

PRESTRUKTURIRANJE VALJARNIŠTVA V IMPOL-u, d. d., S PREHODOM NA LASTNI KONTINUIRNO LITI TRAK IZ Al-ZLITIN ZA PROIZVODNJO TANKIH TRAKOV IN FOLIJ

IMPLEMENTATION OF ROLL CASTING TECHNOLOGY IN IMPOL d.d. FOR FOIL STOCK AND FOIL PRODUCTION

Varužan Kevorkijan¹, Jernej Čokl², Edvard Slaček², Vladimir Leskovar², Andrej Kolmanič², Marjana Lažeta², Rajko Šafhalter², Marina Jelen², Ivan Krevh², Aleksandra Robič², Irena Šela², Tanja Ahaj², Mirko Doberšek³, Matjaž Torkar³, Božidar Šarler⁴, Anton Smolej⁵, Ladislav Kosec⁵

¹Zasebni raziskovalec, Varužan Kevorkijan, Betnavska c. 6, 2000 Maribor, Slovenija

²Impol, d. d., Partizanska 38, 2310 Slovenska Bistrica, Slovenija

³Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Lepi pot 11, 1000 Ljubljana, Slovenija

⁴Politehnika Nova Gorica, Laboratorij za večfazne procese, Vipavska 13, 5000 Nova Gorica, Slovenija

⁵Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za materiale in metalurgijo,

Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenija

kevorkijan.varuzan@amis.net

Prejem rokopisa – received: 2003-09-30; sprejem za objavo – accepted for publication: 2003-11-05

V podjetju IMPOL pospešeno investiramo in posodobljamo proizvodnjo v valjarništvu tako, da bo jedro proizvodnje izdelava rebrastih pločevin, rondel in folij.

Cilji tehnološko investicijskega projekta so: (1) prestrukturiranje obstoječega valjarništvaja podjetja IMPOL s prehodom na lastni kontinuirno liti trak kot surovino za proizvodnjo tankih trakov (foil stock) in folij, (2) osvajanje proizvodnje kontinuirno litih trakov debeline 6 mm iz zlitinskih serij 1xxx in 8xxx, in (3) osvajanje proizvodnje tankih trakov (foil stock) za proizvodnjo folij. Rezultati, ki jih pričakujemo s stališča povečanja konkurenčne prednosti podjetja, so: cenejši tanki trakovi in cenejša predelava. Ob načrtovani proizvodnji 11.000 ton folij na leto pomeni prehod na liti trak prihranek ca. 1 milijon ECU na leto. Projekt je tudi zgled učinkovitega sodelovanja med domačo akademsko sfero in industrijo.

Ključne besede: kontinuirno litje, tanki trakovi, livni stroj z valji, tanjšanje, proizvodnja tankih trakov in folij

Impol aluminum industry strategic target of replacement the hot-rolled foil stock with continuous cast strips, in-house implementation of the thin gauge twin-roll casting technology and the downstream processing are R&D top priorities.

The main purpose of this work is the optimization of the thin gauge twin-roll casting parameters, the alloy composition and the downstream processing parameters (schedule and processing conditions of homogenization, annealing and cold rolling) for the alloys 1050, 1200, 8011 and 8079. For casting trials, JUMBO 3CM with roll width of 1800 mm installed in IMPOL will be used. Typical casting gauge will be of 3-6 mm. The influence of the above listed processing steps on (1) the kinetics of recrystallization, (2) microstructure (grain size, distribution of grain size, distribution of intermetallic phases), (3) formability (thin gauging, ductility, deep drawing), (4) anisotropy, (5) mechanical properties (tensile strength, ratio between tensile strength and formability), (6) thermal conductivity, (7) corrosion resistance, (8) surface quality, etc. The main line of action will be focused on the development of a processing schedule for the fabrication of thin gauge foil stock and foils with standard (EN546 1-4) quality.

