

Tehnične novice

Triletno sodelovanje med metalurškimi inštituti EGS in SFRJ

Alojz Prešern

Na osnovi sklepa Kontaktne skupine za sodelovanje na metalurškem področju med EGS in SFRJ ter obojestranske priprave potrebnih raziskovalnih programov s področja »litje in strjevanje konti odlitega jekla« smo v letu 1980 pričeli konkretne raziskave v okviru navedenega obojestransko potrjenega in sprejetega projekta za dobo 3 let.

Zahodnoevropski metalurški inštituti so v tem projektu sodelovali v naslednji sestavi: CRM Liege, TU Clausthal, TU Berlin, CSM Roma. Prezentirali so obdelavo naslednje problematike:

- vpliv sekundarnega hlajenja na nabreklost in kvaliteto strukture konti odlitih bram,
- izboljšanje livnih pogojev pri konti litju gredic,
- strjevalna struktura in nastanek makrosegregacij pri konti litju bram kot posledica nabreklosti strjene skorje,
- uvajanje pogojev za tehnologijo za pospešeno strjevanje konti litih gredic (FAST-tehnologija z dodatkom kovinskega prahu).

Metalurški inštituti SFRJ v sestavi: Tehnološki fakultet Beograd in Sektor za raziskave MK Smederevo, Inštitut za metalurgijo Sisak, Metalurški inštitut H. B. Zenica, SŽ-Metalurški inštitut Ljubljana so v uresničevanju triletnega projekta sodelovali z raziskavami iz naslednje tematike:

- raziskave defektnosti vertikalno-konti odlitih bram,
- vpliv kvalitete kokilnih praškov na lastnosti konti litih gredic in raziskave kvalitete prahov,
- vpliv ognjevarnih materialov v jeklarski ponovci (šamota in dolomit) na količino in kvaliteto vključkov,
- vpliv obdelave taline v ponovci z vpihovanjem CaSi prahu na livnost in kvaliteto konti litih gredic.

V dobi treh let (do začetka leta 1983) so bili ogledi zahodnoevropskih inštitutov: CRM Liege, CSM Roma, TU Clausthal, VDEh Düsseldorf, Max Planck Institut Düsseldorf, ogledi železarn Terni v Italiji, Hoesch v Zah. Nemčiji, Duisburg Hamborn v Zah. Nemčiji, ogledi SFRJ inštitutov v Sisku, Zenici, Beogradu, Smederevu, ogledi železarn Ravne, Smederevo, Sisak, Zenica, koksarne Tuzla. V tem času smo prejeli od vodje raziskovalnega dela za metalurgijo v okviru EGS več zelo dragocenih težko dosegljivih strokovnih knjig, poročil in revij o elektro pečeh, konti litju in obsežna fazna ter zaključna poročila o raziskovalnem delu navedene tematike. Ves ta material je bil razmnožen, poslan metalurškemu inštitutom in železarnam, kar prav gotovo predstavlja izredno koristen material pri reševanju problematike zelo kompleksnega in izredno aktualnega področja konti litja jekla. V okviru sodelovanja spada tudi obisk zahodnonemških strokovnjakov za reševanje problematike visokih peči in jeklarstva v MK Smederevo ter obisk nemško-francoskih strokovnjakov v koksarni Tuzla.

Še vedno imamo na razpolago vsa končna poročila s podrobno vsebino za potrebe uporabnikov s področja konti litja gredic in bram, še vedno imamo možnost osebnih kontaktov z nekaterimi raziskovalci in strokovnjaki iz CRM Liege in TU Clausthal, če bi bila pri določenem uporabniku konkretna želja po dodatnem tolmačenju analize problemov.

Krajše vsebine končnih poročil inštitutov EGS in SFRJ:

V okviru raziskav »Vpliv sekundarnega hlajenja na nabreklost in kvaliteto strukture konti odlitih bram« so raziskovalci CRM Liege (A. Etienne, R. Fraussen, E. Toubeau) ugotovili, da so v glavnem značilne napake v strukturi konti odlite brame naslednje:

- segregacijske mreže, celo notranje razpoke, ki se pojavljajo po vzdolžnem prerezu v večjih ali manjših oblikah,
- centralne segregacije v glavnem v obliki dvojne osi,
- vključki.

Navzočnost teh napak lahko povzroči celo izmeček brame.

