uvedbo kontinuirnega litja se je izplen pri proizvodnji jekla dvignil v zadnjih 15 letih od okoli 78 na 92 %. Zato je sedaj pri enaki teži jekla, ki je ulito iz peči, na voljo 14 % več valjanih proizvodov kot popreje, ko se je jeklo ulivajo v bloke. Po vojni je imelo varivo jeklo za nosilne konstrukcije mejo plastičnosti največ 350 MPa, danes imamo variva jekla za iste namene z mejo plastičnosti 700 MPa ali celo blizu 1000 MPa (sl. 1) ob povečani žilavosti in nižji prehodni temperaturi žilavi krhki lom. To pomeni, da so jeklene konstrukcije dvakrat lažje in se zanje porabi dvakrat manj jekla. Zelo je pomembno, da se enaka trdnost dosega pri nižjem ogljiku, to pa zniža temperaturo



Slika 1

Evolucija trdnosti varivih gradbenih jekel od leta 1960 naprej.

Predavanje na 36. Posvetu o metalurgiji in kovinskih gradivih, Portorož, 2. in 3. oktober 1986



Slika 2

Odvisnost med količino ogljika in minimalno temperaturo predgrevanja za jekla iz istega trdnostnega razreda.

predgrevanja pri varjenju in tudi sicer poveča varivost jekla (sl. 2).

V razvitih državah se je uporaba sodobnih jekel z veliko trdnostjo že močno uveljavila. Pri avtomobilu je mogoče na primer z uporabo visokotrdnih jekel prihraniti do 20 % na teži pri enaki trdnosti in togosti (3, 4, 5). Podobno velja tudi pri gradbenih konstrukcijah, kjer napredek temelji na izkoriščanju večje trdnosti in varnejšega dimenzioniranja na osnovi metod lomne mehanike.

Pri nas pri uporabi visokotrdnih jekel nekoliko zaostajamo za razvitimi državami praktično na vseh področjih. Še posebej velja to za SR Slovenijo, kjer je struktura industrije taka, da porabi premalo plemenitih jekel, tudi jekel iz programa proizvodnje SZ. V SZ se že danes po sodobnih metodah uspešno proizvaja velika večina jekel, ki so temelj sodobne elektro in strojne industrije v razvitih državah, od visokotrdnih pločevin, preko jekel za hladno in vroče kovanje, avtomatnih jekel, jekel za termično obdelavo, orodnih jekel in drugih, poraba v SR Sloveniji pa je še preveč usmerjena v masovne kvalitete. Zato je potrebno, da se izvrši prestrukturiranje porabe jekla v prid uporabe večjega deleža plemenitih jekel v vseh vejah kovinsko predelovalne in strojne industrije. Položaj jekla kot osnovnega gradiva za te veje industrije ni ogrožen tudi v bodočnosti (1), tudi ni položaj jekla ogrožen v avtomobilski industriji (3, 4, 5), kjer se pričakuje, da bo z uvedbo novih materialov, predvsem pa z večjim deležem uporabe jekel z visoko trdnostjo v avtomobilu bodočnosti material na osnovi železa predstavljal 50 do 55 % celotne teže. Za primerjavo povemo, da je v sedanjem Golfu teža delov iz železovih materialov okoli 68 %.

Ker je zagotovljeno, da bo jeklo tudi v bodočnosti osnovno gradivo kvalitetne industrije strojev in naprav, ker imamo znanje in izkušnje, je upravičeno, da se načrtuje razvoj proizvodnje jekla v SR Sloveniji v že sprejeti smeri povečanja količine tistih vrst jekla in izdelkov, za proizvodnjo katerih je potrebno več znanja in dela in pri enaki teži prinašajo večji zaslužek. Železarji pričā-

kujemo, da v bodočnosti poraba jekla v SR Sloveniji ne bo več capljala za proizvodnjo, temveč da bodo prav porabniki silili železarje k osvajanju novih in bolj kvalitetnih materialov, ne pa da bo narobe kot do sedaj.

Na teh spoznanjih sloni tudi načrtovanje razvoja proizvodnje novih materialov v SZ, kjer bomo nadaljevali z usmeritvijo, ki nam bo zagotavljala gospodarno proizvodnjo kvalitetnih jekel, prilagojeno možnostim prodaje doma in v izvozu. Zavedamo pa se, da je potrebno še bolj intenzivno kot do sedaj razvijati nove materiale in tehnologije, ki bodo naše proizvode napravili bolj trdne, bolj odporne proti koroziji in obrabi ter sposobne za gospodarno uporabo v novih napravah in tehnologijah, ki se bodo še razvile na vseh področjih uporabe jekla.