Key words: thin gauge twin-roll casting, downstream processing, continuous cast thin strips, foil-stock preparation, thin gauge foils production

1 UVOD

Delež kontinuirno litih Al-trakov v svetovni proizvodnji Al-trakov in valjanih izdelkov iz aluminija je že dobrih 19,5 % in vztrajno narašča z letno stopnjo rasti od 3 % do 6 %. Leta 1990 je bila svetovna proizvodnja litega Al-traku 4 milijone ton, leta 2000 je preseгла 6 milijonov ton in se bo, po pričakovanjih, v naslednjih 15 letih njen obseg podvojil. Osnovne prednosti kontinuirnega litja v primerjavi s toplim valjanjem trakov iz nekontinuirno litih bram so nižji proizvodni stroški, manjša začetna investicija in možnost modularnega povečevanja obsega proizvodnje. Osnovne tržne niše za kontinuirno lite Al-trakove so: gradbeništvo, proizvodnja folij in pločevink ter avtomobilska industrija. V l. 2000

je znašalo svetovno povpraševanje po Al-folijah nekaj čez 2,2 milijona ton. V l. 2002–2005 se bo povpraševanje po Al-folijah povečevalo v svetovnem merilu z letno stopnjo rasti 3,8. V državah vzhodne Evrope je pričakovana rast 4,4–5,5 %. V nekoliko manjšem obsegu (3 % na leto) se bodo povečevale tudi proizvodne zmogljivosti. Zaradi manjšega tveganja in drugih prednosti bo tehnologija kontinuirnega ulivanja Al-trakov ena najbolj primernih oblik povečevanja obstoječih proizvodnih kapacitet tudi z gradnjo mini-valjarn.

V Impolu se zavedamo, da sedanja topla valjarna jemlje slovo, zato želimo proizvajati izdelke, ki tople valjarne ne potrebujejo. Program posodobitve v valjarništvu je zastavljen tako, da bo jedro proizvodnje izdelava rebrastih pločevin, rondel in folij. Folije so izdelek z

visoko stopnjo dodane vrednosti, seveda, če jih proizvajamo iz lastne surovine. V podjetju IMPOL smo se zato odločili za proizvodnjo folij, kot surovino pa bomo uporabljali široki liti trak. Za nas je to nova tehnologija, tudi v Evropi ni pogosto uporabljena.

Posodobitev tople valjarne pomeni investicijo reda velikosti 130–140 milijon ECU s pragom rentabilnosti 200.000 ton izdelkov na leto, kar nekajkrat presega načrtovane proizvodne kapacitete.

Primeren odgovor na probleme in izzive tega je investicija v napravo za kontinuirno litje traku (v nadaljnjem besedilu "caster"), ki bo omogočil proizvodnjo 11.000 ton folij na leto. Družba IMPOL Seval v Srbiji pa bo tudi dobavljala tanke trakove, kar bo omogočalo dodatno povečanje letne proizvodnje folij.

Tudi sicer, s stališča cene vhodne surovine in drugih prednosti "mini valjarn" (za red velikosti nižja kapitalna naložba, možnost modularnega koncepta rasti, nižji proizvodni stroški, manjša poraba energije, manjši negativni vplivi na okolje), je prihodnost folijske proizvodnje in nekaterih drugih zahtevnejših valjarniških izdelkov vsekakor na strani prehoda iz obstoječe tehnologije toplo valjanih trakov, izdelanih iz bram na novo tehnologijo kontinuirnega litja Al-trakov. Zato se je vzporedno z nakupom deleža v podjetju Seval vodstvo podjetja IMPOL odločilo za naložbo v linijo za kontinuirno litje traku kot osnovne surovine za proizvodnjo folij. Ta naložba je sestavni del posodobitve hladne valjarne.

Za proizvodnjo litega traku smo ob livarni zgradili dodatno proizvodno dvorano. V prvem delu nove dvorane so livne peči, v drugem pa "caster". Tehnologija konti-litja Al-trakov je zelo zahtevna, zato sta kakovost litega traku in ekonomičnost procesa odvisna od številnih tehnoloških pogojev. Naložbo smo začeli izvajati v letu 2002. Poskusno proizvodnjo načrtujemo do konca leta 2003, v začetku naslednjega leta pa proizvodnjo folij iz litega traku.

