

## 50 GODINA PROIZVODNJE BEŠAVNIH CIJEVI U HRVATSKOJ - ŽELJEZARI SISAK

Received - Primljeno: 2002-06-14  
 Accepted - Prihvaćeno: 2002-10-25  
 Review Paper - Pregledni rad

U članku dan je prikaz zbivanja od planiranja izgradnje valjaonice bešavnih cijevi u Hrvatskoj - Željezara Sisak 1947. g., do sadašnjeg stanja i prijedloga poboljšanja. Redoslijedno su date sve aktivnosti u izgradnji, uhodavanju i unapređenju proizvodnje s okolnostima koje su utjecale na uspješnost poslovanja.

**Ključne riječi:** bešavne cijevi, 50 godina proizvodnje, Hrvatska, Željezara Sisak

**50 years of seamless tubes manufacturing in Croatia - Steel Works Sisak.** The paper resumes happenings starting with the planning of construction of seamless robe rolling mill (VBC) in Croatia, Sisak 1947, and continues until the state of today and presents some suggestions for improving the mentioned state. All activities referring to construction are presented in a sequence: getting down to work and improving of manufacture together with conditions having affected the success of business.

**Key words:** seamless tubes, 50 years of manufacturing, Croatia, Steel Works Sisak

### UVOD

Pod pojmom "čelične cijevi" podrazumijevaju se sve bešavne i šavne cijevi osim šavnih cijevi velikih promjera, t. j. cijevi iznad 406.4 mm mada su pri prikazivanju ukupne svjetske proizvodnje cijevi i one uključene [1].

Proizvodnja čeličnih cijevi zauzima značajno mjesto u okviru ukupne svjetske proizvodnje valjanog materijala i čelika (do 10 %). Razvoj ove proizvodnje obilježen je ne samo količinskim rastom nego i značajnim poboljšanjem kvalitetnog asortimana. Rast proizvodnje uvjetovan je slijedećim čimbenicima [2, 3]:

- uporaba cijevi u geologiji i industriji nafte, te transport cjevovodima različitih medija, kao što su nafta, zemni plin, voda, ruda, ugljen, i t. d.,
- uporabom cijevi u građevinarstvu, pri izgradnji mostova, krovnih konstrukcija i drugih nosača,
- uporabom cijevi u energetici i strojogradnji, kotlovskih cijevi, cijevi za kemijsku, automobilsku, brodogra-đevnu industriju, reaktorsku tehniku i t. d.

Na prostorima bivše Jugoslavije, ni prije ni poslije II svjetskog rata, nije postojala proizvodnja bešavnih cijevi bez kojih je, uz druge strateške proizvode crne metalurgije

bila nezamisliva realizacija plana ubrzanog industrijskog razvitka zemlje. Na temelju toga 1947. g. planirana je pored postojeće Talionice Caprag izgradnja integralne željezare Sisak sa glavnim završnim proizvodom bešavne cijevi (valjaonica bešavnih cijevi - VBC).

Odlučujući čimbenici na izbor lokacije valjaonice bešavnih cijevi u sklopu integralne Željezare bili su [4, 5]:

- mala udaljenost od rudnika Ljubija i lokalnih rudnika željezne rudače na području Petrove gore,
- postojanje pogodnog vodenog puta, željezničkih i cestovnih prometnica,
- blizina važnijih potrošačkih centara,
- raspoloživa radna snaga.

S obzirom na potrebe bešavnih cijevi, slabu ekonomsku moć zemlje i ograničenja koja su iz tog proizlazila, izbor proizvodnog postupka najviše su uvjetovali slijedeći čimbenici:

- mala investicijska ulaganja, podređujući tome i proizvodni kapacitet,
- široko područje asortimana u dimenzionalnom pogledu i kvalitetnom stupnju čelika,
- fleksibilnost pri promjeni asortimana,
- mogućnost izravne uporabe klasično lijevanog čelika,
- povoljne mogućnosti osiguranja pribora i rezervnih dijelova.

N. Devčić, Željezara Sisak, I. Mamuzić, Metalurški fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Sisak, Hrvatska

U tim okolnostima izabran je "pilger" postupak koji je bolje od ostalih postupaka udovoljavao postavljenim zahtjevima naročito s obzirom na investicijska ulaganja i izravnu primjenu klasično lijevanog čelika. U početku je proizvodni kapacitet valjaonice planiran sa 60 000 t/god.