2. IZHODIŠČE

V tuji strokovni literaturi najdemo številne podatke o razvoju materialov in tehnologij za bodočnost, nekatere vire smo že omenili, druge pa še bomo v nadaljevanju tega sestavka. Ministrstvo za raziskave in tehnologijo ZR Nemčije navaja v posebni brošuri (6), da ima ZR Nemčija tradicionalno močan položaj na področju konvencionalnih konstrukcijskih materialov, ki so temeljnega pomena za industrijo strojev, prometnih sredstev, procesne in investicijske opreme, energetiko in gospodinske naprave, da pa bo ta položaj mogoče ohraniti samo z intenzivnim lastnim razvojem materialov, ker se je težko enakovredno vključiti v sodobne mednarodne projekte. Podpiralo bo samo uporabno usmerjene osnovne raziskave na omejenem številu projektov, ki bodo hitro uresničene v proizvodnji. Ministrstvo zagotavlja za vse projekte le 50 % financiranja, drugo mora prispevati industrija, razen če gre za popolnoma nove ideje, za uresničitev katerih je potrebno nadpovprečno veliko osnovnih raziskav. Z obveznim sofinanciranjem se zagotavlja, da industrija usmerja raziskave in ne dovoljuje, da bi svrha dela postala predvsem obogatitev bibliografije raziskovalcev.

Pri sestavi plana raziskovalne dejavnosti za obdobje 1986–1990 smo v RSS izhajali iz drugačnih načel in le za cca 1/5 programa, ki se financira iz PoRSov, vpeljali sofinanciranje kot kriterij za pridobitev sredstev zbranih s prispevno stopnjo. Tudi sicer smo relativno malo gledali na udržitven položaja klasičnih proizvodov.

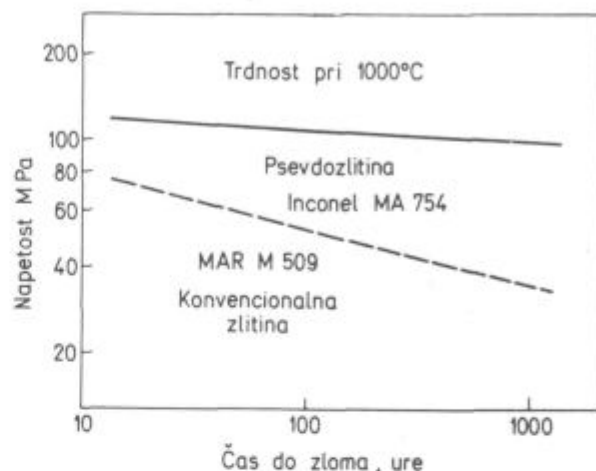
Danes je 5 posebno prodornih smeri v raziskavah novih materialov: keramika, metalurgija prahu, kovinski visokotemperaturni in posebni materiali, novi polimeri in kompoziti. Težišče razvoja novih materialov naj bi bili: trdnost pri visokih temperaturah, visoka konstrukcijska trdnost in togost v širokem intervalu temperature, visoka obrabna in korozijska odpornost. Nove lastnosti je mogoče doseči z novimi legirnimi kombinacijami in z novimi postopki izdelave oziroma z dopolnilni klasičnih postopkov, ki jih omogočajo nove ideje in računalniško krmiljenje proizvodnih naprav.

3. RAZVOJ V SVETU

Metalurgija prahu

Metalurgija prahu ima pomembno mesto v načrtih razvoja (6, 7, 8, 9, 10). Če je bilo gibalno razvoja metalurgije prahu v preteklosti predvsem točnost oblike ter pocenitev zaradi zmanjšanja obdelave, se danes izpostavljajo druge prednosti, na primer možnost izdelave gradiv iz sicer nezdružljivih sestavin, npr. pseudozlitin iz

kovin in oksidov, ter velika homogenost in majhna zrna zaradi hitrega strjevanja. Ti dve prednosti olajšujeta tudi uveljavitev metalurgije prahu na področju jekel. Pseudozlitina na osnovi niklja in oksida ima mnogo večjo trdnost pri temperaturi nad 900°C od prave zlitine (sl. 3).



Slika 3
Čas od zloma pri različni obremenitvi pri 1000°C za nikljevo zlitino in pseudozlitino.

Posebno bodočnost se pri tem obeta materialom iz hitro strjenih prahov, ki jih je mogoče izdelovati z velikostjo zrn v razponu od desetinke do nekaj mm. Predvideva se celo možnost, da bi preko prahov in hitrega strjevanja prišli v področje polikristalov z velikostjo zrn v razponu 10 do 100 nm, kjer bi imeli cca 10^{18} zrn/cm³ in bi bile lastnosti materiala odvisne od kristalnih mej, ne pa od urejene notranjosti zrn (12). Drago zgoščevanje zlitin v vroči izostatski stiskalnici je doslej oviralo prodor metalurgije prahu v področje jeklenih gradiv. Izgleda, da bo to mogoče preseči, ko se bo uveljavil nov postopek zgoščevanja prahov s kovanjem v kontejnerjih.