Metalografske in radioaktivne analize iz različnih nivojev odlite brame kažejo, da so segregacijske mreže in notranje razpoke rezultat meddendritnih razpok v bližini strjevalne cone.

Med dendriti se nahaja preostala talina, ki je bogata z raztopljenimi elementi in se pojavlja v obliki segregacijske mreže. Razpokanost nastaja v času, ko se prekoraci kritični nivo deformacije med strjevanjem, ki ga povzroča mehanično in toplotno strjevanje brame.

Teoretične kalkulacije in industrijski poskusi kažejo, da spremlja centralno segregacijo konvekcijsko gibanje, ki se nahaja v talini v toku strjevanja. Deformacije, ki se spreminjajo z nastajanjem strjevalne strukture v območju ostankov taline, lahko povzročijo občutne segregacije. Več mehanskih vzrokov more povzročiti deformacije bram v toku strjevanja oziroma lahko nastanejo razpoke pred kristalizacijo:

- nabreklost brame: zaradi ferostatičnega pritiska nabrekne brama med valjčnicami, vrh nabrekline se splošči pri vsakem prehodu brame preko valjčnice. Ta fenomen je odvisen od geometrije stroja in odpornosti strjene skorje
- usločanje in ponovna izravnava brame
- geometrične in mehanske napake stroja (vlečnega stroja, kar je odvisno od konstrukcije).

Če so torej deformacije brame odločujoči dejavnik v tvorbi kristalnih razpok in v povečanju centralne segregacije, je jasno, da imajo metalurški dejavniki, kot je sestava jekla in kristalna struktura, direktni vpliv na obstoj oziroma pomembnost napak.

Frekvenca pojava kristalnih razpok je ozko povezana s sestavo jekla:

Si, Mo > 0,25 %, C < 0,16 % izboljšujejo občutljivost do kristalnih razpok, Ni > 1 %, Cr > 3 %, S > 0,025 %, Mn/S < 20, Mn > 1 %, O > 0,03 % jo slabšajo.

Za kalkulacijo najbolj nabreklih mesta konti lite brame so avtorji teh raziskav sestavili statični in dinamični model: ugotavljanje deformacij med valjčnicami zaradi ferostatičnega pritiska med enako temperaturo, pri čemer je krivulja nabrekliosti simetrična, in nabrekliost pri premikanju brame, kjer je deformacija asimetrična. Izvedba modelov je računsko utemeljena. Doseženi rezultati so plod industrijskih raziskav na konti stroju za brame v železarni Cockerill-Sambre v Montignies-u, kjer so preiskovali v industrijskih livnih pogojih brame, širine 1015 do 2085 mm, debeline 220 mm, pri livni hitrosti med 0,6–1,35 m/min, sekundarnem hlajenju med 0,45 do 1,1 lit./kg jekla in C v jeklu med 0,05–0,018 %. Pri izvajanju raziskav so upoštevali poleg vpliva navedenih parametrov na nabrekliost ploskve brame še vpliv geometrije stroja (napačna okroglina, pretesna prilagoditev) na deformacijo valjčnic med konti litjem. Z izvirnim merilnim sistemom, instaliranim na konti stroju, na brami, ob upoštevanju razdalje med valjčnicami (max. 540 mm), temperature pod valjčnicami (80 °C), temperature same brame (600 °C), so ugotovili, da so operativni dejavniki za pojav nabrekliosti brame v velikosti brame, livni hitrosti in intenzivnosti sekundarnega ohlajanja.

V cilju, da se izognemo kristalnim razpokam, je potrebno zmanjšati deformacijo površine brame za 1 mm, sekundarno hlajenje ima še najmanj vpliva na kontrolo deformacije brame in valjčnic. Brame velikih širin (> 1.500 mm) imajo tendenco do nastanka zelo velike nabrekliosti: da dosežemo zdravo kristalno strukturo, je potrebno med konti litjem brame omejiti livno hitrost na 0,8 m/min. Ugotovili so, da prilagoditev valjčnic na zunanji krivini, ki je zaradi ohlaiditve med ustavitvijo stroja dvignjena, ni vedno optimalna za livne pogoje. Geometrično reguliranje stroja, ekcentričnost valjčnic in utesnitve imajo velik vpliv na premaknitev in deformacijo valjčnic med litjem. Ustavitve stroja povzročajo velike nevšečnosti: zaradi učinka toplotne sile obstaja možnost, da nastane na valjčnicah ravno nasprotna krivina, ki poškoduje bramo. Nujno je potrebno zagotoviti zunanje hlajenje valjčnic, da se zmanjša prekomerne deformacije, ki jih hitro poškodujejo.

