

Proizvodnja EPŽ jekla - novost v Železarni Ravne*

DK: 669.162.263

ASM/SLA: D 8 n

Jože Rodič

Postopek električnega pretaljevanja jekla pod žlindro (EPŽ) je najnovejši jeklarski postopek za proizvodnjo jekel vrhunske kakovosti s homogeno in kompaktno kristalizacijo ter vrsto posebnih kakovostnih lastnosti. Železarna Ravne je EPŽ postopek uvedla v svoj proizvodni program v začetku leta 1973. Članek podaja kot povzetek predavanja na prvem jugoslovanskem posvetovanju o EPŽ jeklih (septembra 1973 v Ravnah na Koroškem) in predavanja na Metalurškem srečanju v Portorožu (oktobra 1973) nekaj informacij o polletnih izkušnjah pri osvajanju in redni proizvodnji EPŽ jekla v železarni Ravne.

V kratkem opisu današnjega stanja so podane osnovne karakteristike in proizvodne možnosti, prikaz industrijskega postopka od priprave elektrod do predelave EPŽ ingotov, možnosti in oblike dobav EPŽ jekla, tehnološke poti v proizvodnji EPŽ jekla ter nekaj informacij o kontroli kakovosti in zanesljivosti. Podana je tudi informacija o proizvodnem programu in tendencah razvoja.

Na omenjenih posvetovanjih je bil podan tudi pregled značilnih kakovostnih lastnosti, kar pa bo podrobneje obravnavano v seriji posebnih člankov.

* Prirejeno po predavanjih na posvetovanju o električnem pretaljevanju pod žlindro v Železarni Ravne 12.—13. septembra 1973 in na metalurškem srečanju v Portorožu 4.—5. oktobra 1973.

Projekt razvoja EPŽ proizvodnje v Železarni Ravne vodi Jože Rodič, dipl. inž. — vodja službe za razvoj tehnologije, izdelkov in metalurške raziskave z naslednjimi sodelavci iz Železarne Ravne:

- Cvetko Stojanov, dipl. inž. — raziskovalec za posebne jeklarske postopke,
- Alenka Rodič, dipl. inž. — vodja metalografskih laboratorijev,
- Vinko Pušnik — vodja obrata EPŽ,
- Jože Pšeničnik — raziskovalec za posebne naloge.

Pri tem razvojnem projektu sodeluje Metalurški inštitut iz Ljubljane s poizkusno EPŽ napravo, na kateri vodi raziskave dr. Blaženko Koroušič, dipl. inž. — vodja raziskav za specialne jeklarske postopke.

UVOD

Celoten razvoj EPŽ postopka v železarni Ravne je potekal tako, kakor bi si želeli še na mnogih drugih področjih. Čeprav je bil zelo zahteven, smo ga dokaj dobro obvladali s pomočjo projektne organizacije in z vodenjem po mrežnem planu PERT.

V letu 1968 smo opravili sistematično informacijsko-dokumentacijsko dejavnost v zvezi z EPŽ postopkom. Po ogledu poizkusnih in industrijskih EPŽ naprav v nekaterih drugih državah smo lahko še praktično ocenili pomen tega najnovejšega jeklarskega postopka za železarno Ravne. Ko smo se neposredno sami prepričali o kakovostnih izboljšavah, s tem, da smo nekaj vzorcev naših jekel poslali na poizkusno pretaljevanje in izvršili primerjalne preiskave, je prišlo do odločitve o nadaljnjem projektu razvoja. Izdelan je bil mrežni plan za prvo fazo v okviru katere je bila izdelana laboratorijska EPŽ naprava na metalurškem inštitutu v Ljubljani. Do konca leta 1970 so bile na tej napravi opravljene številne raziskovalne naloge s poizkusnim pretaljevanjem najpomembnejših vrst jekel pod različnimi tehnološkimi pogoji. S tesnim sodelovanjem med metalurškim inštitutom in raziskovalnim oddelkom železarne Ravne so bile opravljene vse potrebne raziskave in s primerjavami kakovostnih lastnosti je bila utemeljena pomembnost EPŽ postopka za proizvodni program Železarne Ravne.

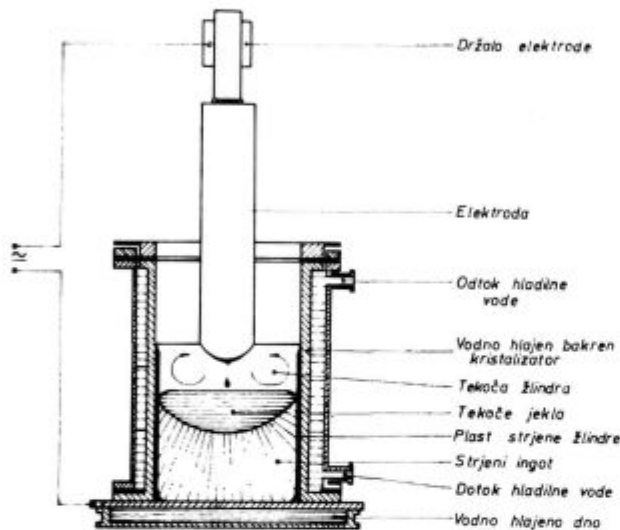
Na takih solidnih osnovah je bil v letu 1971 izdelan investicijski elaborat ter mrežni plan druge faze projekta, s katerim smo potek investicijske dejavnosti kombinirali z intenzivnim raziskovalno-razvojnim delom za osvajanje proizvodnega programa in s strokovnim usposabljanjem potrebnega kadra.

V novembru in decembru 1972 je bila že izvedena montaža EPŽ naprave v novo zgrajenem obratu, tako da smo v prvih dneh leta 1973 začeli s poizkusnim industrijskim obratovanjem, čeprav

je bila v prvem obdobju pretežna količina proizvedenega jekla namenjena raziskovalnim potrebam za oceno tehnologije in kakovostnih lastnosti jekla.

KARAKTERISTIKE IN PROIZVODNE MOŽNOSTI EPŽ NAPRAVE V ŽELEZARNI RAVNE

EPŽ naprava R-951-U sovjetske proizvodnje je bila instalirana v novem obratu železarne Ravne za električno pretaljevanje porabnih elektrod pod žlindro. Slika 1 prikazuje shemo te naprave, slika 2 pa napravo med obratovanjem.



Slika 1:
Shema EPŽ naprave

Karakteristike in trenutne proizvodne možnosti v standardni izvedbi so naslednje:

- ena porabna elektroda in nepremični vodno hlajen kristalizator,
- dimenzije EPŽ ingota pri obstoječem kristalizatorju so $400 \times 400 \times \text{max. } 1800 \text{ mm}$,
- presek EPŽ ingota je kvadrat z zaokroženimi robovi,
- ingot je rahlo koničen: spodaj kv. 420 mm, zgoraj kv. 380 mm,
- maksimalna teža EPŽ ingota je 2200 kg.

Glavne proizvodne karakteristike in tehnični podatki EPŽ naprave so:

- produktivnost največ 500 kg na uro,
- omejitve dimenzij porabnih elektrod za obstoječi kristalizator so:
 - \varnothing 180 do 280 mm,
 - kv. 220 do 270 mm,
 - dolžina taljenega dela 4000 do 5800 mm,
- premer elektrodne glave pri obstoječih čeljustih je \varnothing 180 mm.

Električne karakteristike so naslednje:

- nazivna moč transformatorja za napajanje peči je 1000 kVA,

- transformator ima 17 stopenj in je proizvodnje RADE KONČAR,
- tok je izmeničen,
- napetost omrežja je 380 do 220 V,
- frekvenca 50 Hz,
- delovna napetost transformatorja za napajanje peči je 40 do 90 V,
- maksimalni tok pretaljevanje je 14000 A.

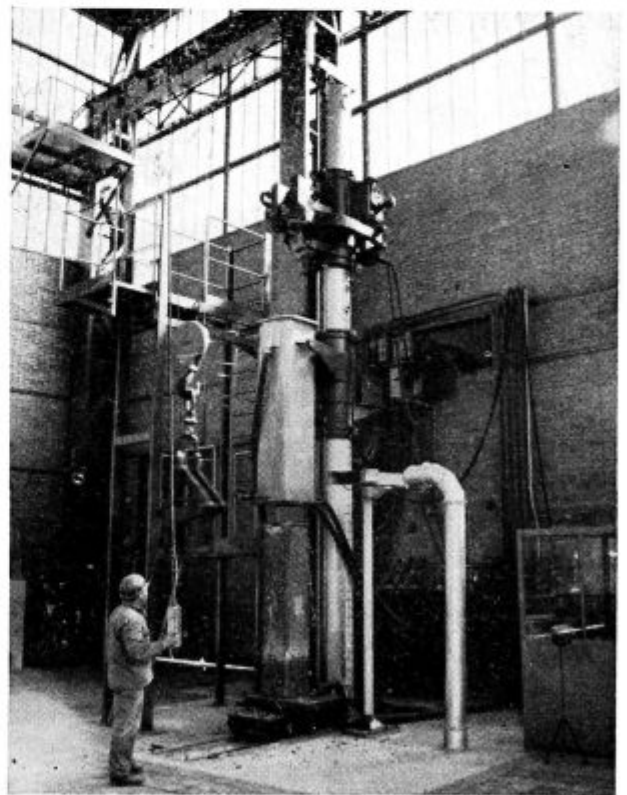
V nadaljnjem izpopolnjevanju bo EPŽ naprava opremljena z dodatnima formatoma kristalizatorja

- kvadratnega preseka $250 \times 250 \text{ mm}$,
- okroglega preseka 600 mm \varnothing .

OPIS POSTOPKA PROIZVODNJE Z ELEKTRICNIM PRETALJEVANJEM POD ŽLINDRO V ŽELEZARNI RAVNE

Jeklo se izdelava po klasičnem postopku v električno obločni peči po posebnem naročilu, s katerim so zahtevane spremembe kemijske sestave, upoštevajoč spreminjanje vsebnosti nekaterih legiranih elementov med pretaljevanjem.

Porabne elektrode za elektropretaljevanje pod žlindro se lahko izdelajo z valjanjem, kovanjem ali litjem. Lahko pa za porabne EPŽ elektrode uporabimo tudi gredice iz zaloge, če so te ustreznih dimenzij. Sledi čiščenje in rezanje ter potrebna



Slika 2:
EPŽ naprava v železarni Ravne med obratovanjem

priprava porabnih elektrod s privarjanjem nastavkov za vpenjanje v čeljusti EPŽ naprave. (slika 3)

Zlindro z izbrano kemijsko sestavo je treba sestaviti in jo pripraviti po posebej predpisanem postopku, z upoštevanjem postavljenih kakovostnih zahtev in glavnega namena elektropretaljevanja pod žlindro.

Sledi pretaljevanje porabne elektrode v kristalizatorju. To izvajamo s programskim, avtomatičnim ali pa ročnim vodenjem procesa.

V odvisnosti od vrste jekla je treba z EPŽ ingoti izvesti po slačenju (slika 4) še določen termični postopek. EPŽ ingote največkrat predelujemo v vročem s kovanjem ali pa tudi z valjanjem. V posebnih primerih je mogoče EPŽ jeklo uporabljati tudi v nepredelanem stanju po ustrezni toplotni obdelavi, kar se v zadnjem času tudi vse bolj uveljavlja.