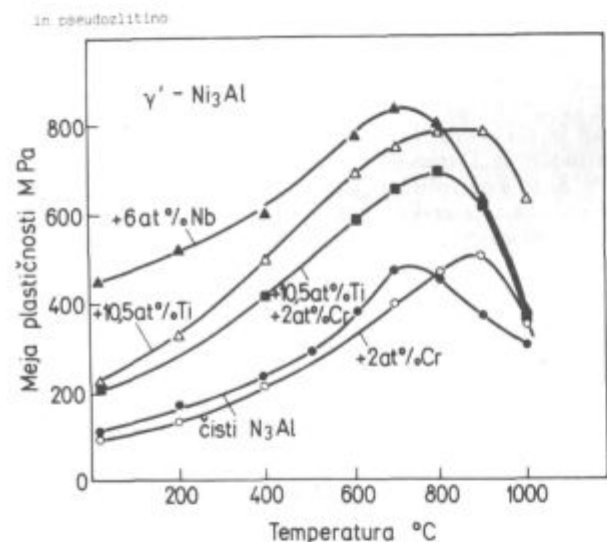
Visokotemperaturni in posebni materiali

Razvoj gre v dveh smereh: v razvoj novih sestav, s katerimi bi dosegli boljše mehanske in korozijske lastnosti pri visokih temperaturah, ali napravili materiale cenejše in v razvoj postopkov, ki bi omogočili, da se konstrukcijski deli izdelajo po postopkih, ki zagotavljajo večjo homogenost, na primer v težkih izkrokih za energetiko. Cilj je dvigniti delovno temperaturo standardnih jekel, ki se sedaj uporabljajo v termo in jedrski energetiki nad 565°C, austenitnih jekel nad 800°C in superzlitin nad 1050°C. V viru 7 najdemo podatek, da je dvig delovne temperature v turbinskih lopaticah letalskih motorjev za 70°C omogočil, da se je pri letalih izboljšalo razmerje potisk/teža za 40 %.

V nikljevih zlitinah se je v zadnjih 20 letih dvignila delovna temperatura za 100 urno trdnost pri napetosti 140 MPa od 850 do 1100°C. Nič ne kaže, da se je razvoj ustavil. Napredek se išče v monokristalih, v usmerjenem strjevanju, v bolj obstojnih mikrostrukturah, v pseudozlitinah, v uporabi intermetalnih spojin, v kompozitih, ki so ojačeni s kovinskimi ali karbidnimi vlakni, pa tudi v keramiki. Vendar pa je potrebno razvijati tudi klasične materiale. Na primer termoelektrične naprave so vedno večje. Potrebni so čedalje večji odkovki

za rotorje in gredi in najti je potrebno jekla, ki bi zagotavljala zadostno žilavost tudi v jedru turbinskih rotorjev s premerom 1,5 m (13).

Predvideva se, da so možnosti niklja in kobalta kot matičnega elementa superzlitin za visoke temperature skoraj izkoriščene, saj dosega delovna temperatura pri monokristalnih turbinskih lopaticah in pseudozlitinah do 85 % solidusa, zato se iščejo druge nosilne kovine z višjim tališčem. Na žalost imajo molibden, tantal in volfram, ki imajo tališče nad 2500°C, majhno korozijsko in oksidacijsko odpornost. Zato se veliko dela usmerja v keramiko, predvsem silicijev nitrid in karbid, pa tudi Al_2O_3 in ZrO_2 . Pričakuje se, da bo mogoče za visokotemperaturne namene izkoriščati tudi intermetalne faze, ki so po svoji fizikalno kemijski naravi med kovinami in oksidi. V materialih za visoke temperature je najbolj poznana γ' faza, ki je temelj utrditve nikljevih superzlitin. Da je faza lahko nosilna matica novih zlitin, so dokazali v ZDA, kjer so razvili zlitine LROAA (long range ordered advanced aluminides), pri katerih je pri 800°C meja plastičnosti na istem nivoju kot v visokotrdnih konstrukcijskih jeklih pri sobni temperaturi (sl. 4) in so uporabne še pri 1400°C (10).



Slika 4
Odvisnost med temperaturo in mejo plastičnosti za različne zlitine na osnovi faze Ni_3Al .

Velja še omeniti, da so z optimalnimi legirnimi kombinacijami razvili legirana jekla, ki se po mehaničnih lastnostih približujejo zlitini Incolloy 800, so pa mnogo bolj odporna proti atmosferam bogatim z žveplom in CO ter zato primerna za naprave za vplinjane premogov (13).

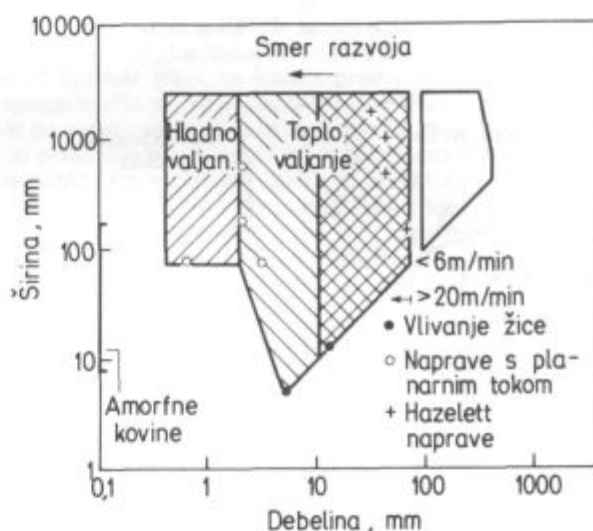
Hitro strjeni materiali

Razvoj v tej smeri sloni na dveh prednostih: zmanjšanje zrn je edini način, da se istočasno povečata trdnost in žilavost in da predelavnost tudi materialom, ki so nepredelovalni v hladnem, če se izdelajo po klasičnih tehnologijah. Hitro strjevanje se uveljavlja v širokem razponu hitrosti ohlajanja, od 10°C do 10⁶°C/sek, kolikor je potrebno za izdelavo amorfnih kovin, ki so včasih poimenovane tudi kovinska stekla. Pri konstrukcijskih jeklih je mogoče doseči zmanjšanje zrn s termomehnično obdelavo, ki izkorišča za ta namen soodvis-