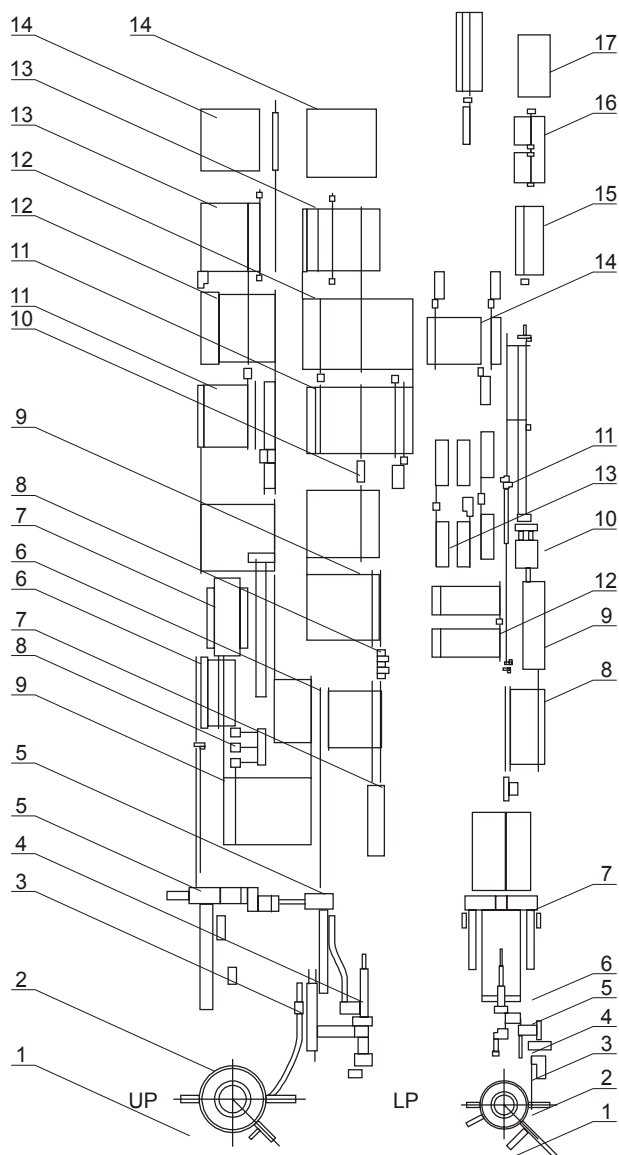
### POTEŠKOĆE TIJEKOM IZGRADNJE

Prema planu izgradnje Željezare Sisak (početak realizacije 1948. g) bilo je predviđeno završavanje svih glavnih infrastrukturnih i proizvodnih objekata do kraja 1952. g. Glavni planirani radovi su bili izgradnja energetskih i infrastrukturnih objekata, visokih peći sa pripremom rude, čeličane i VBC sa hladnom preradom. Planirana dinamika izgradnje nije ostvarena zbog značajnih poteškoća. Poteškoće su se prvenstveno odnosile na nedostatak finansijskih sredstava, investicijske opreme, tehničke dokumentacije, građevinskog materijala i radne snage (posebice stručne).

Posebne poteškoće izgradnje željezare su bile što je izgradnja započela u vrijeme značajnog pogoršanja političkih odnosa sa istočnoeuropskim zemljama s kojima je planirana glavna suradnja u izgradnji i praktično je prekinuta pod utjecajem političkih odnosa. Tako je izgradnja bešavne valjaonice obustavljena nakon betoniranja stupova za prve tri hale jer od istočnoeuropskih partnera nije isporučena čelična konstrukcija. Radovi su nastavljeni 1950. g. s velikim promjenama. Zbog nedostatka čelične konstrukcije ostale su hale, prema novoj dokumentaciji domaćih stručnjaka, rađene iz armiranog betona što se pokazalo uspješnim. Oprema za bešavnu valjaonicu nabavljena je u Italiji kod firme Innocenti i kooperanata u suradnji sa gosp. Albertom Calmes. Montaža i puštanje u rad postrojenja obavljena je uz pomoć stručnjaka iz firme Innocenti i Dalmine. Tijekom izgradnje godišnji kapacitet valjaonice je povećan sa 60 000 t na 120 000 t s konceptom lake, srednje i teške pruge. S novim konceptom su bili usklađeni građevinski radovi i pojedini agregati. Zbog nedostatka finansijskih sredstava postrojenja nisu bila kompletirana tako da su srednja i teška pruga izgrađene alternativno kao univerzalna pruga koristeći zajedničku kružnu peć, prešu za bušenje, egalizir i elektromotor za pogon pilger valjaka. Ostali dio postrojenja bio je razdvojen, osim ravnalice cijevi.