Priprava porabnih elektrod

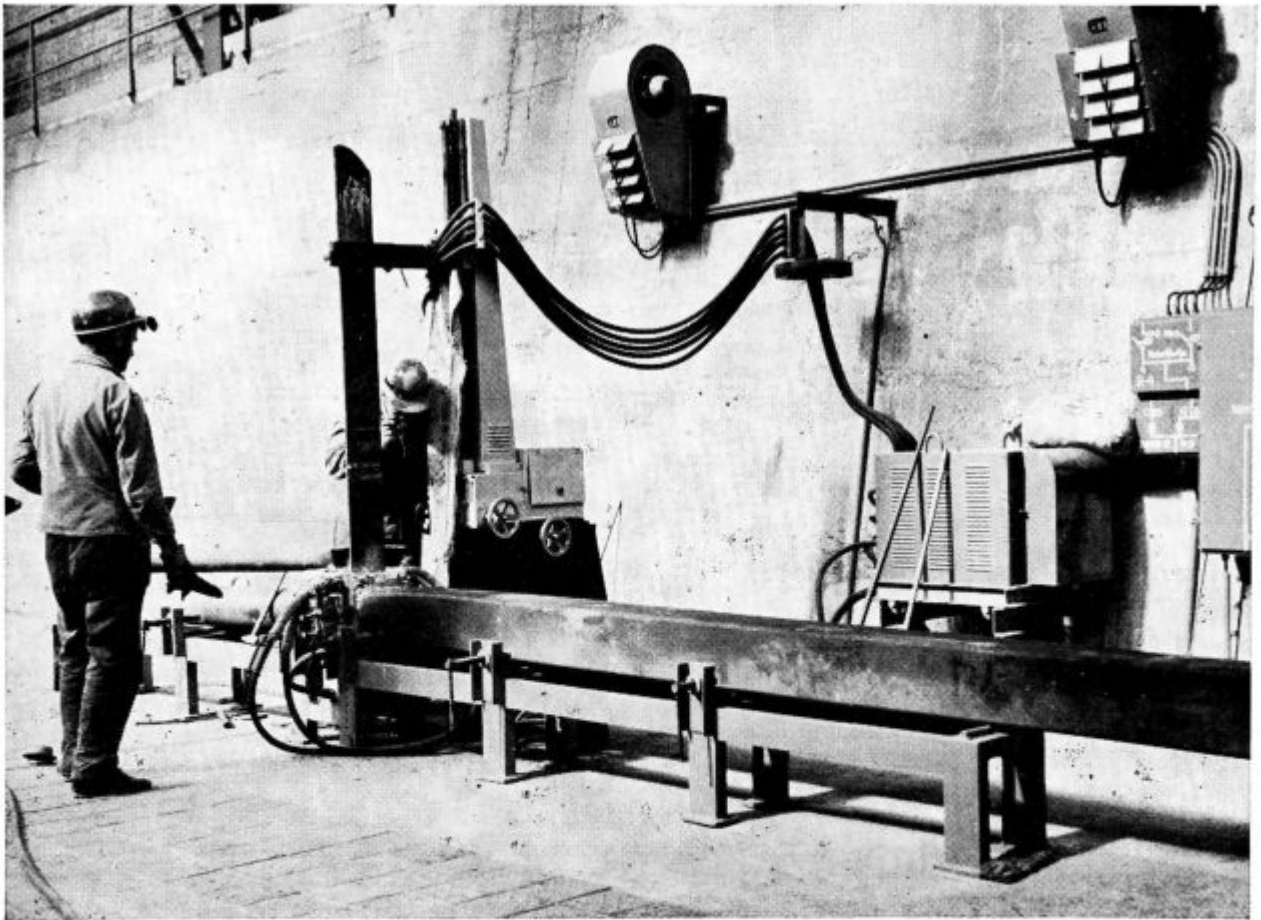
Omenili smo že, da porabne EPŽ elektrode izdelujejo po različnih postopkih, pri čemer moramo posebej za litje omeniti tri načine:

- kontinuirno litje,
- litje v kokile,
- litje v pesek,
- valjanje,
- kovanje.

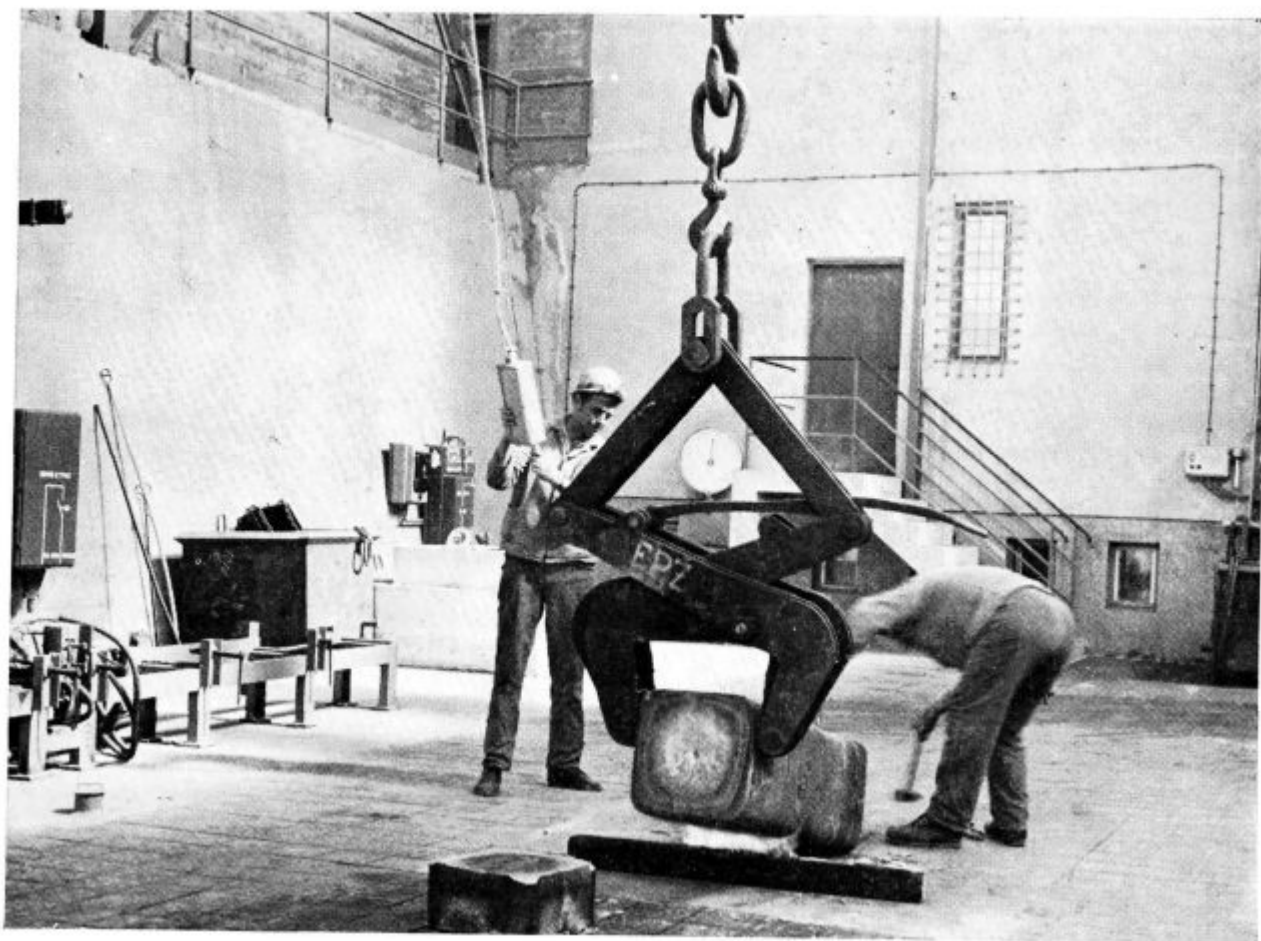
Izbira postopka je seveda ob upoštevanju tehnoloških možnosti in kapacitet odvisna od karakteristik posameznih vrst jekla in od ekonomičnosti postopka.

Proizvajalci EPŽ jekla, ki imajo v proizvodnem programu manjši asortiment in izdelujejo večje količine posameznih vrst jekla, se poslužujejo prav gotovo najekonomičnejšega postopka za izdelavo elektrod s kontinuirnim litjem. Ta postopek v sedanji fazi in verjetno tudi v bližnji bodočnosti zaradi številnih specifičnosti v železarni Ravne ne pride v poštev.

Litje elektrod v kokile je dokaj problematično in v praksi skoraj neizvedljivo pri dolžinah elektrod, kakršne uporabljamo v železarni Ravne zaradi značilnosti EPŽ naprave. Litje v kokile prihaja predvsem v poštev za tiste EPŽ naprave, ki delajo z dviznim kristalizatorjem in z menjanjem elektrod med procesom. Pri takih napravah so



Slika 3:
Privarjanje nastavka za vpenjanje elektrode v čeljusti EPŽ naprave



Slika 4:
EPZ ingot je gotov

elektrode lahko kratke. Delo s stabilnim kristalizadorjem zahteva velike dolžine elektrod, katerih med procesom ni mogoče menjati.

Formanje elektrod in litje v pesek predstavlja razmeroma drag in proizvodno neugoden postopek. Za nekatera visoko legirana orodna in na zraku kaljiva jekla pa ima postopek litja v pesek z dolgotrajnim počasnim ohlajevanjem v pesku določene prednosti, katere je treba upoštevati, v dobršni meri pa tudi še raziskati.

Izdelava elektrod z valjanjem je za tiste vrste jekel, ki jih lahko valjamo neposredno iz 2-tonskih ingotov do končne dimenzije elektrode brez vmesnega dogrevanja, prav gotovo najinteresantnejši postopek, vsaj pri obstoječih pogojih v železarni Ravne. Ta način izdelave elektrod je seveda že s sposobnostjo jekla za predelavo dokaj omejen, razen tega pa je z ozirom na dimenzije in teže elektrod vezan z nekaterimi težavami. Ta postopek lahko uporabljamo pri obstoječih pogojih le za tista jekla, ki jih lahko ohlajamo na zraku. Za nekatere vrste jekla, ki so prav za EPZ pretaljevanje najinteresantnejša, valjanje elektrod sploh ne pride v poštev zaradi slabe predelavne sposobnosti ali pa zaradi močne kaljivosti na zraku.

Kovanje v principu ni primeren postopek za normalno pripravo EPZ elektrod. V določenih primerih pa smo bili k temu načinu prisiljeni. Kovanje elektrod je problematično zaradi velike dolžine, pri kateri zahtevane ravnosti elektrod skoraj ni mogoče zagotoviti.

Ob določenih pogojih se pojavlja precej problemov tudi pri rezanju koncev elektrod in pri čiščenju s peskanjem, brušenjem ali luženjem.