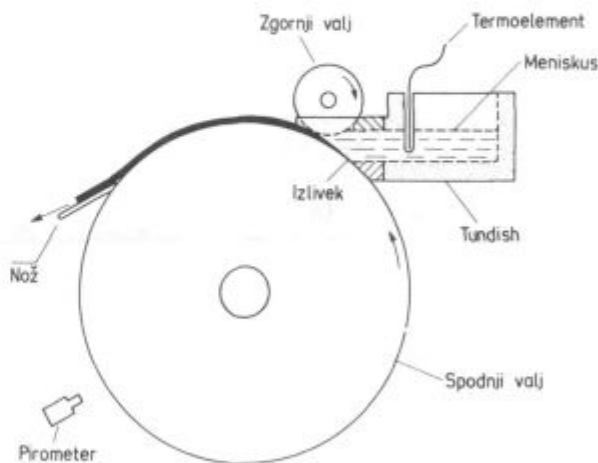
nost med procesi tvorbe izločkov in odprave deformacijske energije iz jekla.

Na sl. 5 je shematično prikazan trend razvoja kontinuirnega litja trakov (14). Za ulivanje trakov s hitrostjo nad 6 m/min (to je meja konvencionalnega kontinuirnega litja blumov in slabov) se razvija več sistemov. Trak se uliva na enega ali med dva valja (sl. 6) in se nato toplo predvalja, ali pa navija in hladno izvalja na mero. Žica se uliva v livno kolo in nato direktno valja na končno mero.

Drugi postopek za izdelavo tudi debelejših profilov s fino strjevalno strukturo je tako imenovano pršilno ulivanje (Sprühgiessen, sprayforming), pri katerem na podlogo nanašajo kapljice staljene ali testaste kovine z velikostjo od 0,01 do 10 mm (sl. 7). Velika hitrost strjevanja omogoča, da se dosega drobna mikrostruktura brez izcej. Podobne rezultate se dosega z zaporednim navarjanjem tankih slojev. Pri firmi Thyssen v ZR Nemčiji izdelujejo na ta način surovce za težke dele naprav (sl. 8). Z zaporedno depozicijo se dosega tudi termična obdelava spodnjih slojev, zaradi tega ni potrebna posebna končna termična obdelava. Ekonomika se do-

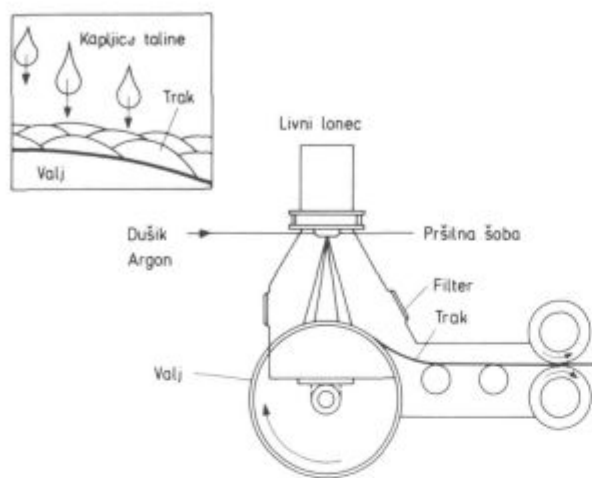


Slika 5
Shematično nakazana smer razvoja kontinuirnega litja trakov.

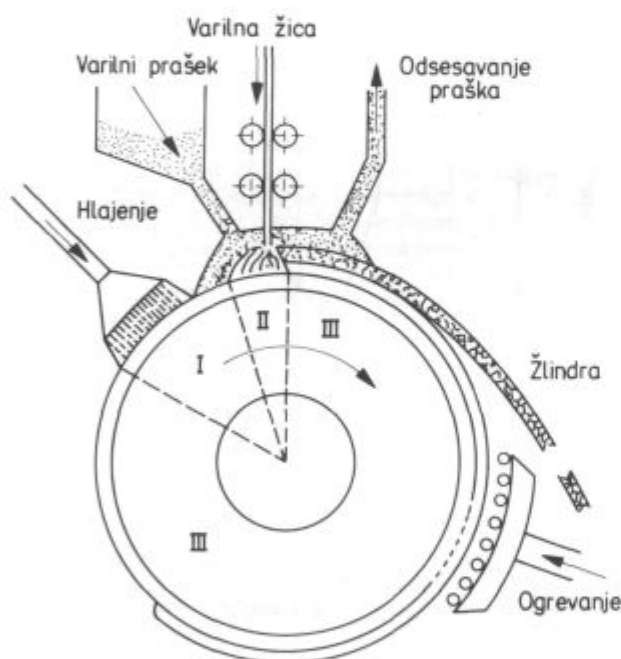


Slika 6
Shema vplivanja širokih trakov med dva valja.

sega z boljšimi lastnostmi, manjšo težo zaradi večje homogenosti in boljših lastnosti pri velikih presekih, z zmanjšanjem stroškov za termično obdelavo in z večjim



Slika 7
Shema pršilnega vlivanja trakov.