V okviru izboljšanja livnih pogojev pri konti litju gredic so avtorji prof. Oeters, prof. Schwerdtfeger, H. C. Drömer raziskovali mehansko obnašanje skorje konti odlite gredice pri strjevanju taline v kokili. Cilj raziskav je bil poglobiti znanje o pogojih ohlajanja, ki nastopajo pri konti litju, in rezultate uporabiti v praksi. Raziskave so obsegale meritve sil in napetosti, ki nastopajo pri strjevanju v obrobni skorji gredice, pri čemer so uporabili dve različni konstruirani kokili iz sive litine: eno z vgrajenimi bakrenimi vodohlajenimi elementi, drugo samo z vodnim hlajenjem.

Talino so proizvedli v vakuumsko indukcijski peči v količini 10 kg, izliv taline je izveden pod argonom. Zaradi različnega hlajenja posameznih kokil so se pojavile različne hitrosti strjevanja in potek sil. S pomočjo toplotne bilance so bile določene zakonitosti strjevanja za obrobno skorjo gredice in pri določenih predpostavkah izračunana debelina skorje. S pomočjo visoko elastičnega deformacijskega modela je bilo možno pojasniti rezultate, dobljene računsko in s stvarnimi meritvami.

V pogledu vpliva strjevalne strukture na mejo lezeanja (konti lita gredica) ugotavljajo, da ta preneha, če je bil material ohlajen na prostorsko temperaturo.

Obsežne raziskave so izvedene o makrosegregacijah pri konti litju bram, oz. v strjevalni strukturi in nastanku segregacij kot posledica nabrekliosti skorij. Ta povzroča strujanje, ki vodi k mešanju legirnih elementov in nečistoč. Nabrekliost lahko nastane pri prevelikih razdaljah med valjčnicami, slabi usmeritvi valjčnic, usločenih valjih ali zaradi drugih napak na valjih. Doselej so domnevali, da ima velik vpliv na segregacije tudi temperatura strjevanja. Konti odlit material z zelo usmerjeno dendritno strukturo je nagnjen k močnemu izcejanju, neusmerjena struktura — globuliti — pa k manjši količini izcej. Pri konti litju je zato potrebno usmeriti pozornost predvsem k pogojem, ki omogočajo nastanek globulitnih kristalov. Pri pravilnem tolmačenju medsebojnih vplivov v tem pogledu je še precej neznanosti.

Nizko pregretje taline izboljšuje pogoje za nastanek globulitnega strjevanja, kar pa je v obratovalnih pogojih težko doseči. Nizko pregretje more povzročiti motnje, zaradi katerih talina zamrzne. Z elektromagnetnim gibanjem taline moremo izboljšati nastanek globulitne kristalizacije. Tudi sestava jekla in način dezoksidacije imata svoj vpliv na strjevalno strukturo. Večkrat je ugotovljeno, da vplivajo dodatki Al na usmerjeno strjevanje; z dodatki nosilcev kali: Ti, Ti zlitine, Zr, B, W, Nb, Ca-cianamid, Fe-Cr-Ni, redke zemlje moremo doseči nastanek globulitne strukture. Predvsem Ti, TiN in Ti zlitine so v tem smislu zelo pozitivne.

Preiskave industrijsko konti odlitih bram so pokazale, da daje tudi usmerjeno strjevanje jeklo brez izcej, če je brama odlita brez pojava nabrekliosti (dolžina polmera konti stroja 10,5 m, format brame 260 × 1250 mm, sestava: 0,2 % C, 0,16 % Si, 0,6 % Mn, 0,05 % Al, 0,015 % P, 0,018 % C).