Že iz opisanega vidimo, da izbira tehnološkega postopka za pripravo porabnih elektrod z ozirom na tehnološke možnosti in kakovostne karakteristike jekel ni najpreprostejša.

Pogoji pretaljevanja na EPZ napravi lahko izredno močno vplivajo na konfiguracijo makro in mikro struktur ter posredno na najrazličnejše lastnosti jekel. Pri pogojih pretaljevanja lahko nastopa neizmerno število najrazličnejših kombinacij tehnoloških parametrov pretaljevanja. S posebnim upoštevanjem izkušenj je potrebno v planu sistematičnih raziskav izbrati določene karakteristične pogoje pretaljevanja. Na podlagi rezultatov takih raziskav pride proizvajalec EPZ jekla do tehnologije pretaljevanja, ki jo lahko v nadaljnji proizvodnji programsko zagotavlja z iz-

koriščanjem avtomatizacije. To je dragoceno bogastvo, do katerega pride proizvajalec EPŽ jekla le z veliko vloženi sredstvi v začetnem obdobju, zato to bogastvo tudi primerno čuva. Prav lahko razumemo, da bi bilo skoraj brezupno iskanje tehnoloških pogojev in programov pretaljevanja v literaturi.

Predelava EPŽ ingotov se izvaja s kovanjem ali z valjanjem, pri čemer imajo tudi primerjave različnih stopenj predelave poseben pomen.

V zvezi s predelavo EPŽ ingotov moramo posebej omeniti, da je poleg standardnega načina kovanja EPŽ ingotov možnih še več vrst posebnih postopkov za doseganje optimalne homogenosti in izotropnosti odkovkov. Prav to je v določenih primerih specialnih orodij ali najodgovornejših konstrukcijskih delov odločilnega pomena.

Obseg raziskovalno-razvojnega dela je na področju električnega pretaljevanja pod žlindro v kombinaciji s tehnologijo kovanja res ogromen, omogoča pa doseganje širokega spektra reguliranih kakovostnih lastnosti.

EPŽ žlindre

Izbiro EPŽ žlindre s primerno sestavo in postopek priprave žlinder za elektropretaljevanje moramo obravnavati s posebno pozornostjo, ker so prav žlindre tisto sredstvo, ki ob ustreznih tehnoloških pogojih pretaljevanja odločajo o doseženi kakovosti jekel po pretaljevanju. Železarna Ravne je zaradi specifičnih razmer pri nabavi EPŽ žlinder morala v razvoj EPŽ postopka vključiti tudi osvajanje domače proizvodnje ustreznih EPŽ žlinder, za kar je nalogo poverila metalurškemu inštitutu v Ljubljani. Danes razpolagamo s širokim asortimentom domačih žlinder, ki po svoji kakovosti dokaj zadovoljujejo osnovne zahteve. Nadaljnji razvoj na tem področju bo usmerjen v izpopolnjevanje tehnologije izdelave žlinder in izboljšanje kakovosti ter enakomernosti, obenem pa na tipizacijo in zmanjšanje danes preširokega asortimenta EPŽ žlinder. Seveda bomo to tipizacijo izvedli lahko le postopoma s sistematičnim iskanjem optimalnega asortimenta.

Možnosti in oblike dobav EPŽ jekla

V primerjavi s klasično litimi ingoti so EPŽ ingoti toliko kompaktni, da je za določene namene možna uporaba z razrezovanjem ustrezno toplotno obdelanih ingotov v nepredelanem stanju. Za take namene je priporočljivo prilagoditi dimenzije kristalizatorja dimenzijam zahtevanih orodij, oz. konstrukcijskih delov.

Drugo varianto dobav EPŽ jekla predstavlja paličasto jeklo. V valjani izvedbi se dobavlja razmeroma majhen delež proizvedenega EPŽ jekla, ker pridejo do izraza kakovostne lastnosti EPŽ jekla v valjanih palicah le glede čistosti jekla ali pa glede posebnih zahtev predelavne sposobnosti.

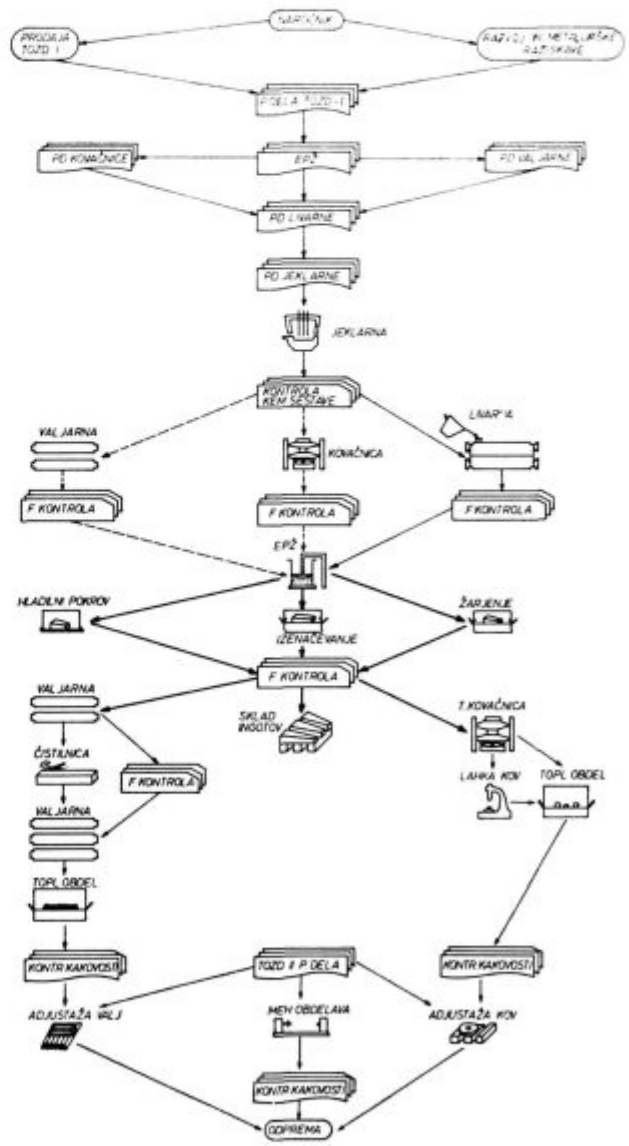
Velika večina proizvedenega EPŽ jekla se dobavlja v obliki odkovkov. Karakteristike strjeva-

nja EPŽ ingota v kombinaciji s posebnimi tehnološkimi postopki predelave s kovanjem dajejo optimalne lastnosti glede homogenosti in izotropnosti jeklenih izdelkov. Posebno pride to do izraza pri zahtevah po obstojnosti mer ali stabilnosti oblik in dimenzij. Seveda tudi tu posebej upoštevamo čistost jekla. V kovani izvedbi EPŽ jekla so možne tudi tiste variante po sestavi, ki se sicer zelo slabo predelujejo. EPŽ jekla so torej v skupini orodnih jekel posebno vzdržljiva proti obrabi.

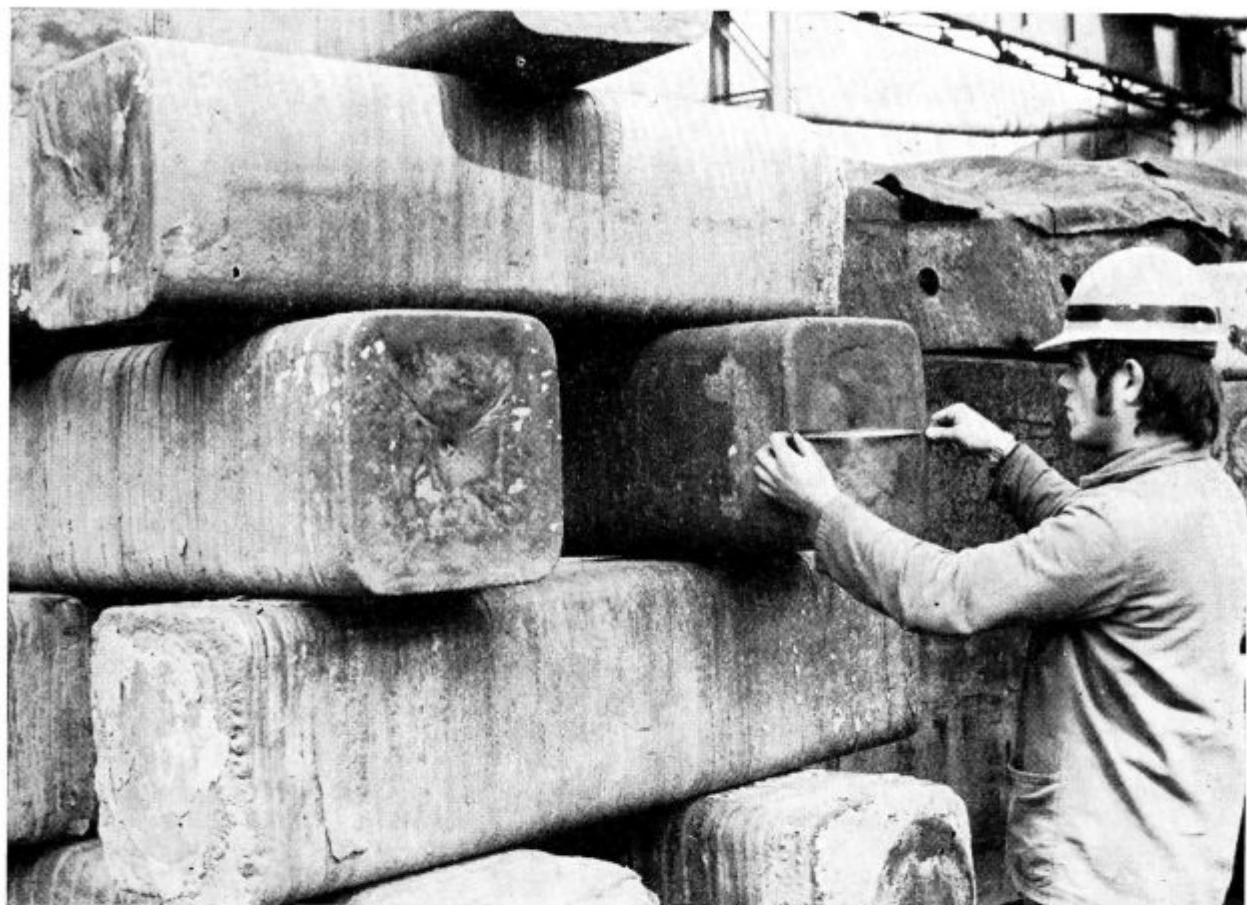
Posebno prednost predstavlja možnost izdelave EPŽ ingotov »na mero« po višini oz. teži, kar omogoča bistveno izboljšanje izplenov.

Tehnološke poti v proizvodnji EPŽ jekla

Značilnosti proizvodnje EPŽ jekla z različnimi variantami tehnoloških poti smo do neke mere že spoznali. Za nazoren prikaz so podane na naslednji shemi (slika 5):



Slika 5: Pot proizvodnje EPŽ jekla



Slika 6:
EPZ ingoti na skladišču

Naročnik ima dve možnosti:

- jekla iz rednega proizvodnega programa naroči po normalni poti v prodajni službi;
- jekla izven normalnega proizvodnega programa in tudi jekla iz normalnega proizvodnega programa v slučaju posebnih kakovostnih zahtev naroči po predhodnih dogovorih v službi za razvoj in metalurške raziskave.