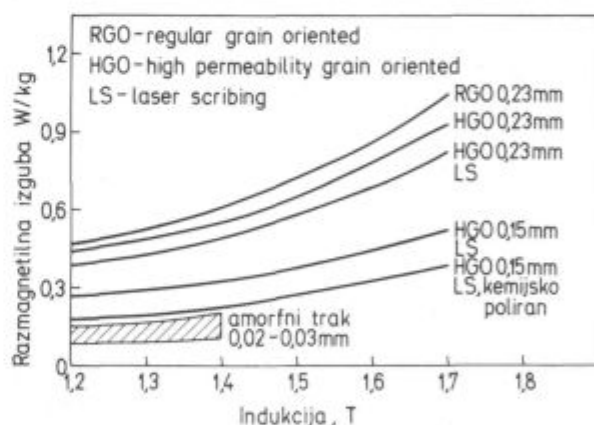
Slika 8
Shema izdelave rotacijsko simetričnih kosov z navarjanjem iz tankih slojev.

izkoristkom materiala, posebno še, ker se lahko paralelno izvrši še plativanje s korozijsko odpornimi materiali.

Naslednja kvalitetna stopnja je ulivanje trakov z debelino od nekaj mm do nekaj desetink mm in s hitrostjo strjevanja do 10^{10} C/sek. Pregled nekaterih postopkov je v tabeli 1. Tu se dosegajo mikrokristalinične strjevalne mikrostrukture.

Poroča se na primer, da je tako izdelan trak $200 \times 0,1 - 0,4$ mm iz jekla s 6,5 % Si mogoče hladno valjati, medtem ko se sposobnost za hladno valjanje pri konvencionalni izdelavi ustavi že pri okoli 3,5 % Si (17, 16). Poroča se tudi o možnostih, da se tako doseže hladna predelavnost pri materialih, ki so nepredelavni zaradi karbidov, npr. močno legiranih jeklih in celo sivi litini (7).

Zadnja kvalitetna stopnja so amorfne kovine. Da bi se preprečilo kristalinično strjevanje, so potrebne hitrosti strjevanja nad 10^6 C/sek. Po sedanjih spoznanjih je mogoče amorfno strjevanje doseči v zlitinah eutektičnega tipa, ki vsebujejo mnogo elementov, ki znižujejo tališče, predvsem bora. Kovinska stekla se odlikujejo po zelo visoki meji plastičnosti, abrazivni trdnosti, korozijski odpornosti in trdoti, vendar lahko kljub temu prenešajo precejšnjo hladno deformacijo s tlačenjem, zato jih je mogoče hladno valjati. Predvsem pa se odlikujejo po magnetnih lastnostih in tu so tudi sedaj področja uporabe. Zanimivo je, da je prav odkritje, da imajo amorfne kovine lastnosti, ki presegajo tiste pri elektropločevinah in nikljevih zlitinah, močno pospešilo razvoj elektropločevin. Danes so razvite elektropločevine iz jekla s 3 % Si in kontrolirano velikostjo magnetnih domen, ki se dosega z lasersko obdelavo površine in ki imajo podobne magnetne lastnosti kot kovinska stekla, kar se lepo vidi na sliki 9.



Slika 9
Lastnosti nekaterih sodobnih orientiranih elektropločevin in amorfni zlitin.

Tabela: Vlivanje tankih jeklenih trakov

Firma	Postopek	Dimenzija	Opomba
Alleghemi Ludlum	vlivanje na 1 valj	$300 \times 1 - 2$ mm	proizvodnja
Alleghemi Ludlum	vlivanje na 1 valj	$600 \times 1 - 2$ mm	projekt, 4,5 t
Allied Corporation	vlivanje na 1 valj	$1800 \times 0,25$ do 5 mm	projekt
C & M	vlivanje med 2 valja	300×1 do 25 mm	pilotna naprava
IRSID	vlivanje med 2 valja	200×1 do 25 mm	pilotna naprava
Kawasaki	vlivanje med 2 valja	$200 \times 0,1$ do 0,4 mm	proizvodna naprava
Kobe steel	vlivanje med 2 valja	270×1 do 2 mm	pilotna naprava
Nippon steel	vlivanje med 2 valja	200×1 mm	pilotna naprava
Nippon Metal	vlivanja na 1 ali med dva valja	315×1 do 3 mm	pilotna naprava