Da se prepreči nabrekliost konti brame pri visoko pregreti talini, ki povzroča transkristalno strukturo, je bilo potrebno znižati hitrost litja od 0,7 na 0,4 m/min. In povečati hladilno vodo od 1,46 na 2,56 lit./kg jekla. Na ta način se je zmanjšala globina lunke, zmanjšal se je ferostatični pritisk na skorjo brame, hitreje se brami odvaja toplota, kar še zmanjšuje porozni del sredine. Zaradi znižanja temperature poraste trdnost na površini skorje in se poveča odpornost proti deformaciji. S takimi prijemi moremo precej reducirati nastanek nabrekliosti površine brame. Praktične izkušnje kažejo, da so v glavnem pri transkristalni strukturi močnejše navzoče segregacije po sredini preseka brame kot pri globulitni.

Na brami z močnimi izcejami je možno nabrekliost dokazati na jedkanem vzorcu. Ta nabrekliost more znašati več mm, če so navzoče tudi napake v valjih. Avtorji teh raziskav so razvili način izračuna horizontalnih izcej, kakor tudi izračuna pojava izcej z difuzijskim modelom. Opisan je postopek nastajanja makroizcej pri konti liti gredici in kvantitativno teoretska utemeljitev poteka tvorbe z matematičnim modelom. Posebna pozornost je posvečena modelu za izračun toplotnih napetosti v konti liti brami.

Raziskave defektnosti vertikalno konti odlitih bram v železarni Smederevo (avtorja prof. L. Nedeljković in Čurić) kažejo na izrazito sredinsko segregacijo, ki je posledica nekontrolirane nabrekliosti brame. V cilju za zmanjšanje te slabe strukture se vgrajuje v livni stroj elektromagnetni mešalec. Rahlo znižanje livne hitrosti ne vpliva na tvorbo centralne segregacijske cone. Pri slučajno nastali globularno dendritni strukturi brame ni navzoča centralna segregacija. Gustota centralne segregacijske cone je večja pri popolnoma globularno-dendritski strukturi.

Rezultati raziskav primarnega zrna v konti liti brami kažejo na kompleksnost in možen vpliv na končno velikost zrn, oz. kristalnih mej v vroče valjani plošči.

Občutno višja livna temperatura in znatna sprememba v mehki sredini, povzročena zaradi zamenjave dvojnega izlivka z enim, so verjetno povzročili globularno dendritno strukturo, skoraj brez centralne segregacije.

Na inštitutu za metalurgijo Sisak je skupina avtorjev — prof. dr. Krajcar s sodelavci — raziskovala vpliv kvalitete kokilnih praškov na lastnosti konti lite gredice. Predmet raziskav je bilo ugotavljanje lastnosti treh livnih praškov, ki jih uporabljajo pri konti litju gredic za cevi. Za dobri učinek praška v pogledu tvorbe zdrave skorje gredice je predvsem važna enakomernost debeline sloja, nizka talilna točka in relativno majhna livna hitrost. Za preprečevanje tvorbe »zlepljenih mest« na površini gredice je zelo pomembna dobra izolacijska lastnost praška. Posebno pozornost so posvetili raziskavam možnosti merjenja toplotne izolacije določene plasti praška. S pomočjo ugotovljenih podatkov sestave, velikosti zrn praška, talilnosti, diferenčno termične analize, termo-gravimetrijske analize, viskoznosti, površinske napetosti, fazne analize z difrakcijsko metodo in toplotne bilance so poskušali sestaviti matematični model za operativni potek vpliva praška. Pri tem manjka vrsta podatkov, ki jih bo potrebno še ugotoviti, kot so: neznani mehanizem tvorbe filma in njegove debeline v nivoju meniska in pod njim, odnosi med hitrostjo gibanja gredice in kokile, pritisk na steno kokile, temperature in viskoznost filma med kokilo in gredico in končno rezultat vseh faktorjev pri različnih livnih hitrostih.

V okviru večletnega projekta o možnostih uvedbe tehnologije za pospešeno strjevanje konti gredice v sami kokili (FAST-tehnologije) je skupina raziskovalcev CSM Rim pod vodstvom A. Spaccarotella izdelala novo tehnologijo z dodatkom kovinskega prahu v kokilo, kar naj izboljša produktivnost postopka in kvaliteto gredice. Raziskave so obsegale poglobitev teoretičnih principov, ki regulirajo sistem in izvedbo poskusov v laboratorijskem ter polindustrijskem obsegu. Izgotovljeni modeli so potrdili predloge za izvedbo industrijskega sistema. Način dodatka kovinskega prahu je bil izveden na samem konti stroju z odprtim in potopljenim izlivkom. Pri litju brez zaščite je bila uporabljena velika livna hitrost za dosego večje produktivnosti, pri čemer je imel konti proizvod močne centralne izceje. Dodatek v opisanem smislu okrog 10 kg zrnatega materiala/t jekla pri gredicah 140 × 140 mm in kapaciteti stroja 180 ton v jeklarni Terni je vplival na znatno izboljšanje grobe kristalizacije v gredici. Trenutno uvajajo FAST-tehnologijo za litje gredic na osmih konti strojih.