Prodajni oddelek ali služba za razvoj in metalurške raziskave poskrbita v pripravi dela metalurških obratov za izdajo vse potrebne dokumentacije, za natančno definiranje naročila, določitev tehnološke poti in za predpis kontrole kakovosti.

Na osnovi izdane dokumentacije se v jeklarni izdelata ustrezna količina jekla v elektro pečeh za izdelavo porabnih elektrod. V tej fazi se izvrši normalna kontrola kakovosti izdelanega jekla, pri čemer je odločilni kriterij zahtevana kemijska sestava. V naslednji fazi so možne tri variante. Po prvih dveh variantah gredo vroči konvencionalno liti ingoti v valjarno ali v kovačnico, kjer se izdelajo porabne elektrode ustreznih dimenzij za EPZ pretaljevanje. Po tretji varianti se tekoče jeklo v ponovci prenese v livarno, kjer porabne elektrode ulijejo.

Po predpisanih postopkih opravijo fazno kontrolo preizkušancev iz porabnih elektrod. Elektrode se po predpisanem postopku pripravijo in vskladiščijo, uporabijo pa se šele po odločitvi fazne kontrole o izpolnjevanju kakovostnih zahtev.

Sledi elektropretaljevanje pod žlindro po pripravljenem tehnološkem postopku. Pretaljevanje se lahko vodi po programskem modelu, avtomatično po nastavitvi na komandnem pultu ali pa ročno, v kolikor gre za določeno stopnjo osvajanja ali posebnega reguliranja kakovosti.

Po končanem pretaljevanju in slačenju ingota nastopijo štiri različne variante, od katerih so na shemi prikazane tri:

— Po prvi varianti se namreč ingot lahko ohlaja prosto na zraku ali pa ga dostavijo neposredno v predelovalne obrate.

— Po drugi varianti se ingot položi pod izolirani hladilni pokrov za zadrževano ohlajevanje.

— Po tretji varianti se ingot vloži v kurjeno peč za izenačevanje temperature na določenem nivoju in za kontrolirano ohlajanje s predpisano hitrostjo.

— Po četrti varianti se izvede popoln postopek toplotne obdelave — žarjenja, normalizacije ali gašenja.

Izbira ene od teh variant je torej odvisna od zbranih izkušenj za določeno vrsto jekla pri obstoječih tehnoloških pogojih.

Sledi fazna kontrola EPŽ ingotov, v kateri je poleg kontrole kemijske sestave odločilen pregled površine ingota, ultrazvočni pregled in druge preiskave po zahtevi, med katerimi niso redke tudi preiskave vzorcev, odrezanih ali izrezanih iz ingotov, predvsem v fazi, ko osvajamo pretaljevanje nove vrste jekla. Na osnovi dispozicije naročila in odločitev fazne kontrole se EPŽ ingoti vskladiščijo (slika 6) ali pa gredo neposredno na valjanje ali kovanje. Nadaljne poti so poznane in enake kot pri konvencionalno izdelanem jeklu. Naročnik dobi valjano ali kovano jeklo po osnovni toplotni obdelavi, kontroli kakovosti in adjustiranju. Posebno pri EPŽ jeklih je interesantna čim višja stopnja finalizacije znotraj železarne z mehansko predobdelavo ali končno obdelavo izdelkov. Tako dobi naročnik predobdelane polizdelke ali pa gotova orodja in konstrukcijske dele.

Kontrola kakovosti in zanesljivosti EPŽ jekel ter raziskave

V obdobju osvajanja EPŽ proizvodnje smo organizirali kontrolo kakovosti, tako, da smo lahko neposredno primerjali kakovostne lastnosti porabne elektrode z gredico enakih dimenzij, predelano iz EPŽ ingota. Dodatno smo izvajali preiskave značilnih lastnosti tudi na preizkušancih, izrezanih iz EPŽ ingotov. Po možnosti smo že omenjene gredice iz EPŽ jekel predelovali na tisto dimenzijo gredic, za katero imamo v dokumentaciji največ podatkov iz redne fazne kontrole. Na ta način je omogočena primerjava kakovostnih nivojev konvencionalnega in EPŽ jekla.

Pri tem izvajanju kontrole smo posebej upoštevali izvor porabnih elektrod ter registriran teh-

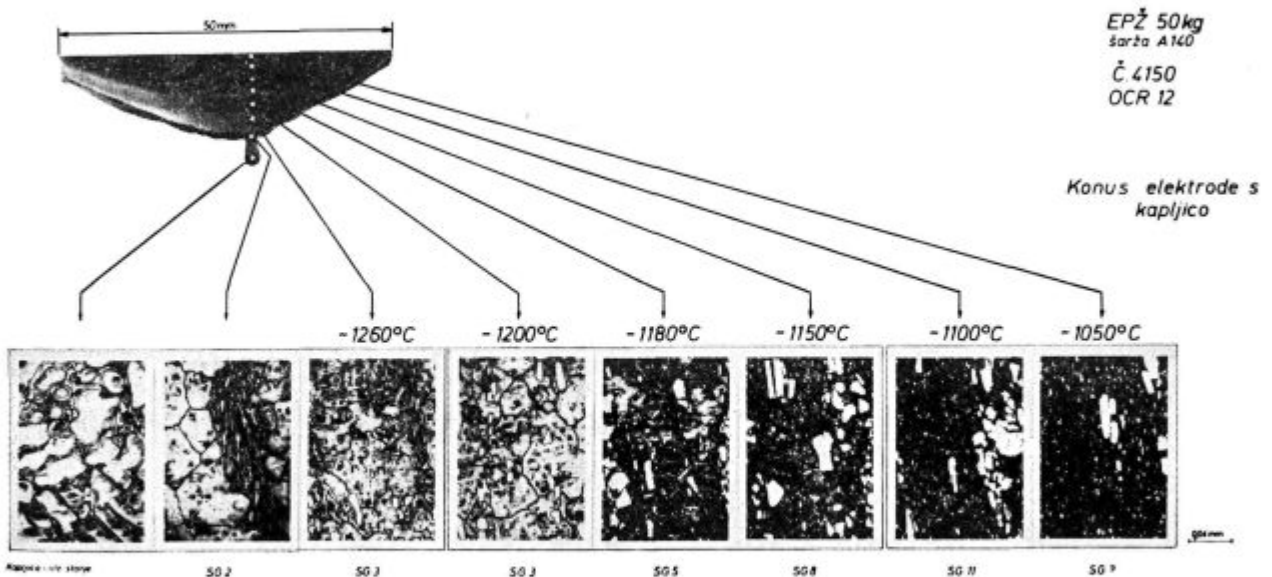
nološki postopek pretaljevanja in po teh kriterijih smo izbrali reprezentančne EPŽ šarže za primerjalne preiskave.

Po končanem osvajanju določene vrste jekla se kontrola kakovosti reorganizira in omeji na standardizirani obseg kontrole EPŽ ingotov in na kontrolo kakovosti končnih izdelkov po zahtevah kupca v naročilu.

V fazi osvajanja osnovnih pogojev tehnologije električnega pretaljevanja pod žlindro so za reguliranje sistema kristalizacije zelo pomembne meritve geometrije odtaljevalnega stožca z označevanjem profila kopeli. Geometrijo odtaljevalnega stožca izmerimo tako, da potegnemo elektrodo iz kopeli in višino stožca ter kote izmerimo, obenem pa obliko kopeli, oz. fronte strjevanja jekla označimo z žveplovim cvetom ali volframovim zdrobom. Tako označeni profil kopeli lahko kasneje kontroliramo na makro jedkanih ploščah ali pa ga odkrivamo z Baumannovim odtisom.

Zanimiva je tudi raziskava odtaljevalnega stožca porabne elektrode s kapljico. Slika 7 nam nazorno prikazuje izoterme na stožcu elektrode jekla Č. 4150 (OCR 12) in pripadajoče značilne mikrostrukture. To jeklo je kaljivo na zraku, zato dobimo tipične kaljene mikrostrukture od podkaljenega do močno pregretega jekla. Po analogiji s poznano odvisnostjo kalilnih struktur in pripadajočih temperatur lahko ocenimo tudi temperature posameznih izoterm na odtaljevalnem stožcu s kapljico, katerega smo vzdolžno prerežali.

Druge preiskave se izvajajo po standardni metodi v redni kontroli ali pa po programu posebnih preiskav v fazi osvajanja. Za programe kontrolnih preiskav posameznih skupin jekel so v metalurških laboratorijih železarne Ravne v rabi standardni hodogrami v obliki mrežnih planov po PERT metodi, ki nakazujejo pot skozi posamezne



Slika 7:

Odtaljevalni stožec elektrode s kapljico in pripadajoče mikrostrukture

laboratorije in terminski potek preiskave. Spremljajoča dokumentacija in predpisi za izvajanje posameznih operacij pa zagotavljajo enotne pogoje preizkušanja, ki so glavni pogoj za neposredne medsebojne primerjave rezultatov.

Poleg standardne metode preizkušanja v kontroli kakovosti se po individualnih zahtevah izvajajo še številne druge metalurške raziskave, kot so:

- izdelava kompletnih TTT diagramov,
- razne dilatometrijske preiskave za ugotavljanje premenskih točk, razteznostnih koeficientov in popuščnih efektov,
- diferencialno termične analize,
- kompleksne preiskave kaljivosti in popuščne obstojnosti,
- preiskave z uporabo rentgenske difraktoetrije,
- raziskave z uporabo elektronskega mikroskopizatorja in podobno.

Primerjava premenskih točk in drugih efektov med konvencionalnim in EPŽ jeklom je večkrat zelo zanimiva, ker vpliv pretaljevanja pod žlindro na te pomembne karakteristike jekla še ni dovolj sistematično pojasnjen. V literaturi je v zvezi s premenskimi karakteristikami in popuščnimi efekti več trditev, ki so si celo nasprotujoče in se zdijo premalo preverjene.

V ozki povezavi s tovrstnimi analizami so preiskave z uporabo rentgenske difraktoetrije in kvantitativne metalografije posebno pomembne.

Obseg osvajanja in proizvodnje EPŽ obrata Zelezarne Ravne v letu 1973

Osnovni namen obratovanja EPŽ naprave v prvem polletju je bilo osvajanje tehnologije pretaljevanja za tipične vrste jekel perspektivnega proizvodnega programa EPŽ jekel. Potrebne so bile zelo obsežne raziskave za oceno uspešnosti tehnologije. V okviru delnega angažiranja naprave za redno proizvodnjo so bile izdelane poizkusne količine jekla za praktični preizkus uporabnosti na določenih področjih.

Razumljivo je, da ob enoizmenskem in delno dvoizmenskem obratovanju v prvem obdobju še ni mogoče pričakovati ekonomsko ugodnih rezultatov, posebno še ob upoštevanju dejstva, da takih visokovrednih jekel na tržišču ni mogoče uveljaviti v kratkem času brez utemeljene in praktično preizkušene upravičenosti višje cene.