Razvoj standardnih jekel

V to skupino spadajo različne vrste jekel, ki so danes v proizvodnji in bodo še naprej v uporabi pod pogojem, da bodo lahko parirala poostrenim kvalitnim zahtevam, ki jih bo prinesel razvoj novih in napredek konvencionalnih tehnologij predelave, pa tudi večjim kvalitnim zahtevam, kot je bilo že omenjeno za jekla za termoelektrotehniko. V raznih virih najdemo precej podatkov o tem, katera standardna jekla je potrebno dalje razvijati (11, 13, 17, 18, 19). Navedene so naslednje vrste jekel: mikrolegirana feritna in perlitna v ploščah, trakovih in profilih, nerjavna z visoko trdnostjo in superferitna z veliko duktilnostjo (tem se celo obeta, da bodo sčasoma nadomestila velik del avstenitnih nerjavnih jekel), jekla za avtomate, jekla za hladno, toplo in vroče kovanje, orodna jekla, jekla za visokotemperaturno cementacijsko odporna proti notranji oksidaciji, konstrukcijska variva jekla z visoko trdnostjo in odporna proti pregretju in koroziji, nerjavna jekla odporna proti ogrevnim medijem, jekla odporna proti obrabi in jekla za elektroplodčevino.

Razvoj tehnologij

Na področju valjarnišstva se predvideva uveljavljanje procesnega vodenja vseh faz predelave: od segrevanja, preko valjanja, do ohlajanja s ciljem, da se optimalno izkoristijo vse možnosti, ki jih daje sestava, strogo krmiljen proces vroče deformacije in optimalno izkoriščanje mikrostrukturnih procesov med valjanjem in po njem za povečanje trdnosti in žilavosti. Predvideva se, da se bo valjanje nadaljevalo v smeri linijskih prog s kompaktnimi bloki, v posebnih primerih pa tudi v kombinaciji kovaško valjarskih linij. Veliko se dela na konti induktivnem in uporovnem segrevanju gredic, s čemer bi dosegli veliko zmanjšanje energije, ki se porabi za segrevanje, bilo pa bi tudi manj izgube zaradi škajanja. Končni cilj je seveda »on line« valjanje, torej valjanje v spregi s konti ulivanjem, ki je na primeru žice že doživelo industrijsko aplikacijo (15).

Intenzivno se bo dalje razvijalo izkoriščanje entalpije vroče valjanega jekla za termično obdelavo. To se sedaj široko uporablja pri žici in trakovih, zato se bo razvoj usmeril na profile. Predvideva se tudi razširitev »on line« sistemov za kontrolo napak površine na vročem in hladnem jeklu, da bi se tako uspešneje pariralo zahtevam po izboljšavi površine valjanih proizvodov. Bolj in bolj bo v proizvodnji potrebno spreminjati miselnost od »preverjali bomo kvaliteto po izdelavi« v »zagotovimo kvaliteto med izdelavo«.

Pri termični obdelavi se širi delo v vakuumu, v varovalnih atmosferah in v konti linijah z računalniškim krmiljenjem. Predvideva se, da bo počasi termična obdelava v lebdemem sloju izpodrinila solne kopeli za popuščenje in celo solne kopeli za avstenitizacijo, ker nudi enake možnosti segrevanja in ni ekološko vprašljiva. Med kemoterminimi postopki zaščite se predvideva širjenje metod na osnovi naprščevanja in depozicije in še posebej jonske implantacije. Veliko se obeta od laserske termične obdelave površine, ki je v ZDA že posegla celo v specializirano množično proizvodnjo.

Na področju kovanja se predvideva močan razvoj avtomatizacije, kontroliranega kovanja in kovanja z ožjimi tolerancami, ki zahteva manjšo mehansko obdelavo in troši manj materiala. V zvezi s tem se že piše o možnosti toplega kovanja pri temperaturah, kjer je jeklo že mehkejšo, pa še ne škaja. S tem postopkom bi bilo mogoče združiti nekatere prednosti vročega in hladnega kovanja.

4. RAZVOJ MATERIALOV IN TEHNOLOGIJ V SŽ

Pri planiranju razvoja na tem področju je potrebno upoštevati, da imajo SŽ proizvodni program, za katerega je danes in bo tudi v bodočnosti zagotovljeno tržišče doma in v tujini in je dokaj usklajen znotraj države, jeklo pa ostaja tudi za bodočnost temeljno gradivo velikega dela industrije. Tehnološko znanje in oprema, ki je že, ali bo kmalu na voljo, omogočata, da proizvodnja poseže močnejše tudi v zlitine elementov železove skupine niklja in kobalta, kjer smo se do sedaj omejevali le na maloserijsko proizvodnjo. Zato moramo naše raziskovalno in razvojno delo usmeriti v obeh smereh, delati na napredku sedanjega programa in razvijati izdelke in znanje, ki bo potrebno pri osvajanju popolnoma novih materialov.

Razvoj proizvodov

Program jeklenih proizvodov ostaja v glavnem nespremenjen, torej v metalurškem delu SŽ profili in žica, pločevina, trakovi, različne litine, izkovki, valji in varilni material.