Dodatek prahu skozi potopljeni izlivek, ki se nahaja na zamašnem drogu v vmesni ponovci, je bil preizkušen pri litju bram, velikosti 260 × 1065 mm, v jeklarni Terni. Dokazane so določene pozitivne in negativne strani nove tehnologije: večkrat pride do zamrznitve odprtine v zamašnem drogu zaradi dinamike strujanja, kot tudi zaradi prekomerne termične obremenitve nastale sintrane tvorbe praška. Te napake se zmanjšajo z uvedbo hladilne naprave z varovalnim plinom v notranjem kanalu zamašnega droga. Zaradi določenih obratovalnih težav se ta način dodatka prahu v industriji ni obnesel. Avtorji so prepričani, da bo to tehnologijo možno uporabiti šele z uvedbo novih keramičnih ognjevarnih materialov.

V programu skupnih raziskav iz uvodoma navedenega področja je bilo tudi obširno raziskovalno delo o vplivu ognjevarne ponovčne obloge na količino in kvaliteto vključkov v jeklu, pri čemer je bila uporabljena

delno šamotna, delno dolomitna ponovca. Talino, kvalitete CK 35, teže 80 ton, izlize iz 180 t nagibne SM peči, dezoksidirane s 4 kg FeSi/t določeno količino SiMn in dodatkom 0,25 kg Al/t, so v ponovci prepihal z dušikom 2 do 3 minute in nato odplinili po RH postopku. Na osnovi analize jekla, žlinder iz peči, ponovce, po vakuumiranju, analize kisika s Celovsondo, metalografskih raziskav, makro in mikro vključkov so ugotovili:

— v šamotni ponvi so žlindre z višjo bazičnostjo kot v dolomitni, v talini je po degazaciji znatno večja aktivnost kisika v šamotni kot v dolomitni ponvi,

— količina skupnega kisika v vzorcih iz glave in noge ingota v glavnem ni odvisna od kvalitete uporabljene opeke,

— makro vključki so večji v nogi kot v glavi pri obeh uporabljenih kvalitetah opeke, veliki oksidni makro vključki so v glavnem globulitni aluminati,

— skupno žlindrno število je v nogi ingotov znatno večje pri šamotni ponvi, večje vključke (> 100 μm) zasledimo pri uporabi dolomitne ponve, v vključkih je znatno več SiO₂ pri šamotni ponvi, več Al₂O₃ pri dolomitni ponvi.

S področja izdelave jekla za konti litje gredic z novo tehnologijo vpihovanja CaSi v jekleno talino v ponvi so bile sistematične večletne raziskave izvedene v polindustrijskem in industrijskem merilu (nosilec dr. V. Prešern), preizkušene in uvedene kot stalna obratovalna praksa v jeklarnah Jesenice, Štore, delno Ravne ob uporabi vpihovalnih naprav, konstruiranih v Inženiring Bled.

Glavni cilj raziskovalnega projekta je bil v študiranju in preiskavah vpliva prašanega CaSi, ki se ga vpihuje v tekočo talino v ponvi na kinetiko odstranjevanja S, izvedbo dezoksidacije, livnosti, modifikacije vključkov in kot rezultat v ugotovitvi izboljšave nekaterih mehanskih lastnosti jekel. Glavni zaključki raziskav in preiskav kažejo naslednje:

— sistem in nova naprava delujejo učinkovito, obdelava taline je mirna ob nizki porabi argona (< 0,5 Nm³/min),

— odstranjevanje žvepla in dezoksidacija sta odvisni od količine vpihanega CaSi (pri 2 kg CaSi/t okrog 50 do 70 % ΔS),

— padec temperature v talini med obdelavo znaša največ 25 °C,

— zamrznitev ponovnega izlivka med litjem Al pomirjenih jekel je popolnoma odpravljena pri dodatku zadostne količine CaSi,