Naslednja tabela 1 podaja pregled vrst jekel, ki so bila v programu osvajanja tehnologije v poizkusni EPŽ proizvodnji v obdobju prvega polletja 1973.

Že v prvem obdobju osvajanja so bila potrjena predvidevanja o osnovni strukturi proizvodnega programa EPŽ jekel. Zaradi določenih potreb in neposrednih naročil se je že takoj v prvem obdobju izkazal naslednji prioriteten vrstni red:

— 35 % celotne proizvodnje EPŽ jekla predstavljajo orodna jekla za delo v vročem, tipa utop Mo 2 in utop Mo 1,

— 21 % skupne proizvodnje EPŽ jekla predstavljajo orodna jekla za delo v hladnem, predvsem obstojna proti obrabi tipov OCR 12 VM in OCR 12 in

— 18 % skupne proizvodnje EPŽ jekla predstavljajo jekla za izdelavo valjev za hladno valjanje, tipov OHV 4 in OHV 3.

Te tri skupine orodnih jekel predstavljajo v prvem polletju 1973 skupaj 74 % celotne EPŽ proizvodnje.

Osvajanje in raziskovalno-razvojno delo v drugem polletju 1973 je bilo usmerjeno predvsem na:

— postopno optimizacijo izkoriščenosti EPŽ naprave, izpopolnjevanje tehnologije in dokumentacije tehnoloških predpisov, izpopolnitev kontrolnih listov in zajemanja stroškov ter analizo kritičnih postavk v strukturi stroškov,

— izpopolnitev proizvodnih naprav in potrebne dodatne opreme v EPŽ obratu,

— izpopolnjevanje in ureditev celotne tehnologije od izdelave šarže do končnega izdelka za najpomembnejše skupine orodnih jekel,

— sistematično primerjavo stroškov za zaključene tehnološke cikle med konvencionalnim in EPŽ jeklom,

— osvojitve tehnologije EPŽ za nekatera druga specialna jekla in standardna jekla, namenjena za specialne izdelke.

DOSEDANJE UGOTOVITVE IN REZULTATI POSEBNIH RAZISKAV V INDUSTRIJSKIH PROIZVODNIH OBRATIH

V primerjavi s klasično litimi ingoti je pri EPŽ ingotih opaziti očitno boljšo kakovost površine. To velja za vse vrste jekel, posebno pa je bilo to očitno pri nizko legiranih kromovih jeklih za kroglične ležaje (Č.4146 — OCR 4 ex. spec.) in valje za hladno valjanje (Č.4843 — OHV 3, Č.4740 — OHV 4). Bistveno boljšo površino ingotov smo opazili tudi pri jeklu Č.4770 — Prokron 5. Pri edinem predstavniku konstrukcijskih nerjavnih jekel Č.4572 - Prokron 11 special je površina ingotov izredno lepa.

Podobno kakor za površino ingotov so bila potrjena pričakovanja tudi glede notranje kompaktnosti in homogenosti ingotov. Razen pri nekaterih posameznih izjemah v toku osvajanja tehnologije nismo ugotovili centralne poroznosti ali redkosti sredine, kakor tudi ne večjih makro vključkov ali drugih notranjih napak.

Gostota jekla

Pri makro in mikro preiskavah EPŽ jekel smo dobili vtis večje gostote že v litem stanju. Iz literature je poznano, da predstavljajo rezultati na-

Tabela 1 — Poprečne kemijske sestave jekel iz programa osvajanja EPŽ proizvodnje

Vrsta jekla JUS 2R	C %	Si %	Mn %	Cr %	Ni %	W %	V %	Mo %	Co %	Nb %	N %
Č.9683 BRU	1,25			4		10	3,2	3,7	10,5		
Č.4751 UTOP MO 1	0,4	1		5			0,4	1,3			
Č.4753 UTOP Mo 2	0,4	1		5			1	1,5			
Č. — UTOP Mo 4	0,5	1		5			1	1,5			
Č. — OA 2	1			5			0,3	1			
Č.6451 UTOP 2	0,3			2,5		9,0	0,4				
Č.4850 OCR 12 VM	1,55			12			1	0,9			
Č.4150 OCR 12	2,1			12			0,10				
Č.4146 OCR 4 ex. sp.	1			1,5							
Č.4843 OHV 3	0,85			1,8			0,1				
Č.4740 OHV 4	0,85			1,8			0,1	0,3			
Č.4770 PROKRON 5	0,5			14				0,4			
Č.4572 PROKRON 11 sp.	<0,08	0,5	1,4	18	10,5						> 8x % C
Č.4870 28 - 30 - 4 N	0,55		9	21	4		1	1		1	0,4
Č.4721 ECMo 100	0,2			1,2				0,25			
Č.4320 EC 80	0,16		1,1	0,9							
Č.1330 C 22	0,22										

tančnih meritev gostote jekla zelo pomemben kriterij za oceno kakovosti EPŽ jekla in pravilnosti tehnologije, po kateri je bilo jeklo izdelano. Za tako natančne meritve gostot trenutno še nismo ustrezno opremljeni.

Kemijska sestava

Obširne raziskave so bile izvedene v zvezi z ugotavljanjem kemijske homogenosti EPŽ jekel s številnimi analizami vzorcev, izrezanih iz raznih položajev v preseku EPŽ ingotov, porabnih elektrod in EPŽ gredic.

Ugotovitve teh raziskav so zelo pomembne, ker je že pri izdelavi jekla v elektroobločni peči potrebno z določenimi spremembami standardne kemijske sestave jekla zagotoviti želeno sestavo EPŽ jekla.

Raziskave spreminjanja vsebnosti posameznih elementov med pretaljevanjem in izcejanja po preseku in višini ingota so predmet posebnih nalog za izpopolnjevanje tehnologije električnega pretaljevanja pod žlindro. Najpomembnejši elementi, ki jih moramo pri tem obravnavati, so vsekakor silicij, mangan, aluminij, titan in žveplo. Drugi elementi se med pretaljevanjem ne spremi-

najo po svoji vsebnosti toliko, da bi bilo to posebej pomembno. Za kakovost EPŽ jekla je vsekakor najpomembnejša možnost učinkovitega zniževanja vsebnosti žvepla in v določenih primerih predvsem pri orodnih jeklih tudi silicija med pretaljevanjem.

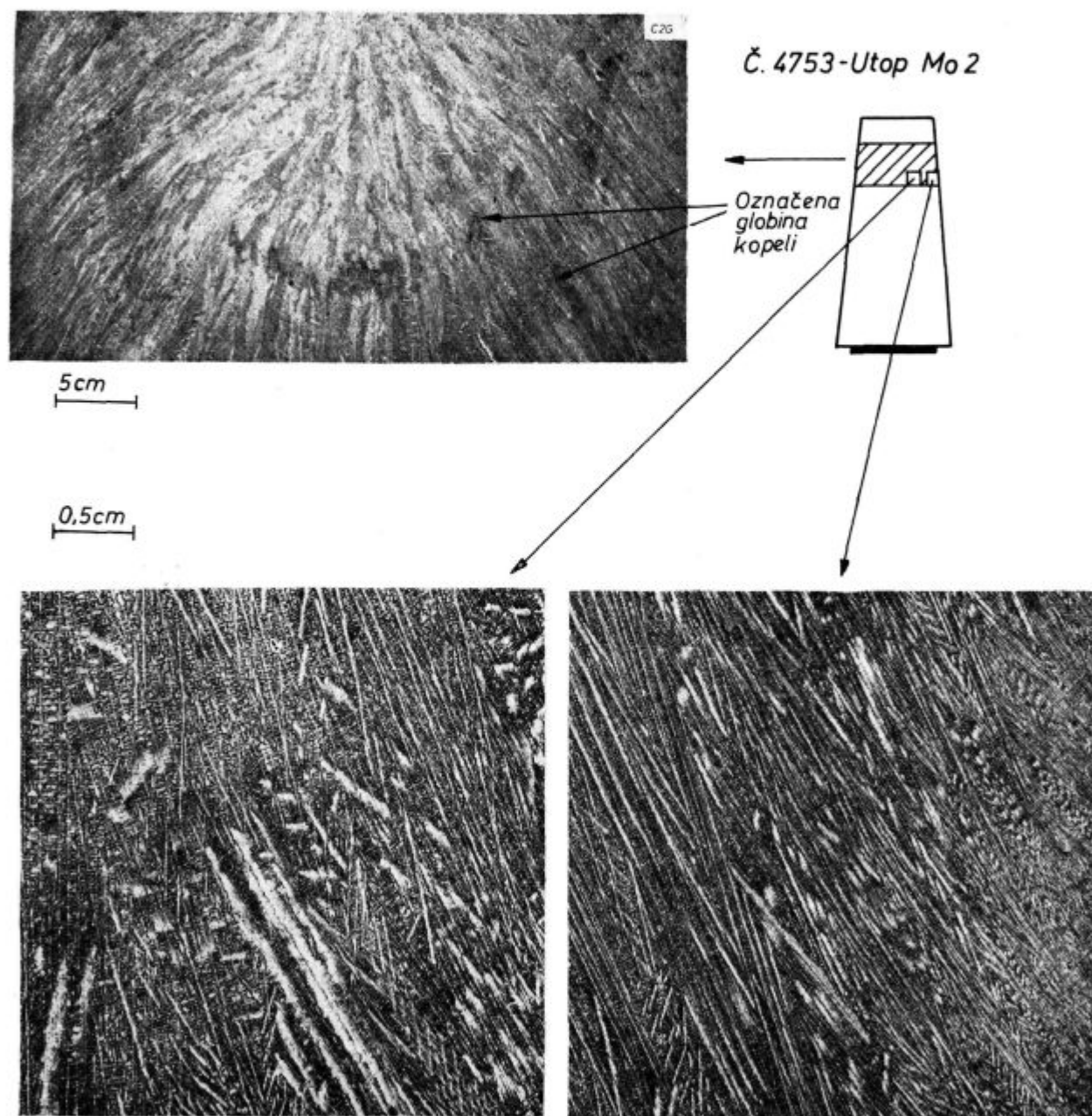
Posebej lahko opozorimo na pomen splošnega zmanjševanja nečistosti v jeklu, tako eksogenih kot endogenih vključkov. Se posebej pomembno je, da tehnologijo pretaljevanja lahko dokaj orientiramo na odpravljanje določene vrste vključkov.