V sklopu prestrukturiranja valjarništvaja smo najprej načrtovali modernizacijo hladne valjarne in dveh folijskih valjarn. Vendar smo ugotovili, da bi izvedba te naloge zahtevala veliko časa in bi bila manj racionalna. Verjetno pa bi tudi izgubili kupce. Zato smo se odločili za novo lokacijo za proizvodnjo folij in za nakup novih folijskih valjarn. Konkurenca in ponudba pri prodaji te vrste strojne opreme je velika. Z družbo Achenbach iz Nemčije nam je uspelo skleniti pogodbo o nakupu treh novih valjarn, in za približno enako ceno, kot bi nas stala posodobitev, smo kupili novo hladno valjarno in dve folijski valjarni, ki lahko valjata do 1500 mm širok trak. To je kompatibilno s proizvodnjo litega traku in toplo valjarno v Sevojni, zato tudi optimalno za našo proizvodnjo.

Kot kaže, bomo do leta 2005 imeli edini popolnoma novo folijsko valjarno v Evropi. To nam bo tudi omogočilo, da bomo po kakovosti izdelkov v samem vrhu med proizvajalci aluminjskih folij.

2 KRATEK OPIS RR-FAZE PROJEKTA

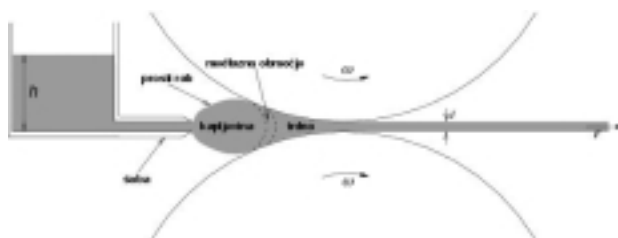
Litje trakov na livnem stroju z dvema valjema je ekonomsko zelo učinkovito, ker združuje dva tehnološka procesa: kontinuirno litje in vroče valjanje. Zaradi razmeroma hitrega ohlajanja taline v primerjavi z ulivanjem na klasični livni napravi, so tehnološke lastnosti produkta drugačne (boljše)¹. V zadnjem času je pomembno predvsem zmanjševanje debeline litih trakov. Vpliv zmanjšanja debeline in spremembe drugih procesnih parametrov pri ulivanju trakov iz Al-zlitin so preučevali tako eksperimentalno kot tudi z matematičnimi modeli²⁻⁴. Več numeričnih simulacij je bilo izvedenih tudi za ulivanje jeklenih trakov⁵⁻⁷.

Pri obravnavanem procesu se talina skozi šobo dovaja v prostor med dvema v nasprotno smer vrtečima se valjema, kot je shematično prikazano na **sliki 1**. Valja sta v notranjosti vodno hlajena in talini odvzamejo zadostno količino toplote, da pride do strjevanja taline, ki tako "izteka" iz prostora med valjema v obliki traku. Površino valjev je ves čas potrebno mazati z grafitnim mazivom, ki preprečuje prijemanje traku na valj, hkrati pa tudi vpliva na prestop toplote iz taline oz. traku na valj.

Tehnološka zahtevnost kontinuirnega litja trakov iz aluminija in aluminijevih zlitin je: (1) v obvladovanju vpliva parametrov konti-litja na kakovost litega traku (**Tabela 1**) in (2) v zahtevi po ekvivalentni kakovosti z valjanimi izdelki, proizvedenimi s toplo valjanega traku. To z drugimi besedami pomeni, da je iz taline treba najprej izdelati visokokakovosten liti trak in nato iz njega izdelati tanke trakove za proizvodnjo folij, katerih kakovost se ne bo razlikovala od kakovosti folij (po evropskih standardih EN546 od 1 do 4), izdelanih iz toplo valjanih trakov.