Laka pruga (LP) godišnjeg kapaciteta 28 000 t cijevi za promjere 21.3 - 101.6 mm i stjenke 2.6 - 20 mm puštena je u pogon krajem 1952. g. Univerzalna pruga (UP), znači srednja pruga (SP) godišnjeg kapaciteta 36 000 t za promjere 101.6- 193.7 mm i stjenke 3.6 - 25 mm i teška pruga (TP) godišnjeg kapaciteta 56 000 t za promjere 165 - 324 mm i stjenke 4.5 - 30 mm, puštena je u pogon krajem 1953. g. Godišnji kapacitet valjaonice u kombinaciji, lake i univerzalne pruge bio je procijenjen na 81 500 t/g.

Na slici 1. dan je razmještaj postrojenja lake (LP) i univerzalne pruge (UP). U tablici 1. dan je tehnološki proces



Slika 1. Razmještaj postrojenja u lakoj (LP) i univerzalnoj pruzi (UP).  
 LP: 1. Priprema uloška, 2. Kružna peć, 3. Kalibrir preša, 4. Preša za bušenje, 5. Peć za dogrijavanje čaša, 6. Egalizir stan, 7. Pilger stan, 8. Vaga i mjerenje duljine, 9. Reducir peć, 10. Reducir stan, 11. Tople pile, 12. Hladnjak, 13. Ravnalice, 14. Rezalice, 15. Stol kontrole i popravka, 16. Hidro proba, 17. Stol završne kontrole  
 UP: 1. Priprema uloška, 2. Kružna peć UP, 3. Preša za bušenje UP, 4. Egalizir stan UP, 5. Pilger stan SP, TP, 6. Vaga i mjerenje duljine SP, TP, 7. Kalibrir peć SP, TP, 8. Kalibrir stan SP, TP, 9. Hladnjak SP,TP, 10. Ravnalica UP, 11. Rezalice SP, TP, 12. Stol kontrole i popravka SP, TP, 13. Hidro proba SP, TP, 14. Stol završne kontrole SP, TP

Figure 1. Layout of the plant on light rolling mill train (LP) and universal rolling mill train (UP).

LP: 1. Preparation of charge, 2. Circular furnace, 3. Calibrating press, 4. Boring press, 5. Furnace for additional cup heating, 6. Levelling stand, 7. Pilger rolling stand, 8. Calibrating stand, 9. Reducing furnace, 10. Reducing rolling stand, 11. Hot saw, 12. Cooling bank, 13. Straightening machine, 14. Cutting machine, 15. Control and repair table, 16. Hydro test, 17. Final control table  
 UP: 1. Preparation of charge UP, 2. Circular furnace UP, 3. Boring press UP, 4. Levelling rolling stand UP, 5. Pilger rolling stand SP, TP, 6. Scales and length measuring SP, TP, 7. Calibrating furnace SP, TP, 8. Calibrating stand SP, TP, 9. Cooling bank SP, TP, 10. Straightening machine UP, 11. Cutting machine SP, TP, 12. Control and repair table SP, TP, 13. Hydro test SP, TP, 14. Final control table SP, TP

proizvodnje cijevi na lakoj pruzi (LP), a u tablici 2. na univerzalnoj pruzi (UP).

Tablica 1. Tehnološki postupak proizvodnje cijevi na lakoj pruzi (LP)

Table 1. Technological process of tube manufacture on light rolling mill train (LP)

Faza proizvodnje	Proizvodni produkt
Priprema uložka Narezivanje i lomljenje	Valjane gredice kvadratnog presjeka 125, 135, 150 i 155 mm, kvadratni ingot stranice 169 mm
Zagrijavanje komada u kružnoj peći 1150 - 1320 °C, kapacitet 6/7 t/h	Gredice u duljinama 340 - 780 mm
Kalibriranje prema promjeru i kapacitetu matrice silom 2 MN	Kalibrirane gredice
Bušenje gredica silom 3 MN	Čaše: Ø148 - Ø200 mm
Dogrijavanje čaše; 1100 - 1250 °C	Dogrijane čaše
Produljenje i bušenje dna čaše - egaliziranje, istosmjerni motor 800 kW	Cijevnice: Ø114 - Ø150 mm
Valjanje - Pilgerovanje, istosmjerni motor 650 kW, max. duljina 17 m	Sirove cijevi kalibara: 69, 80, 92, 100, 106
Mjerenje duljine i mase, max. 300 kg i max. duljine 16.5 m	Sirove cijevi
Dogrijavanje u reducirnoj peći na 850 - 1000 °C	Sirove cijevi
Reduciranje promjera, 23 duo valjačka stana, istosmjerni motor 300 kW	Cijevi gotovog promjera: za kal. 69 21.3 - 54 mm za kal. 80 33.7 - 78 mm za kal. 92 48.3 - 88.9 mm za kal. 100 88.9 - 98 mm za kal. 106 101.6 - 105 mm
Ađustiranje cijevi	Gotove cijevi za kupca ili doradu, maksimalne duljine 12 m