Makrostrukture

S spreminjanjem pogojev v tehnologiji elektropretaljevanja pod žlindro lahko zelo učinkovito vplivamo na izoblikovanje makrostrukture strjenega ingota. Poleg zagotavljanja kompaktne notranjosti bloka lahko s spreminjanjem hitrosti odtaljevanja elektrode in z odnosi dovedene energije ter napetosti in jakosti toka reguliramo profil tekoče kopeli jekla. V zelo širokih mejah lahko menjamo globino kopeli in hitrost naraščanja EPŽ ingota. Z obvladanjem tehnoloških pogojev imamo dokaj dobro v rokah tiste vplive, ki odločajo o hitrosti strjevanja in o usmerjenosti kristaliza-

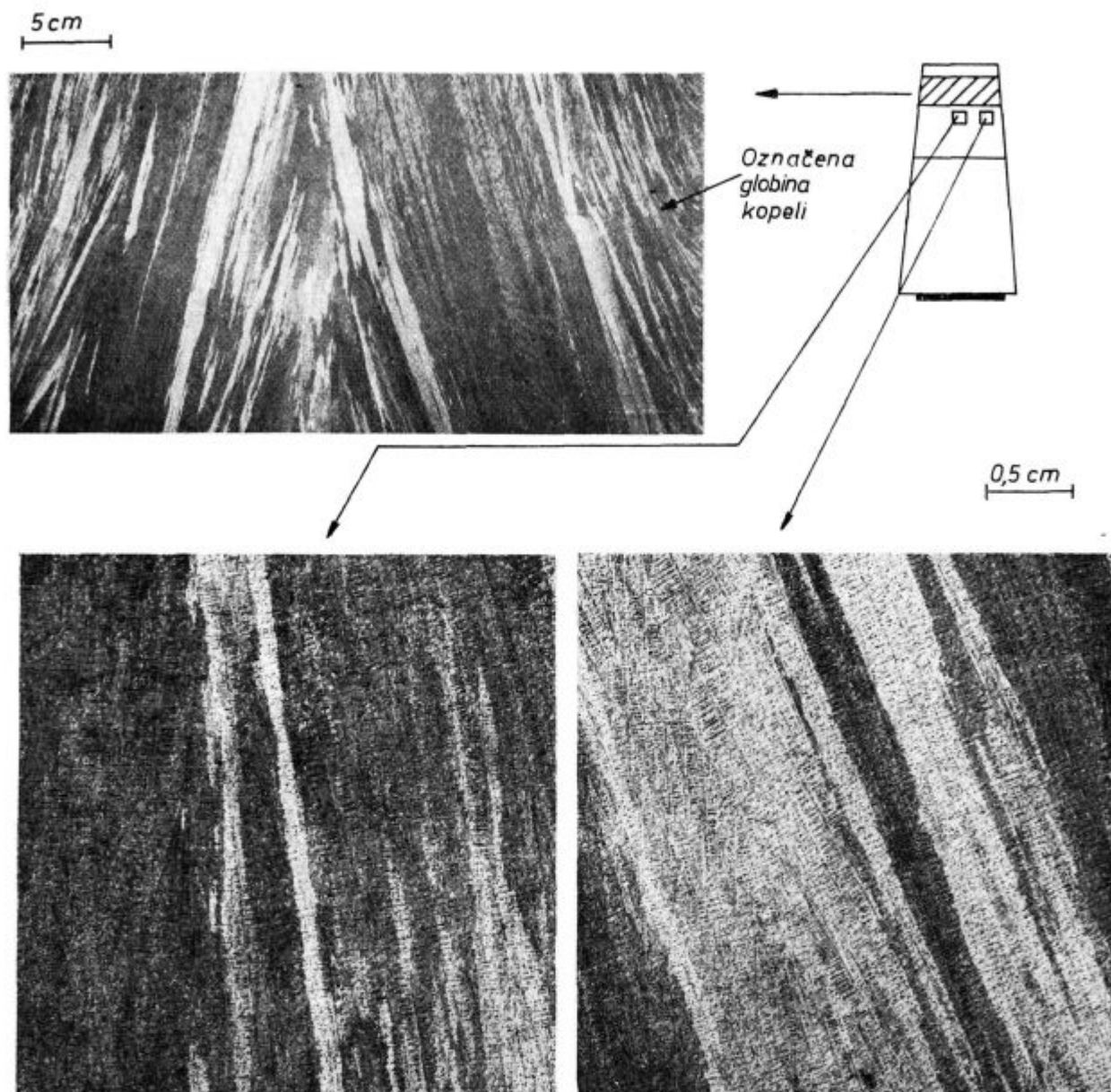
cije. Slika 8 nam nazorno prikazuje, kako pomembna je na tem področju raziskava makrostrukture jekla, za kar je v fazi osvajanja potrebno razrezovanje ingota in prekinjanje pretaljevanja z označevanjem globine kopeli in dokumentiranjem geometrije odtaljevalnega stožca elektrode. Zgornja slika nam prikazuje makrostrukturo iz vzdolžnega preseka ingota blizu glave. Jasno so vidni sledovi označevanja globine kopeli, oz. strjevalne fronte. Spodnji dve sliki prikazujeta detajla, ki sta v primerjavi z zgornjo sliko 10-krat povečana, njun položaj pa je razviden iz skice ingota. V makrostrukturi jasno vidimo smer in

velikost dendritov, katerih rast med strjevanjem lahko spreminjamo v precej širokih mejah. Od kota, pod katerim rastejo dendriti, je v veliki meri odvisna sposobnost za vročo predelavo, od kombinacije teh kotov in poteka deformacij pri določeni tehnologiji kovanja pa je odvisna stopnja izotropnosti mehanskih in fizikalnih lastnosti odkovka. V zvezi s tem je izredno širok maneverski prostor raziskovanja tehnologije tako imenovanih posebnih postopkov, ki so specialiteta posameznih proizvajalcev. Zaradi znanih značilnih lastnosti makro in mikrostrukture nerjavnega jekla so raziskave teh jekel še bolj zanimive.



Slika 8:
Makrostruktura EPZ ingota Č.4753—utop Mo 2

Č.4572-PROKRON 11 special



Slika 9:
Makrostruktura EPŽ ingota Č.4572 — prokron 11 sp.

Na sliki 9 so na enak način kot v sliki 8 prikazane makrostrukture nerjavnega jekla Č.4572 — Prokron 11 special.

Sposobnost za predelavo v vročem

Izkušnje pri kovanju in valjanju konvencionalno izdelanih ingotov in EPŽ ingotov so praktično v vseh primerih potrdile pričakovanja z ugotovitvijo, da je sposobnost za predelavo v vročem pri vseh predelovanih EPŽ ingotih mnogo boljše. To je tudi razumljivo z ozirom na znane pogoje kristalizacije in prikazane makrostrukture EPŽ ingotov. Izboljšanje predelavne

sposobnosti je poznana in posebno cenjena prednost EPŽ jekel, saj prav ta omogoča, da si pri EPŽ asortimentu orodnih jekel lahko privoščimo tudi take sestave, ki imajo bistveno povečano obrabno obstojnost. Jekla s tako sestavo v obliki klasično litih ingotov skoraj ne bi bila sposobna za racionalno predelavo v vročem.

Za orientacijo smo izvršili nekaj preizkusov predelavne sposobnosti s torzijo v vročem na preizkušancih, izrezanih iz nepredelanih EPŽ ingotov. V načrtu imamo širše sistematične preiskave predelavne sposobnosti, zato pri teh prvih orientacijskih preizkusih nismo posvečali posebne pazljivo-

sti položaju izrezanih preizkušancev z ozirom na usmerjenost kristalizacije. Preizkušance smo izrezovali iz roba in iz sredine EPZ ingotov. Preizkušali tudi nismo predelavne sposobnosti v celotnem temperaturnem intervalu, ampak smo izbrali za primerjalne preizkuse samo tiste temperature, za katere smo že razpolagali z nekaterimi rezultati preizkušanja, kar pa ne pomeni, da so to optimalne temperature.

Pri teh poizkusih smo ugotovili, da število obratov do zloma pri preizkušancih jekla Č.4753 — Utop Mo 2, izrezanih iz nepredelanega EPZ ingota, lahko nekako primerjamo z rezultati, ki smo jih dobili pri konvencionalno izdelanem jeklu Č.4751 — Utop Mo 1 in Č.4753 — Utop Mo 2 v predelanem stanju.

Podobno razpolagamo s primerjalnimi podatki za jeklo Č.4146—OCR 4 ex. spec. Lahko trdimo, da ima EPZ ingot bistveno boljše predelavnost kot klasičen ingot, ker je predelavnost EPZ ingota ob robu že zelo blizu doseženih predelavnosti klasičnega jekla v prekovanem stanju.

Ugotovitve laboratorijskega preizkušanja se zelo dobro ujemajo z opažanji pri kovanju EPZ ingotov pod stiskalnico. Najvišje legirano in zelo težko predelavno brzorezno jeklo Č.9683 — BRU se v EPZ izvedbi bistveno boljše predeluje. Podobno smo ugotovili tudi pri kovanju visoko legiranega ledeburitnega orodnega jekla za delo v hladnem Č.4850 — OCR 12 VM. Zaradi izboljšane plastičnosti so se ti ingoti izredno lepo kovali, obenem pa smo ugotovili, da kaže EPZ jeklo sposobnost za vročo predelavo v znatno širšem temperaturnem intervalu. Nadaljnje sistematične raziskave bodo usmerjene v preverjanje teh ugotovitev in šele z njimi bomo ugotovili optimalni temperaturni in časovni režim ogrevanja pred prede-

lavo, temperaturni interval predelave in maksimalne dopustne stopnje deformacije.

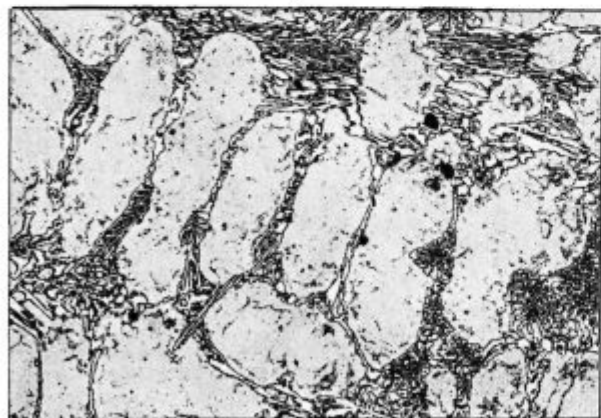
Orodno jeklo za delo v vročem tipa Č.6451 — Utop 2, ki je sicer znano po problemih vroče predelave, je pri kovanju EPZ ingotov kazalo dobro sposobnost za plastično deformacijo v vročem. Pri kovanju ni bilo nobenih težav. Tudi novo orodno jeklo z oznako OA 2, ki ustreza ameriškemu tipu visoko trdnega konstrukcijskega in orodnega jekla A 2, je kljub visoki vsebnosti ogljika v EPZ izvedbi dobro predelavno.

Mikrostrukture

Pri metalografskih pregledih preizkušancev, izrezanih na različnih mestih iz nepredelanih EPZ ingotov, smo opazili, da je velikost dendritov v teh ingotih neprimerno manjša od dendritov v ingotih enake velikosti, litih po konvencionalnem postopku. Za take kvantitativne ocene so posebno primerna ledeburitna orodna jekla na bazi visokega kroma in visokega ogljika ter brzorezna jekla. Velikost zrn, obkroženih z ledeburitnim evtektikom, je pri EPZ ingotih bistveno manjša. Tudi velikost karbidnih zrn je manjša. To posebej poudarjamo zato, ker primerjave EPZ gredic, izdelanih iz EPZ ingotov, v primerjavi z elektrodami, izdelanimi iz konvencionalnih ingotov, pri uvodnih orientacijskih preiskavah niso pokazale tako očitnih sprememb v prid EPZ izvedbi.