— pojavlja se modifikacija vključkov, od čistih Al₂O₃ do kompleksnih globularnih CaO—Al₂O₃ z CaS vencem,

— zaradi nizkega žvepla je talina čistejša, modificirani vključki predstavljajo ugodnejšo sestavo in obliko,

— mehanske lastnosti so znatno boljše in zmanjšana je anizotropija. Menim, da je triletno sodelovanje nudilo jeklarjem, ki se ukvarjajo s problemi konti litja gredic in bram, zelo obsežen in koristen material. Iz njega moremo ugotoviti važnost in občutljivost nove konti tehnologije, spoznati, da nujno nastopajo problemi, ki jih moramo študirati in odpraviti, ugotoviti, kje lahko uporabimo obratovalne kompromise v pogledu dobljenih kvaliteten rezultatov odlite breme ali gredice; skratka, nova tehnologija litja sama po sebi ne nudi pričakovanih prednosti, kot jih tako radi predvidevamo pri investicijskih odločitvah.

O smiselnosti navedenega sodelovanja morajo zato odločati jeklarji, raziskovalci in tehnologi ter operativci, in iz vidika prisvajanja pogojev za čimbolj učinkovito splošno uporabo te livne tehnologije presojati o nuj-

nosti vsebine raziskovalne dejavnosti s tega področja. Čeprav obstajajo več ali manj upravičene želje predstavnikov jugoslovanskih inštitutov, da bi bilo potrebno za bodoče sodelovanje izbrati področje predelave, je prav gotovo, da je na področju litja in strjevanja kontinuirno ulitih jeklenih polproizvodov še mnogo nedorečenega. Potrebujemo še ogromno važnih teoretičnih in praktičnih raziskav, da bomo mogli trditi, da smo popolnoma osvojili industrijsko prakso konti litja, predvsem bram. Bo pa nujno navezati nove stike z drugo komisijo, ki v raziskovalnem centru EGS obdeluje vprašanje predelave.

V nadaljevanju triletnih raziskav na projektu »Litje in strjevanje konti ulitih gredic in bram« so vključeni od EGS naslednji inštituti:

- Hoesch Hüttenwerke AG, Dortmund (Dr. R. Scheel)
 - VDEh Düsseldorf (G. R. Steffen),
 - TU Clausthal (prof. dr. K. Schwerdtfeger),
 - British Steel Corp., Grangetown (dr. R. J. Gray),
 - National Physical Lab., Teddington (dr. K. Mills).
- in jugoslovanski inštituti:
- Inštitut za metalurgijo Sisak (dr. J. Krajcar),
 - Metalurški inštitut »H. B.« Zenica (dipl. ing. S. Tarabar),
 - Teh. metal. fakulteta Beograd (prof. dr. T. Nedeljković),
 - SŽ-Metalurški inštitut Ljubljana (dr. F. Vodopivec).

Železarna Hoesch bo prezentirala raziskovalne dosežke iz tematike »Vpliv sestavne žilindre na procese v livnih praških pri konti litju«.

Dosedanje raziskave na tem področju temeljijo na merjenju temperature taljenja in viskoznosti sintetičnih praškov, ki odgovarjajo splošnim kemičnim sestavam praškov. Ugotovili so, da Na_2O zelo znižuje temperaturo taljenja, CaF_2 bistveno ne vpliva niti na temperaturo niti na viskoznost, da vpliva špranja med slojem raztaljenega prahu in prahu v trdnem stanju ob steni kristalizatorja zelo občutno na rezultate meritev. Laboratorijskih meritev ni mogoče izvesti na slojih pod 2 mm, kot se formirajo pri konti litju, zato so računali z ekstrapolacijskimi vrednostmi. Toplotna prevodnost je n. pr. pri zraku 40 W/cm^2 , pri prašku pa 200 W/cm^2 .