Na področjih profilov in žice se program ne bo spremenil, več poudarka bo dano oplemenitenju površine in razvoju jekel, za katera predvidevamo, da bodo pomembnejša za nove predelovalne tehnologije, od jekel za vse postopke kovanja, preko jekel za kemoterminsko obdelavo površine do jekel za avtomate in za vezne elemente. Pri ventilskih jeklih je že osvojen naj sodobnejši program in tudi homologiran v tujini. Ta jekla se bodo še naprej razvijala, da jih bo mogoče plasirati najbolj uglednim proizvajalcem avtomobilov v tujini. Podobno velja za orodna ledeburitna in brzorezna jekla, kjer se načrtuje proizvodnja vsega razpona dimenzij od izkovkov za velika orodja do vlečenih palic za valjanje svedrov. Tudi na področju utopnih jekel se načrtuje, da se bo ohranjal visok kvalitni nivo. Na področju debele pločevine se predvideva osvajanje jekel z višjo trdnostjo, predvsem mikrolegiranih, da bi obvladovali razpon meje plastičnosti od 400 do 1000 MPa ter proizvodnjo jekel odpornih proti raznim oblikam korozije, tudi nerjavnih in platiranih. Za vse te pločevine se bodo proizvajala sodobna varilna sredstva. Iz programa trakov se bodo stalno umikala mehka jekla na račun nerjavnih in jekel za elektroplodčevine — tudi orientiranih. V SŽ si bomo prizadevali, da obvladamo kompleten program valjev, od kovanih za hladno valjanje kovin, preko poljeklenih za vroče valjanje kovin, do valjev za različne namene uporabe: od tekstila do prehrabene industrije. Svoje mesto želimo razširiti tudi na področju materialov odpornih proti obrabi, od plošč, preko ulitkov do elektrod. Končno načrtujemo tudi osvajanje novih kvalitit grafitnih litin ter konstrukcijskih in nerjavnih litin, posebno nerjavnih litin za armature in energetiko.

Razvoj tehnologij

Potrebne so rekonstrukcije naprav za vroče valjanje vseh vrst, da bi se lahko vpeljalo procesno krmiljenje in dosegla večja točnost in enakomernost v dimenzijah in lastnostih. Najdlje je rekonstrukcija valjarn v Železarni Štore. V Železarni Ravne se načrtuje nova kombinirana kovaško valjarska linija s horizontalnim konti ulivanjem, s katero bo mogoče obvladati zelo širok program proizvodnje. V Železarni Jesenice se načrtuje popolna rekonstrukcija bluminga in Steckel valjalnega stroja z računalniškim krmiljenjem. Na blumingu naj bi se v

kvarto izvedbi valjale tudi debele pločevine z debelino 40 mm iz konti slabov. Ker se načrtuje tudi sodobno ohlajanje, bo tako nastala možnost prave termomehanske obdelave jekla. Gotovo bo potrebno uresničiti vsaj nekatere možnosti za izkoriščanje entalpije vroče izvaljanega jekla za nadomeščanje termične obdelave.

Na področju primarne termične obdelave velja posebej izpostaviti naprave za termično obdelavo velikih plošč v Železarni Jesenice, ki bodo kmalu v pogonu. Velika pridobitev je tudi naprava za krojenje debele pločevine. V Železarni Jesenice se predvideva še izgradnja novih procesnih linij za elektropločevino in nerjavno pločevino.

V Železarnah Štore in Ravne se načrtuje razširjenje in modernizacija naprav za termično obdelavo, tudi za termično obdelavo valjev. Posebej velja omeniti napravo za konti ulivanje tankih profilov, ki je namenjena za izdelavo palic iz superzlitin za elektrode in za ulivanje palic iz težko predelovalnih materialov, npr. brzorezov in ventilskih jekel, pa tudi za nerjavno žico za izdelavo veznih elementov in za žico za grelni elemente.

Raziskovalni program

Metalurgija je udeležena v prednostni raziskovalni smeri RSS »Novi materiali« s cca 1,5 FTE od skupno 13 FTE, ki jih je namenjenih za to področje. To neugodno razmerje odseva relativno slab položaj metalurgije v raziskovalni sferi, vprašljivo pa je tudi, ali bi bili sposobni pridobiti več raziskovalcev. Del raziskovalnega programa, ki smo ga predložili za obdobje 1986—1990 za financiranje iz sredstev zbranih s prispevno stopnjo posega v probleme povezane s sedanjo proizvodnjo, del pa prav v srčiko sodobnih programov in področja materialov. Usklajeno s tem se je tudi zadnji dve leti nabavljala raziskovalna oprema na metalurškem inštitutu. Vakuumska žarilno-kalilna peč bo omogočila kvaliteten skok pri raziskavah, razvoju in maloserijski proizvodnji posebnih materialov, posebno tankih pločevin in materialov za elektroniko, naprava za atomizacijo ter vroča izostatska stiskalnica pa bosta odprli na široko vrata k zlitinam in pseudozlitinam iz kovinskih prahov. Velik skok na področju superzlitin in težko predelovalnih jekel se pričakuje od naprave za konti litije tankih palic. V program za leto 1986 so vključene uvodne raziskave usmerjene v izdelavo masivnih surovcev za orodja in druge namene z navarjanjem iz tankih trakov. V program raziskav elektropločevin je vključena tudi orientirana pločevina. Velja pa še omeniti teoretično predstudijo možnosti izdelave superferitnih nerjavnih jekel v agregatih, ki so na voljo. Za predelovalce v okviru SŽ so v toku sistematične raziskave možnosti izboljšanja vzdržljivosti orodij z depozicijo TiN. Vse prepočasi se odvija program osvajanja modernih mikrolegiranih jekel za kvalitetne vezne elemente, ki bi bila bolj prilagojena razpoložljivi tehnološki opremi. Že več let se tudi razvijajo zlitine za predelovalne permanentne magnete.