Kot je razvidno iz **tabele 1**, na kakovost litega traku vplivajo številni parametri. Zato da bi dosegli in vzdrževali ustrezno kakovost litega traku, je treba te parametre zelo natančno obvladovati znotraj določenega procesnega okna.

V nadaljevanju proizvodnega procesa s preoblikovanjem litega traku v tanke trakove za proizvodnjo folij se načrtno spremenijo številne lastnosti litega traku, kot so mikrostruktura (velikost in porazdelitev velikosti zrn, razmerje med dolžino in širino zrn, volumenski delež intermetalnih faz), preoblikovalnost (tanljivost, gnetljivost, globoki vlek), anizotropnost, mehanske lastnosti



Slika 1: Shematični prikaz kontinuirnega litja traku

Figure 1: Strip production on a roll caster, represented schematically

Tabela 1: Vpliv parametrov konti-litja na kakovost litega traku**Table 1:** The main parameters of roll casting and the explanation of their influence on the quality of the strip

Parametri konti-litja	Vpliv na proces	Vpliv na kakovost litega traku
Temperatura taline v odstajni peči	Temperatura taline vzdolž ustja livne šobe	Mikrostrukturne značilnosti (razporeditev faz, izcejanje) in debelina litega traku, produktivnost procesa kontinuirnega litja
Hitrost uvajanja legirne žice za zmanjšanje velikosti zrn	Koncentracija kalic strjevanja v talini	Velikost zrn
Temperatura v razplinjevalni napravi (RN)	Temperatura taline vzdolž ustja livne šobe	Mikrostrukturne značilnosti (razporeditev faz, izcejanje) in debelina litega traku, produktivnost procesa konti-litja
Krožna hitrost rotorja v RN	Stopnja razplinjevanja in filtracije	Vsebnost vodika in vključkov v talini
Pretok argona v RN	Stopnja razplinjevanja in filtracije	Vsebnost vodika in vključkov v talini
Pretok klora v RN	Stopnja razplinjevanja in filtracije	Vsebnost vodika in vključkov v talini
Temperatura keramičnega filtra	Temperatura taline vzdolž ustja livne šobe	Mikrostrukturne značilnosti (razporeditev faz, izcejanje) in debelina litega traku, produktivnost procesa konti-litja
Poroznost keramičnega filtra	Učinkovitost filtracije	Prečni profil litega traku
Nivo taline v prelivnem koritu	Hidrostatični pritisk taline v livni šobi	Prečni profil litega traku
Spreminjanje nivoja taline v prelivnem koritu	Stabilnost fronte strjevanja	Mikrostrukturne značilnosti (razporeditev faz, izcejanje) in prečni profil litega traku
Spreminjanje temperature na livni šobi	Stabilnost fronte strjevanja	Mikrostrukturne značilnosti (razporeditev faz, izcejanje) in prečni profil litega traku
Spreminjanje lege napajalnega razdelilnika	Homogenost pretoka taline in temperaturnega polja vzdolž ustja livne šobe	Mikrostrukturne značilnosti (razporeditev faz, izcejanje), debelina litega traku, produktivnost procesa konti-litja, prečni profil litega traku
Spreminjanje lege livne šobe	Lega in oblika strjevalne fronte	Mikrostrukturne značilnosti (razporeditev faz, izcejanje), debelina litega traku, produktivnost procesa konti-litja, prečni profil litega traku
Optimizacija lege livne šobe	Lega in oblika strjevalne fronte	Mikrostrukturne značilnosti (razporeditev faz, izcejanje), debelina litega traku, produktivnost procesa konti-litja, prečni profil litega traku
Spreminjanje višine livne šobe	Lega in oblika strjevalne fronte	Mikrostrukturne značilnosti (razporeditev faz, izcejanje)
Pritisk valjev na talino	Sila valjanja	Mikrostrukturne značilnosti (razporeditev faz, izcejanje), debelina litega traku, produktivnost procesa konti-litja, prečni profil litega traku
Hitrost konti-litja	Lega in oblika strjevalne fronte	Mikrostrukturne značilnosti (razporeditev faz, izcejanje), debelina litega traku, produktivnost procesa konti-litja, prečni profil litega traku
Ekscentričnost valjev	Stabilnost geometrije	Vzdolžni profil litega traku
Usmerjenost nanašalnika mazalnega sredstva	Homogenost mazalne prevleke na valjih	Mikrostrukturne značilnosti (porazdelitev faz, izcejanje), prečni profil litega traku
Hitrost premikanja nanašalnika	Homogenost mazalne prevleke na valjih	Mikrostrukturne značilnosti (porazdelitev faz, izcejanje)
Pretok mazalnega sredstva	Debelina mazalne prevleke na valjih	Mikrostrukturne značilnosti (razporeditev faz, izcejanje), debelina litega traku, produktivnost procesa konti-litja
Napetost traku na navijalni napravi	Lega in oblika strjevalne fronte	Debelina in ploščatost litega traku, produktivnost procesa konti-litja