VSC je tolmačila rezultate raziskav pri tematiki »Delovanje livnega prahu pri konti litju«, v katerih je glavni cilj raziskave mehanizma prodora, za katerega je vzrok lepljenje trdne skorje na steno kristalizatorja. Nadaljnji cilji so v poboljšanju kvalitete površine in znižanju stroškov z izboljšanjem delovanja livnega prahu. V ta namen so uvedli za konti litje kompjuter, ki bo v določenem času snemal podatke o kemični analizi livnega praška, o položaju zamašnega droga v vmesnem koritu, o nivoju jekla v kristalizatorju, količini in temperaturi vode v kristalizatorju, globini potopljenega izlivka, številu in amplitudi oscilacije kristalizatorja, debelini sloja livnega prahu, kar omogoča, da se na osnovi modela kontrolira in vodi postopek konti litja. Modeli temeljijo na količini porabljenega livnega praška v kg/t v odvisnosti od viskoznosti in livne hitrosti.

Poseben študij bo namenjen vzrokom za prodor taline (ob koriščenju japonskih izkušenj). V TU Clausthal raziskujejo izdelavo in uporabo aparature za merjenje prenosa toplote skozi sloj livnega prahu. Hrapavost površine trdne skorje more občutno vplivati na medfazni prenos toplote v točkah dotika površine sloja in bakrene stene kristalizatorjev.

V NPL so doslej izvedli obširne raziskave vpliva sestave prahu na toplotno prevodnost s pomočjo impulzne laserske metode, za kar so razvili posebne vzorce. Čeprav je toplotna difuzija pri 12 praških enaka, je mehanizem prenosa toplote za različne praške zelo različen. Tudi vpliv viskoznosti na obnašanje praška pri litju je različen in bo treba še mnogo nadaljnjih raziskav s konkretnějšími rezultati.

Inštitut za metalurgijo Sisak je v okviru jugoslovanskih metalurških inštitutov prav gotovo največ raziskoval pogoje litja v odvisnosti od kvalitete praškov in veliko prispeval k uporabnim tolmačenjem vplivov posameznih komponent in lastnosti praškov na potek konti litja gredice. Njegove raziskave so usmerjene na nadaljnji razvoj in prisvojitev metod za kompleksne preiskave livnih praškov.

V Inštitutu H. B. v Zenici usmerjajo raziskave na »vpliv sestave jekla in livnosti ob upoštevanju delovanja livnega praška na površino, makro in mikro strukturo konti litih gredic in slabov«.

Na Tehnološki fakulteti Beograd in raziskovalnem centru železarne Smederevo bodo v okviru »študije vpliva sestave jekla in livnih parametrov na kvaliteto primarne strukture konti litih slabov« posvetili določen cilj meritvam nabreklosti slabov zaradi neustreznega projekta kristalizatorjev, kar ima za posledico višino nabreklosti do 3 mm, v neugodnih obratovalnih razmerah pa celo do 6,5 mm. Ta nabreklost je posledica centralne makrosegregacije, spremljane z obsežno nesimetričnostjo vzdolž osi. Treba bo dati več poudarka metodi kvantifikacije teh pojavov.

Glavne programske točke raziskav na SŽ-MI na temo »Preiskava vpliva Al in N na livno strukturo in primarno plastičnost konti litih gredic« so obsežene v raziskavah nižje plastičnosti, če se gredica direktno valja, kot če jo valjajo po $\gamma-\alpha-\gamma$ transformaciji. Raziskave naj pojasnijo vlogo Al in N v nastanku krhkega loma v rdečem stanju. Dodatno študijo »Vpliv livnih parametrov in kvalitete praška na površino konti lite gredice« bo SŽ-MI prezentiral, če bodo rezultati predstavljali prispevek h kvalitetnemu izboljšanju gredic kot funkcija kvalitete prahov in livnih pogojev.

Iz navedene vsebine sledi, da je bodoče triletno obojestransko raziskovanje usmerjeno v področje podrobne analize, metode raziskav in tolmačenje fizikalnih funkcij livnih praškov, ki jih uporabljamo v oscilirajoči konti kokili. Gre torej za področje, ki je v svetovnem merilu doslej zelo skromno in nepopolno obdelano.

Na drugi strani pa je navedena problematika poleg hlajenja najboljčutljivejša za proces konti litja in kvaliteto odlitega jeklenega polproizvoda.

Študiranje dosedanjih razpoložljivih materialov, privzajanje teoretičnih in praktičnih nasvetov nam bo v praktičnem pogledu konti litja gredic, predvsem pa slabov, v veliko pomoč, tako v pogledu obratovalnih parametrov, kot tudi usmerjanja potrebnih raziskav.