Žal smo ugotovili, da smo v času raziskave naleteli na nenormalne in zelo neugodne razmere v kovačnici, tako da so bili zaradi zastojev časi ogrevanja ingotov na visoki začetni temperaturi nenormalno dolgi. Iz mnogih raziskav z brzoreznimi jekli in ledeburitnimi Cr—C orodnimi jekli pa vemo, da dolgotrajno ogrevanje na visokih temperaturah neugodno vpliva, ker se razmeroma

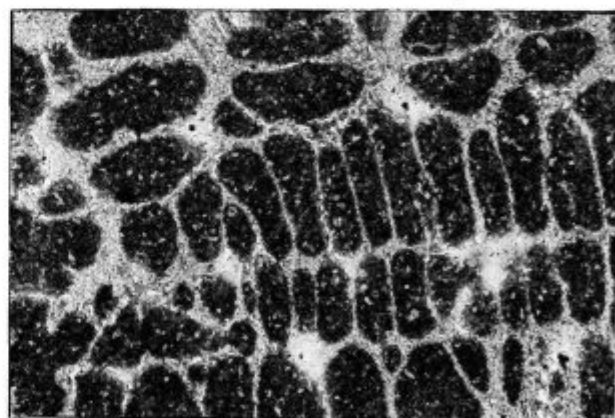
KLASIČNO LITO ϕ 220mm



POPREČNA MEDDENDRITNA RAZDALJA $120\mu\text{m}$

0,1mm

EPZ NEPREDELAN INGOT ϕ 400mm



POPREČNA MEDDENDRITNA RAZDALJA $40\mu\text{m}$

0,1mm

Slika 10

Primerjava mikrostrukture klasično litega jekla kv. 220 mm in nepredelanega EPZ ingota kv. 400 mm — Č.4150 — OCR 12

fina rebra ledeburitnega eutektika koagulirajo v groba karbidna zrna, katerih ni mogoče več bistveno zmanjšati niti z nadaljnjo vročo predelavo. Tako smo torej visoko kvalitetno EPZ jeklo zaradi nenormalnosti pri vroči predelavi pokvarili. To naj v prihodnje velja kot posebno opozorilo.

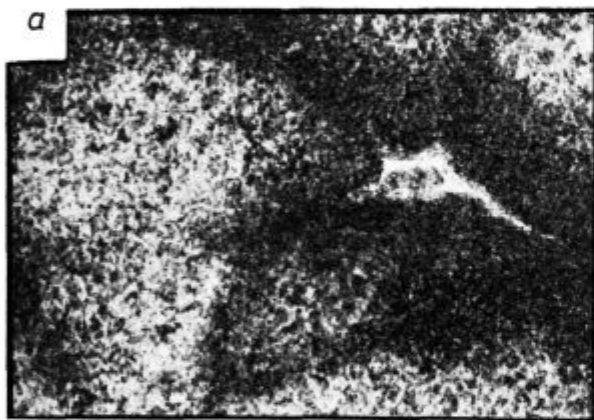
Pri ingotih v nepredelanem stanju smo tako pri orodnih jeklih tipa Utop Mo kot pri ledeburitnih orodnih in brzoreznih jeklih ugotovili znatno ugodnejšo usmerjenost dendritov in predvsem bistveno manjše meddendritne razdalje v primerjavi s klasičnimi ingoti.

Na sliki 10 je za jeklo Č.4150 — OCR 12 podana primerjava povprečnih meddendritnih razdalj za klasično in EPZ jeklo. Posebej je treba poudariti, da je za klasično izdelano jeklo prikazana mikrostruktura lite porabne elektrode s presekom kv. 220 mm, za EPZ jeklo pa je prikazana mikrostruktura nepredelanega EPZ ingota s presekom kv. 400 mm, izdelanega iz te elektrode. Kljub mnogo večjemu preseku so povprečne meddendritne razdalje pri EPZ jeklu trikrat manjše kot pri kla-

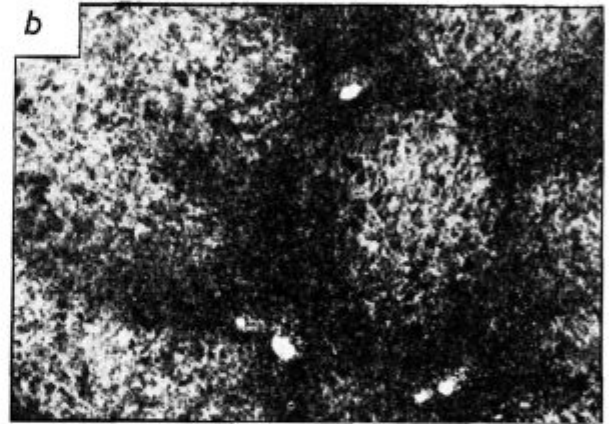
sično litem. Mikrostruktura je torej izredno fina in enakomerna, kar je zelo pomembno za mnoge lastnosti, ki so od razporeda karbidov prvenstveno odvisne. Seveda je od pogojev vroče predelave v veliki meri odvisno, kako to ugodno izhodno strukturo ohranimo in še izboljšamo. Z nepravilnimi pogoji ogrevanja in kovanja lahko marsikaj tega, kar smo z EPZ postopkom pridobili, zlahka pokvarimo.

Na sliki 11 je prikazana zanimiva primerjava mikrostruktur klasičnega in EPZ jekla Č.4146 — OCR 4 ex. spec. Na zgornjih dveh slikah sta prikazani mikrostrukturi klasično litega nepredelanega ingota pri glavi in v sredini. Jasnó so vidne izceje in tudi izločeni karbidi.

Spodnja slika pa prikazuje mikrostrukturo nepredelanega EPZ ingota enake velikosti pri glavi. Očitna je razlika v velikosti nakazanih zrn. Povprečne meddendritne razdalje so pri klasičnem ingotu dva do trikrat večje kot pri EPZ ingotu, posebna prednost pa je v tem, da praktično nismo našli izločenih karbidov na stičiščih zrn. Prikazana

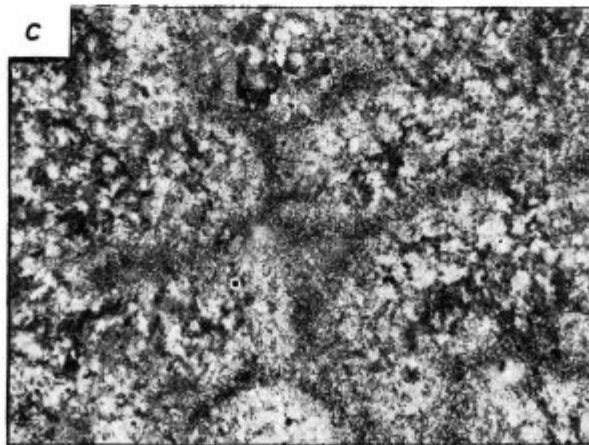


SREDINA



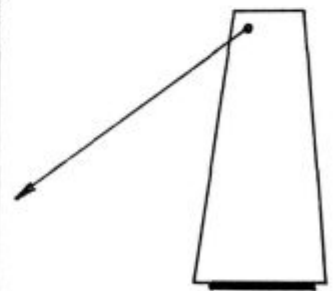
GLAVA

POPREČNA MEDDENDRITNA RAZDALJA 400 μm



0,1mm

POPREČNA MEDDENDRITNA RAZDALJA 150 μm



Slika 11:

Primerjava mikrostruktur klasičnega in EPZ jekla Č.4146 — OCR 4 extra special v nepredelanem žarjenem stanju (a in b — klasično lit ingot 2 t, c — EPZ ingot 2 t)

mikrostruktura klasičnega ingota na zgornjih dveh slikah pa ni najbolj kritična, saj večkrat srečamo mnogo bolj neenakomerne mikrostrukture in grobe karbidne izceje, ki jih je zelo težko ali pa skoraj nemogoče odpravljati v toku predelave in toplotne obdelave jekla. Poglejmo še nekaj problematičnih mikrostruktur v klasično litem nepredelanem ingotu jekla Č.4146 — OCR 4 ex. spec. na sliki 12. Na levi strani so prikazane zelo različne mikrostrukture v različnih položajih preseka ingota, na desni strani pa so detajli teh mikrostruktur pri petkrat večji povečavi. Takih karbidnih segregacij s homogenizacijo, predelavo in toplotno obdelavo skoraj ne moremo z gotovostjo odpraviti, zato še bolj cenimo ugotovitev, da s pregledom mikrostruktur na različnih položajih preseka EPŽ ingota nismo opazili grobih karbidnih izcej. K temu prav gotovo pripomore tudi splošno večja homogenost porazdelitve kemijskih elementov z

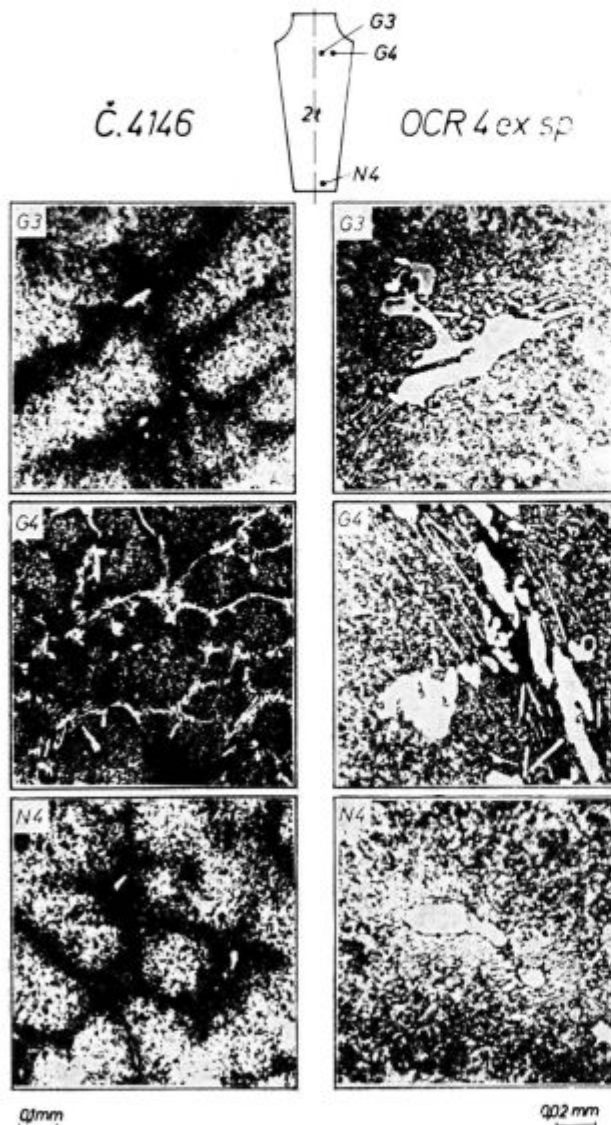
zmanjšanjem blokovnih izcej po višini in preseku EPŽ ingota. Karbidne izceje in neenakomernost mikrostrukture je večkrat povezana tudi s splošno čistostjo jekla in z razporedom vključkov. Primerjave vključkov in vsebnosti žvepla v tem jeklu ne navajamo, ker te primerjave najdemo v številnih publikacijah s področja elektropretaljevanja pod žlindro. Zadovoljimo se z ugotovitvijo, da je EPŽ jeklo neprimerno čistejše, da je mikrovključkov, posebno sulfidnih bistveno manj, grobih vključkov pa pri EPŽ jeklu skoraj sploh ne poznamo. Pri jeklu za kroglične ležaje je zaželena čim nižja vsebnost žvepla in fosforja. Ker znižanje žvepla pri elektropretaljevanju pod žlindro sploh ne predstavlja problema, se lahko z jeklarsko tehnologijo pri izdelavi jekla za elektrode posvetimo predvsem znižanju fosforja. Številni avtorji navajajo velike prednosti EPŽ jekla za kroglične ležaje, predvsem glede obrabne obstojnosti, dinamične vzdržljivosti in splošne življenjske dobe ležajev.