Izgradnjom valjaonice bešavnih cijevi u bivšoj Jugoslaviji, Hrvatska je bila jedini proizvođač bešavnih cijevi između 34 države u svijetu.

Tablica 2. Tehnološki postupak proizvodnje cijevi na univerzalnoj pruzi (UP)

Table 2. Technological process of tube manufacture on universal rolling mill train (UP)

Faza proizvodnje	Proizvodni produkt
Srednja (SP) i teška pruga (TP)	Klasično ljevani ingoti kvadratnog presjeka: 212, 224, 240, 252, 269 i 294 - SP, 294, 315, 336 i 360 - TP i od 1970. g. 12 kutni poligonalni 350, 375, 400 i 428 - TP
Zagrijavanje komada u kružnoj peći 1150 - 1320 °C, kapacitet 16 t/h	Duljina ingota 550 - 1250 mm
Bušenje ingota silom 7.5 MN	Čaše: Ø258 - Ø355 mm - SP Ø275 - Ø423 mm - TP
Produljenje i bušenje dna čaše - egaliziranje, istosmjerni motor 1.5 MW	Cijevnice: Ø176 - Ø250 SP Ø275 - Ø423 - TP
Valjanje - Pilger, istosmjerni motor 1.5 MW, max. duljina 27 m (SP, TP)	Sirove cijevi kalibara: 112, 124, 137, 149, 168, 184, 200 - SP, 184, 202, 218, 228, 253, 282, 318, 333 - TP
Mjerenje duljine i težine, max. 8 kN i 14 m - SP; max. 20 kN i 14 m - TP	Sirove cijevi
Dogrijavanje u kalibrir peći na 850 - 1000 °C SP i TP	Sirove cijevi
Kalibriranje promjera na 5 duo valjačkom stanu, pogon 5x44.2 kW - SP, 3x75 kW - TP	Cijevi gotovog promjera standardnih dimenzija 101.6 - 193.7 mm - SP 168.3 - 323.9 mm - TP
Ađustiranje cijevi	Gotove cijevi za kupca ili doradu, max. duljine 14 m

### UVJETI UHODAVANJA I RADA VALJAONICE BEŠAVNIH CIJEVI

Početak rada na lakoj a zatim na univerzalnoj pruzi praćen je značajnim teškoćama. Pored uhodavanja nove tehnologije s radnom snagom bez iskustava u industrijskoj proizvodnji značajni problemi su bili vezani na osiguranje uložnog čelika posebice za LP koja je koristila predvaljane gredice (i manju količinu ingota). Uložak se osigurao nabavkom iz drugih valjaonica u zemlji ili uvozom. Kasnije je to riješeno izgradnjom valjaonice traka i gredica u Želje-

zari Sisak (1964. god.). Proizvodnja je ukupno ipak postupno rasla (od cca 5 000 t u 1953. godini do cca 70000 t u 1964. godini).

Prva količina bešavnih cijevi (859 t) izvezena je u Brazil 1954. god. Naredne godine izvoz je udvostručen, a 1958. god. izvoz je iznosio 40 % godišnje proizvodnje.

Za proširenje tržišnih mogućnosti bilo je potrebno razvijati i prerađivačko postrojenje. Na teškoj pruzi instalirana je 40 t vučna klupa za toplo vučenje i proširivanje promjera cijevi s mogućnosti reduciranih promjera 60 do 318 mm i maksimalne duljine 14.5 m.