(trdnost, preoblikovalnost), toplotna prevodnost, korozijske lastnosti, kakovost površine (hrapavost, koncentracija aluminijevega oksida, koncentracija grafita) itd. Spremembe omogočajo rekristalizacija, spreminjanje fazne sestave in z deformacijsko-predelovalno utrjanje.

Osnovni cilji projekta so: (1) prestrukturiranje obstoječega valjarništvaja podjetja IMPOL s preходом na lastni kontinuirno liti trak kot surovino za proizvodnjo tankih trakov in folij, (2) osvajanje proizvodnje kontinuirno

lith trakov debeline 6 mm na osnovi zlitinskih serij 1xxx in 8xxx, in (3) osvajanje proizvodnje tankih trakov za proizvodnjo folij.

V zvezi z načrtovanim preходом na kontinuirno liti trak kot nadomestno surovino za proizvodnjo tankih Al-trakov so v projektu predvidene naslednje aktivnosti: (1) Aplikativno-industrijska raziskava, s katero želimo implementirati tehnologijo proizvodnje kontinuirno litega traku in predelave litega traku v tanke trakove,

Tabela 2: Operativni cilji projekta**Table 2:** The main project goals

Operativni cilji	Pričakovani rezultati
Strategija prestrukturiranja valjarništva s preходом na kontinuirno liti trak kot novo surovino za proizvodnjo tankih trakov za proizvodnjo folij in folij	Tehnološki projekt
	Študij tehnične izvedljivosti
	Ocena potrebnih vlaganj in upravičenosti investicije
Aplikativno-industrijska raziskava vpliva parametrov konti-litja na kakovost litega traku	– vpliv na razvoj mikrostrukture
	– vpliv na razvoj preoblikovalnosti
	– vpliv na razvoj drugih tehnoloških lastnosti
Raziskave in razvoj virtualnega okolja proizvodnje litega traku in tankih trakov	– modeliranje, simulacije in optimizacija kontinuirnega litja trakov
	– numerično modeliranje strjevanja
	– izdelava delovnih navodil
Izdelava investicijske dokumentacije	Priprava investicijskega elaborata
	Priprava projektne dokumentacije
	Pridobivanje potrebnih dovoljenj
Izvedba investicije (gradnja industrijskega objekta s pisarniškim aneksom, nabava opreme) in postavitve proizvodne linije	Gradnja industrijskega objekta in aneksa
	Nabava opreme
	Postavitev proizvodne linije za 15.500 ton litega traku na leto, debeline 4–6 mm
Proizvodnja litega traku	Implementacija proizvodne tehnologije
	Razvoj mikrostrukturnih in preoblikovalnih lastnosti
	Obvladljivost kakovosti izdelka
Proizvodnja tankih trakov	Razvoj lastne tehnologije izdelave tankih trakov
	Implementacija tehnologije v redno proizvodnjo
	Obvladovanje kakovosti