Za perspektive EPŽ jekel za kroglične ležaje pa predstavlja poseben problem cena jekla, ki je izredno nizka in ne prenese stroškov pretaljevanja, zato se uporaba EPŽ jekla omejuje le na izdelavo specialnih ležajev.

Na področju brzoreznih jekel je z EPŽ postopkom omogočeno bistveno izboljšanje homogenosti in mikrostruktur pri večjih formatih ingotov. Z EPŽ postopkom lahko z zmanjšanjem meddendritnih razdalj dosežemo finejšo ledeburitno mrežo. Pri klasičnem ingotu z naraščajočim formatom ingota hitro narašča velikost ledeburitne mreže in neenakomernost mikrostrukture po preseku ingota. Te razlike so pri EPŽ pretaljevanju zaradi značilnosti tehnološkega postopka bistveno manjše, zato se odpirajo nove možnosti povečanja formata EPŽ ingota. Z enakomernejšo in finejšo ledeburitno mrežo je bistveno izboljšana tudi predelavna sposobnost teh jekel. Železarna Ravne danes že lahko izdelava kakovosten odkovek iz brzoreznega jekla z največjim presekom \varnothing 300 mm in težo do ca. 1500 kg, kar po klasični tehnologiji ni izvedljivo.

Mehanske lastnosti

Prednosti EPŽ jekla glede mehanskih lastnosti se izražajo predvsem v boljših mehanskih lastnostih v prečni smeri. S posebnimi postopki predelave EPŽ jekel je mogoče mehanske lastnosti v prečni smeri zelo približati tistim, ki jih dobimo s preizkušanci, izrezanimi v vzdolžni smeri. EPŽ jeklo nima bistveno drugačnih trdnostnih lastnosti, pač pa ima pri enaki trdnosti boljše žilavost, kontrakcijo, raztezek in predvsem boljše dinamične lastnosti. Pri jeklu za poboljšanje smo v nekaterih primerih dosegli s pretaljevanjem trikrat večjo žilavost v prečni smeri — povečanje od 5 na 15–18 kpm/cm². Z orientacijskimi preizkusi smo pri jeklu Utop Mo 2 ugotovili, da ima nepredelano EPŽ jeklo celo boljše ali vsaj enake me-



Slika 12:

Mikrostrukture klasično litega ingota teže 2t v nepredelanem stanju — jeklo Č.4146 — OCR 4 extra special

hanske lastnosti v vročem (pri temperaturah preizkušanja 520 in 600°C) kot standardno jeklo v predelanem stanju.

Pri orientacijskem preizkušanju mehanskih lastnosti nerjavnega jekla Č. 4572 — Prokron 11 special v nepredelanem stanju EPŽ ingota smo ugotovili boljše ali vsaj enake mehanske lastnosti, kot jih dosegajo preizkušanci iz valjanih gredic kv. 150 mm, izdelanih iz klasičnih dvotonskih ingotov. Žilavost v vzdolžni in prečni smeri se praktično ne razlikuje.

Dobave EPŽ jekel in informacije o obnašanju v praktični uporabi

Pretežna količina v prvem polletju 1973 izdelanega EPŽ jekla je bila porabljena za interne raziskovalne namene in za preiskave v zvezi z razvojem EPŽ tehnologije v železarni Ravne. Normalno je za definiranje osnovne tehnologije pretaljevanja potrebno izdelati vsaj tri EPŽ ingote, od katerih je prvi neuporaben zaradi večkratnih prekinitev z izvajanjem vseh potrebnih meritev. Drugi ingot je potrebno razrezati za preiskavo makro in mikrostruktur, ki služijo za oceno dosežene kakovosti v odvisnosti od tehnoloških pogojev. Tretji ingot se poizkusno predela. V kolikor so potrebne kakršnekoli korekture pri izpopolnjevanju tehnologije, je potrebno še ustrezno število dodatnih ingotov. Stroški osvajanja so torej zelo veliki in vsaj delno jih zmanjšujemo s preliminarnim preizkušanjem tehnologije, izbire pogojev in EPŽ žlinder na majhni laboratorijski napravi na metalurškem inštitutu. Kljub temu v obdobju osvajanja ostane na razpolago razmeroma malo jekla za dobavo potrošnikom.

V fazi osvajanja nas predvsem zanimajo informacije o obnašanju EPŽ jekel v praktični uporabi. Zato smo posameznim podjetjem s karakterističnimi področji proizvodnje dobavili določene

poizkusne količine, bodisi po posebnem naročilu in dogovoru o dobavi EPŽ jekla, bodisi v okviru rednih naročil. Prejeli smo že mnogo ugodnih ocen, čeprav večina dobavljenega jekla še ni praktično preizkušena, ker je to vezano na dolgotrajno sistematično delo.

Ob koncu leta 1973 z zadovoljstvom ugotavljamo, da je večji del predvidenega sortimenta proizvodnje EPŽ jekel zadovoljivo osvojen za redno proizvodnjo. Izvršene raziskave so potrdile vsa pričakovanja glede kakovosti EPŽ jekel. Povratne informacije o izkušnjah pri uporabi EPŽ jekel so še nepopolne, kolikor pa smo jih že zbrali, so zelo ugodne. Potrebno bo tudi vnaprej tesno neposredno sodelovanje z uporabniki EPŽ jekel, ker so možnosti doseganja specifičnih kakovostnih lastnosti zelo velike na osnovi usmerjenega reguliranja tehnoloških pogojev pretaljevanja k določenim ciljem glede kakovosti jekla.

Zanimanje za dobave EPŽ jekel je v letu 1973 zelo hitro naraščalo in presegló pričakovanja. Lahko z gotovostjo pričakujemo, da bo že v prvem polletju 1974 angažirana letoletna razpoložljiva kapaciteta EPŽ obrata za leto 1974. To pa solidno utemeljuje smernice načrtovanega nadaljnega razvoja, po katerem bodo kapaciteta in proizvodne možnosti obstoječe naprave v naslednjih letih precej povečane. Ko bo nominalna kapaciteta povsem izkoriščena, naj bi naslednja nova naprava z normalno proizvodnjo EPŽ ingotov teže do 15 ton (maksimalna možnost 25—30 ton) in s premerom ingotov do 1000 mm odprla s težkimi odkovki povsem novo področje uporabe EPŽ jekel. Znatno se bo s tem povečala splošna ekonomičnost EPŽ proizvodnje, ki bo predvidoma pokrila vse pričakovane potrebe jugoslovanskega tržišča po specialnih EPŽ jeklih, obenem pa razpolaga z znatnim deležem kapacitete za izvoz visokovrednih izdelkov.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Elektroschlackeumschmelzverfahren ist das neueste Verfahren für die Erzeugung von Stahl der besten Qualität mit einer homogenen und kompakten Kristallisation und einer Reihe von besonderen Qualitätsvorteilen. Das Hüttenwerk Ravne hat das ESU Verfahren in seinem Erzeugungsprogramm seit Anfang des Jahres 1973. Dieser Artikel ist ein Auszug des Vortrages, vorgetragen vom Autor an der ersten jugoslawischen Beratung über die ESU Stähle (im September 1973 in Ravne na Koroškem) und des Vortrages am Hüttenstag in Portorož (im Oktober 1973), und gibt einige Informationen über die halb-jährigen Erfahrungen bei der Einführung und der normalen Produktion von ESU Stahl im Hüttenwerk Ravne.

In der kurzen Übersicht des heutigen Zustandes sind die grundlegenden Eigenheiten und Erzeugungsmöglichkeiten, eine Darstellung des Verfahrens von der Elektrodenvorbereitung bis zu der Verarbeitung der ESU Blöcke, Möglichkeiten und Formen des gelieferten ESU Stahles, die technologischen Wege bei der Erzeugung von ESU Stahl und einige Informationen über die Qualitäts- und Zuverlässigkeitskontrolle angegeben. Auch eine Information über den Erzeugungsprogramm und die Entwicklungstendenzen ist gegeben.

Auf den genannten Beratungen ist auch eine Übersicht über die eigenartigen Qualitätseigenschaften der ESU Stähle gegeben worden, was aber bis ins kleinste in den folgenden Artikeln bearbeitet wird.

SUMMARY

Electro-slag remelting of steel (ESR) is the newest steelmaking process in manufacturing steels of the highest quality with homogeneous and compact crystallization

and with many special quality properties. The Ravne Ironworks introduced the ESR process in its production program in the beginning of 1973. The paper is a summary

of the paper to the first Yugoslav Conference on ESR steel, Ravne na Koroškem, September 1973, and of the paper on Metalurško srečanje, Portorož, October 1973, and gives some informations on half-year experiences in introducing and regular production of ESR steel in Ravne Ironworks.

In a short description of the present state basic characteristics and production possibilities, presentation of

the industrial process from preparation of electrodes to working of ESR steel ingots, possibility and shapes of delivered ESR steels, technological solutions in ESR steel manufacturing, and some informations on production program and development trends are given.

On the mentioned conferences also a review of characteristic quality properties was given but this will be presented later in a series of special papers.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Способ электрического переплавления стали под шлаком (ЕЩП) представляет самое новейшее достижение производства стали высокого качества, компактной и однородной кристаллизации и целым рядом специальных преимуществ, что касается качества. Металлургический завод Равне внёс ЕЩП способ в свой план деятельности производства стали в начале 1973-го г. В статье, в форме осмотра, подан доклад с первого югославского совещания о ЕЩП-сталях (сентября 1973-го г. в Равнах) и доклад с совершения металлургов в Портороже (октября, 1973-го г.); некоторые сведения о полугодовых опытах при освоении и регулярного производства ЕЩП-стали в металл-ом заводе Равне.

С коротким описанием теперешнего состояния этого способа поданы основные характеристики процесса и возможности в промышленном производстве, начиная с приготовлением электрода до переработки ЕЩП-слитков. Рассмотрены также технологические направления при производстве ЕЩП-стали, а также некоторые сведения о контроле и надёжности качества. На упомянутых докладах приведен обзор качественных свойств стали этого способа производства, которые будут обширно изложены в будущих работах на эту тему.