V program RSS je vključena tudi raziskava, ki naj pomaga, da bomo lažje osvojili industrijsko proizvodnjo superzlitin vrste Nimonic, pa tudi raziskava z vodikom povezane krhkosti v jeklih za visokotrdne vijake.

Na FNT je v teku program za zbiranje termomehanskih podatkov o vroči predelavi jekla, ki so potrebni za računalniško krmiljenje valjanja.

Velja, da so v zadovoljivem deležu v program raziskav vključene tudi raziskave usmerjene v nove materiale in tehnologije, zelo izrazite komponente take usmeritve pa najdemo tudi v programih posameznih DO. Realizacija teh programov bo postala kritična, če

ne bo mladih inženirjev. Zavedati se namreč moramo, da je danes v slovenski industriji delež inženirjev manjši, kot leta 1950 v ZR Nemčiji. Če ne bo delalo v razvoju metalurgije leta 1995 vsaj 2 do 3 krat več inženirjev kot danes, ne bo možnosti posebnih prodorov in dolgoročne okrepitve metalurgije, ne kot industrije in ne kot ene od tehniških ved.

ZAKLJUČEK

Ta zelo zgoščena predstavitev raziskovalnih in razvojnih ciljev pokaže, da imajo materiali in tehnologije na osnovi železa velike razvojne možnosti. Gibalo hitrega napredka je potreba, da se ohrani vloga teh zlitin, kot osnovno gradivo za velik del industrije. Tudi pri nas so realne možnosti za daljnji razvoj metalurgije železa, podlaga zanj so sedanji proizvodni dosežki, ki so po kvaliteti in uporabnosti enakovredni najsodobnejšim dosežkom v tujini in kvalitetni ter realni razvojni načrti. Metalurgija upa, da bo družba znala ceniti njen delež v materialni proizvodnji SR Slovenije in podprla realne razvojne načrte.

Viri

1. N. N.: Gesamtwirtschaftliche Entwicklung und Stahlverbrauch Stahl hat Wachstumschancen, Stahl und Eisen 104, 1986, št. 16, 79—82.
2. J. Degenkolbe, F. J. Flossdorf in W. Heller: Fortschritte bei unlegierten und niedriglegierten Baustählen; Stahl und Eisen 106, 1986, št. 13, 19—23.
3. W. Jacobi: Entwicklungstrends in der Presswerkstechnik für PKW-Karosserieteile; Stahl und Eisen 106, 1986, št. 12, 36—42.
4. N. N.: 100 Jahre Automobil; Stahl und Eisen 106, 1986, št. 12, 56—58.
5. E. Fiala in U. Sorgatz: Moderne Methoden für die Karosserie-Entwicklung; Stahl und Eisen 106, št. 12, 1986, 29—35.
6. Materialforschung, izd. Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn, 1985.
7. H. J. Engell in J. Hartwig: Perspektiven der Werkstoffentwicklung; Stahl und Eisen 106, 1986, št. 6, 69—78.
8. N. A. Waterman: Materials for the 1980' and 1990'; The metallurgist and Material technologist, 1984, september, 461—463.
9. H. Bühler: Neue Werkstoffe; VDI Nachrichten Magazin, 1985, št. 11, 4—9.
10. G. Hack: Superalloys for the '80s; Metallurgia, 1982, junij, 256—257.
11. N. N.: Technology Forecast 86; Metal Progress, 1986, januar, 25—100.
12. H. Gleiter in P. Marquart: Nanokristalline Strukturen — ein Weg zu neuen Materialien; Z. Metallkunde 75, 1984, št. 4, 263—267.
13. B. Hochttemann, K. Forch, E. Potthast, H. Weber in W. Witte: Fortschritte bei warmfesten und hochwarmfesten Stählen; Stahl u. Eisen 106, 1986, št. 13, 35—40.
14. R. Steffen in R. Thielman: Entwicklung zum Bandgießen von Stahl; Stahl u. Eisen 106, 1986, št. 6, 51—60.
15. H. Hornich: Planung, Aufbau und Inbetriebnahme eines Giessereies für Stahl; Berg und Hüttenmännische Monatshefte 130, 1985, št. 9, 316—324.
16. F. Bölling in M. Hastenrath: Kornorientiertes Elektroblech im Wettbewerb zu metallischen Gläsern und mikrokristallinen Werkstoffen; Stahl u. Eisen 106, 1986, št. 16, 57—59.
17. V. Schuler, H. Gulden in H. Stelzenmüller: Fortschritte bei legierten Baustählen; Stahl u. Eisen 106, 1986, št. 13, 31—34.
18. W. Wesling: Fortschritte bei nichtrostenden Stählen; Stahl u. Eisen 106, 1986, št. 13, 41—46.