primerne za proizvodnjo folij standardne kakovosti, (2) Razvoj virtualnega okolja za proizvodnjo litega traku in tankih trakov, s katerim želimo zagotoviti ustrezno računalniško podporo in možnost modeliranja tehnoloških parametrov proizvodnje, (3) Študij tehnične izvedljivosti proizvodnje kontinuirno litega traku in tankih Al trakov za proizvodnjo folij, (4) Priprava investicijske dokumentacije za program prestrukturiranja valjarništva in neposredna izvedba investicije v Impol-u, d. d., (5) Postavitev linije za proizvodnjo kontinuirno litega traku in tankih trakov ter izvedba prototipne proizvodnje in (6) Implementacija proizvodne tehnologije z zagonom ter izvedbo redne proizvodnje litega traku in tankih trakov.

3 CILJI PROJEKTA IN PRIČAKOVANO POVEČANJE KONKURENČNOSTI

Rezultati, ki jih želimo doseči z izvajanjem projekta so: (1) Implementacija tehnologije proizvodnje kontinuirno litega traku in njegove predelave v tanke trakove, primerne za proizvodnjo folij standardne kakovosti, (2) Optimizacija proizvodnih parametrov in tehnoloških lastnosti kontinuirno litega traku ter tankih trakov z razvojem ustreznega virtualnega okolja, (3) Izvedba investicije s postavitvijo proizvodne linije ter (4) Redna proizvodnja kontinuirno litega traku (ca. 15.000 ton na leto) in tankih trakov za proizvodnjo folij (ca. 14.000 ton na leto).

Rezultati, ki jih pričakujemo z vidika povečanja konkurenčne prednosti podjetja so:

- tanki trakovi za proizvodnjo folij debeline 0,6 mm, ki jo izdelamo iz litega traku so za ca. 70 ECU (17 %) cenejši od tankih trakov, pridobljenih s toplo valjanega traku;
- cena pretvorbe tankih trakov za proizvodnjo folij v folijo je za 18 ECU (12 %) nižja od cene pretvorbe tankih trakov s toplo valjanega traku v folijo enakega kakovostnega razreda.

Ob načrtovani proizvodnji 11.000 ton folij na leto pomeni prehod na liti trak (oz. nadomeščanje toplo valjanega traku s kontinuirno litim) prihranek ca. 1 milijon ECU na leto. Realni prihranek je veliko večji (ca. 2, 5 milijona ECU na leto), ko upoštevamo tržno ceno tankih trakov za proizvodnjo folij.

Zaradi nove naložbe v prestrukturiranje valjarništva naj bi se BDV povečala za skoraj 21 % (izhodišče je BDV na zaposlenega v Impolu v letu 2002 v višini 37.000 ECU na zap.).

Drugi elementi konkurenčnosti izdelka so še: investicija v obrat za kontinuirno litje traku (v "minivaljarno") je za red velikosti manjša od naložbe v novo toplo valjarno, tehnologija kontinuirnega litja traku zagotavlja večjo fleksibilnost pri strukturi proizvodnega programa in možnost večkratnega modularnega povečanja proizvodnih zmogljivosti, v skladu s povečanjem trga.

Predvideno je, da bo do l. 2007 v PE valjarna najmanj 80 % proizvodnje folij, zasnovane na lastnih tankih trakovih za proizvodnjo folij iz kontinuirno litega traku – kar ustreza 24-odstotnemu tržnemu deležu v celotnem proizvodnem programu.

Operativni cilji projekta so podani v **tabeli 2**.