Do razdvajanja pruga proizvodili su se stupovi za javnu rasvjetu, elektrifikaciju željeznice i druge potrebe. Posebice značajno za plasman cijevi bila je izgradnja prerađivačkog odjela za naftne cijevi 1958. godine, kao i ostalih odjela za doradu cijevi. Postrojenje za izradu navoja na cijevima i spojnicama, postrojenje za podebljavanje krajeva cijevi i pomoćno postrojenje omogućili su izradu tubinga sa podebljanim i nepodebljanim krajevima od 1.9" do 3 1/2", casinga od 4 1/2" do 11 3/4", line pipe sa navojem i skošenim krajevima do 12 3/4". Temeljem novih mogućnosti 1959. god. proizvedeno je 21 000 t naftnih cijevi prema API standardima, 1 000 t hladno vučenih, 2 200 t pocinčanih i 2 100 t bitumeniziranih cijevi.

1962. g. stavljeno je u pogon postrojenje za izradu boca za plinove volumena od 18 do 50 l godišnjeg kapaciteta 20 000 kom.

1963. g. započela je proizvodnja čeličnih lukova od Ø 25 do 219 mm godišnjeg kapaciteta 700 do 1 000 t.

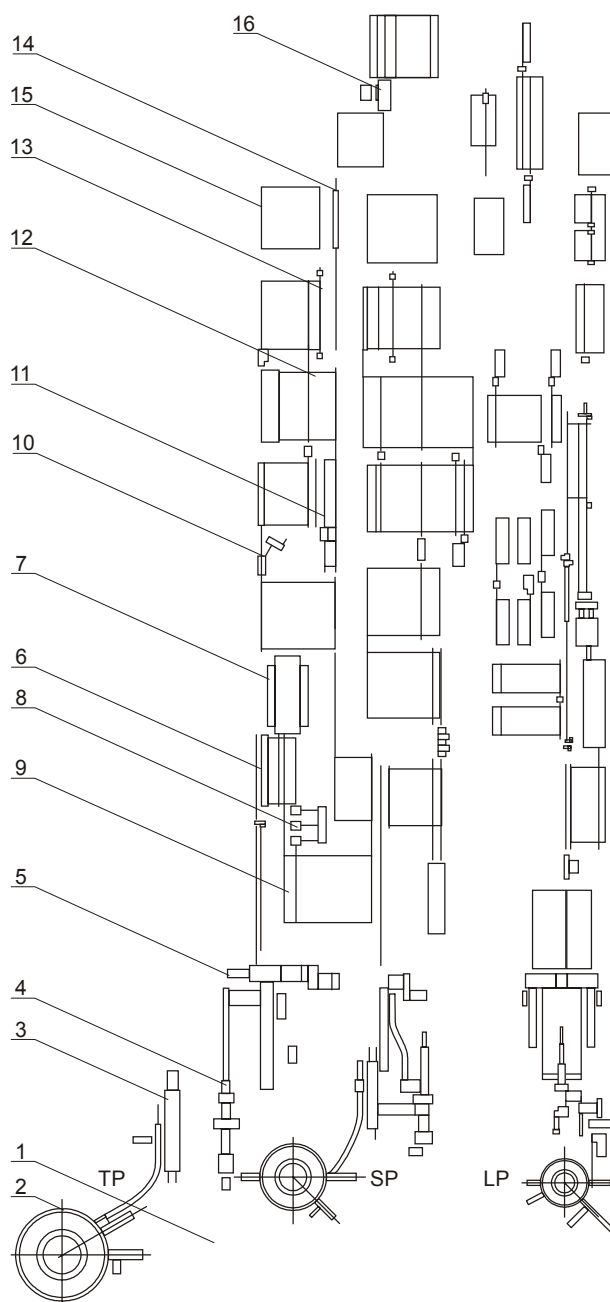
Izgradnjom valjaonice traka i gredica 1964. g. i rekonstrukcijom Siemens-Martin-ovih (SM) peći 1966. g. stvoreni su uvjeti za stalno snabdijevanje bešavne valjaonice čeličnim uloškom što je omogućilo veću stabilnost proizvodnje i približavanje ostvarenja kapaciteta valjaonice. Daljnje značajnije povećanje proizvodnje nije bilo moguće bez razdvajanja univerzalne pruge i izgradnje novih kapaciteta. Posebice je bilo važno poboljšati tehnologiju proizvodnje, lijevanja i kvalitete čelika.

Iz navedenih razloga 1970 - ih godina intenzivno je započeta izgradnja uređaja za kontinuirano lijevanja čelika.

1972. g. započeta je rekonstrukcija razdvajanja univerzalne pruge.

SP je nakon razdvajanja krajem 1972. nastavila proizvodnju vlastitim suvremenim pogonom "pilger" valjaka, a zajednički pogonski motor ostao je vezan na tešku prugu (TP).