Aplikativno-industrijska raziskava ima za cilj: primerjalno analizo mikrostrukturnih, kemijskih in mehanskih lastnosti *lastnih* litih trakov (zlitini 1xxx in 8xxx) ter litih trakov različnih komercialnih dobaviteljev, karakterizacijo mikrostrukturnih, kemijskih in mehanskih lastnosti *lastnih* tankih trakov za proizvodnjo folij, izdelanih iz Impolovega litega traku (zlitini 1xxx in 8xxx), karakterizacijo mikrostrukturnih, kemijskih in mehanskih lastnosti folije debeline 8 μm , izdelane po znani tehnologiji iz *lastnih* tankih trakov, proizvedenih iz Impolovega litega traku in določitev parametrov kvalitete polizdelkov – kontinuirno litih trakov za proizvodnjo folije debeline 8 μm iz aluminijevih zlitin 1xxx in 8xxx.

Rezultati bodo usmerjali tehnološke parametre tako v fazi kontinuirnega ulivanja (primarna kristalizacija, porazdelitev intermetalnih faz, izcejanje, kvaliteta površine) kot nadaljnega hladnega valjanja z vmesnim žarjenjem (časi in temperature homogenizacijskega in rekristalizacijskega žarjenja, stopnje redukcije) s ciljem doseči drobnozrnato mikrostrukturo z enakomerno porazdeljenimi intermetalnimi fazami, kar je osnova za doseganje zahtevanih fizikalno-kemijskih lastnosti folije.

Virtualno okolje proizvodnje litega traku in tanke Al-pločevine se nanaša na problematiko numeričnega modeliranja ulivanja in valjanja (identifikacija tehnoloških procesnih parametrov, modeli geometrije procesa, prenosa toplote, prenosa gibalne količine, termomehanski model, modela prenosa sestavin in tvorbe mikrostrukture, uporabniški vmesnik in grafika, sklopitev s podatkovno bazo snovnih lastnosti Jmatpro, verifikacija/validacija, primerjava z eksperimenti, analiza vpliva procesnih parametrov, optimizacija, tabela optimalnih procesnih parametrov ulivanja/valjanja) in numeričnega modeliranja toplotne obdelave (identifikacija tehnoloških procesnih parametrov, modeli geometrije različnih mikrostruktur, difuzije in faznih prehodov, uporabniški vmesnik in grafika, verifikacija/validacija, primerjava z eksperimenti, analiza vpliva procesnih parametrov, optimizacija, tabela optimalnih procesnih parametrov toplotne obdelave).

Študij tehnične izvedljivosti proizvodnje kontinuirno litega traku in tankih Al-trakov za proizvodnjo folij združuje: pripravo lastnih prototipnih kontinuirno litih trakov iz aluminija 1xxx (AA1050, AA1200) in zlitin 8xxx (AA8011, AA8079) za proizvodnjo folij, raziskave toplotne obdelave in hladnega preoblikovanja lastnih kontinuirno litih trakov v tanke trakove za izdelavo folij in izdelavo in analizo kakovosti folij iz prototipno izdelanih lastnih kontinuirno litih in hladno valjanih trakov.

Končni rezultat je potrjen tehnološki program izdelave 15.000 ton na leto litega traku, 14.250 ton na leto navitih tankih trakov ter 11.000 ton na leto folij iz Al-zlitin 1xxx in 8xxx po kontinuirnem livnem postopku širokega traku. Za doseg pričakovanega rezultata je treba raziskati in določiti optimalne parametre, ki vpli-

vajo na kakovost kontinuirno litega traku, toplo valjanje in hladno valjanje z vmesnimi žarjenji.

Aktivnosti implementacije proizvodne tehnologije, zagon in izvedba redne proizvodnje litega traku in tankih trakov združujejo: izobraževanje proizvodnih delavcev, obvladovanje parametrov litja, razvoj mikrostrukture, fazne sestave, preoblikovalnosti, mehanskih in drugih relevantnih tehnoloških lastnosti litega traku v fazi zagona redne proizvodnje, nadzor kakovosti izdelanih litih trakov, redno proizvodnjo tankih trakov na osnovi litih trakov, redno proizvodnjo folij standardne kakovosti iz tankih trakov na osnovi *lastnega* litega traku ter prevzemni preskus za proizvodnjo *lastnega* litega traku, tankih trakov in folij.

4 SKLEP

Uvajanje nove proizvodne linije za liti trak bo omogočilo proizvodnjo 14.500 ton na leto tankih trakov za proizvodnjo folij po ceni, ki je za ca. 16 ECU na tona nižja od cene toplo valjanih tankih trakov. S tem bomo v letnem merilu ustvarili prihranke v višini 1,9–2,6 milijonov ECU. Implementirali bomo za nas popolnoma novo tehnologijo, ki tudi v Evropi ni pogosto uporabljena. Prednosti nove tehnologije so: bistveno (skoraj za red velikosti) nižja kapitalna intenzivnost naložbe, možnost modularnega koncepta rasti proizvodnih kapacitet, nižji proizvodni stroški (tanki trakovi za proizvodnjo folij, ki jih izdelamo iz litega traku so za ca. 70 ECU oz. 17 % cenejši od tankih trakov iz toplo valjanega traku), nižja cena pretvorbe tankih trakov za proizvodnjo folij v folijo (za 18 ECU oz. 12 %), manjša poraba energije in manjši negativni vplivi na okolje.

Z vidika neposredne razvitosti podjetja bomo imeli popolnoma novo in visoko konkurenčno folijsko valjarno. V Evropi je sicer nekaj konkurentov, ki razpolagajo z 10–30 let starimi obrati za proizvodnjo litega traku in tankih trakov za proizvodnjo folij. Na daljši rok načrtujejo uvajanje posodobljene tehnologije tudi vsi drugi evropski proizvajalci folij, zato ima podjetje IMPOL priložnost, da pride na trg med prvimi s popolnoma novo folijsko valjarno oz. linijo za proizvodnjo litega traku.

V podjetju IMPOL se zavedamo potreb po novih tehnologijah oz. novih produktih za dvig tehnološke zahtevnosti in povečanje konkurenčnih sposobnosti podjetja, zlasti na področju valjarništva, ki z investicijo v CASTER, novo hladno valjarno ter dve novi folijski valjarni in z nakupom podjetja Seval v Srbiji dobiva novo dimenzijo in podjetje IMPOL lahko popelje med vodilne evropske proizvajalce valjanih izdelkov.

5 LITERATURA

- ¹ B. Taraglio and C. Romanowski, *Thin gauge/high-speed roll casting technology for foil production*, in J. Evans (ed.), *Light Metals 1995*, The Minerals, Metals & Materials Society, 1995, 1165–1182

- ² O. Daaland, A. B. Espedal, M. L. Nedreberg, I. Alvestad, *Thin gauge twin-roll casting, process capabilities and product quality*, in R. Huglen (ed.), *Light Metals 1997*, The Minerals, Metals & Materials Society, 1997, 745–752
- ³ M. Gupta, D. P. Cook, J. Sahai *Strip casting of aluminum using twin roll casters*, in C. E. Eckert (ed.), *Light Metals 1999*, The Minerals, Metals & Materials Society, 1999, 925–929
- ⁴ S. Ertan, M. Dunder, Y. Birol, K. Sarioglu, E. Ozden, A. S. Akkurt, G. Yildizbayrak, S. Hamer, C. Romanovski, *The effect of casting parameters on twin roll cast strip microstructure*, in R. D. Peterson (ed.), *Light Metals 2000*, The Minerals, Metals & Materials Society, 2000, 667–672
- ⁵ J. G. Chang, C. I. Weng *Analysis of flow and heat transfer in twin-roll strip casting process*, *Int. J. Heat Mass Transfer*, 41 (1998), 475–487
- ⁶ C. A. Santos, J. A. Spim Jr., A. Garcia, *Modeling of solidification in twin-roll strip casting*, *J. Mater. Process. Technol.*, 102 (2000), 33–39
- ⁷ D. S. Kim, W. S. Kim, A. V. Kuznetsov, *Analysis of coupled turbulent flow and solidification in the wedge-shaped pool with different nozzles during twin-roll strip casting*, *Numerical Heat Transfer, A*, 41 (2002), 1–17