Za samostalan rad (TP) izgrađeno je novo postrojenje: kružna peć za zagrijavanje uloška kapaciteta 27 t/h, hidraulična preša za bušenje sile 1.35 MN, egalizir stan sa glavnim pogonskim motorom 1800 kW, mjenjač trnova, novi potisni stroj pilgera, hladnjaci, ravnalica, rezalice za rezanje i nakošenje krajeva cijevi i vaga. Proizvodni program cijevi proširen je sa 12" na 14" a sve ostalo postrojenje osim pilgera dimenzionirano je na cijevi promjera 16". Rekonstruirana pruga je započela s proizvodnjom sre-



Slika 2. Razmještaj postrojenja nakon rekonstrukcije lake pruge (LP), srednje pruge (SP), teške pruge (TP): 1. Priprema uloška, 2. Kružna peć, 3. Preša za bušenje, 4. Egalizir stan, 5. Pilger stan, 6. Vaga i mjerenje duljine, 7. Kalibrir peć, 8. Kalibrir stan, 9. Hladnjak, 10. Ravnalica, 11. Rezalice, 12. Stol kontrole i popravka, 13. Hidro proba, 14. Mjerenje težine i duljine cijevi, 15. Stol završne kontrole, 16. Uređaj za bezrazornu kontrolu cijevi VETCO LP, SP, TP

Figure 2. Lay-out of the plant after reconstruction: light rolling mill train (LP), middle rolling mill train (SP), heavy rolling mill train (TP): 1. Preparation of charge, 2. Circular furnace, 3. Boring press, 4. Levelling rolling stand, 5. Pilger rolling stand, 6. Scales, and length measuring, 7. Calibrating furnace, 8. Calibrating stand, 9. Cooling bank, 10. Straightening machine, 11. Cutting machine, 12. Control and repair table, 13. Hydro test, 14. Weight and length measuring, 15. Final control table, 16. Device for nondestructive testing VETCO LP SP, TP

dinom 1973. godine. Razmjestaj postrojenja bešavne valjaonice nakon rekonstrukcije razdvajanja pruga prikazan je na slici 2. a tehnološki postupak proizvodnje cijevi na teškoj pruzi (TP) u tablici 3.

Tablica 3. Tehnološki postupak proizvodnje cijevi na teškoj pruzi (TP)  
Table 3. Technological process of tube manufacture on heavy rolling mill train (TP)

Faza proizvodnje	Proizvodni produkt
Priprema uložka (TP)	Klasično ljevani 12 kutni ingoti 350, 375, 400 i 428, konti ljevani 8 kutni blumovi OK 294 i 320
Zagrijavanje komada u kružnoj peći 1150 - 1320 °C, kapacitet 27/30 t/h	Duljina blokova 900 - 1800 mm
Bušenje blokova max. sila 13.5 MN	Čaše: Ø355 mm - Ø423 mm
Produljenje i bušenje dna čaše - egaliziranje, istosmjerni motor 1.8 MW	Cijevnice: Ø27 - Ø460
Valjanje - Pilgerovanje, istosmjerni motor 1.5 MW, max. duljina 27 m	Sirove cijevi
Mjerenje duljine i težine, max. 14 m i 20 kN	Sirove cijevi
Dogrijavanje u kalibrir peći na 850 - 1000 °C	Sirove cijevi
Kalibriranje promjera na 5 duo valjačkom stanu, pogon 3x75 kW - TP	Cijevi gotovog promjera 168.3 - 355.6 mm
Ađustiranje cijevi	Gotove cijevi za kupca ili doradu, max. duljine 12 m

Uvođenjem kontinuirano lijevanog uložka značajno je poboljšana kvaliteta proizvoda i sigurnost rada naročito na SP koja je u cjelosti koristila konti uložak formata 8 - kutni, otvor ključa (OK) 232, 245, 276, 293. Prosječno je porasla iskoristivost čelika 4 %.

Godine 1975. LP i SP postigle su svoja maksimalna godišnja ostvarenja (LP 33 100 t I klase, izvadak 76 %, SP 43 100 t I klase, izvadak 78 %). TP je imala pad proizvodnje u periodu 1982. do 1986. g. zbog oštećenja pilger postrojenja. Uz zamjenu pilgera izvršena je ugradnja rekonstruiranog izlaznog kanala pilgera i rekonstrukcija

kalibrirne peći. Ovim rekonstrukcijama i s modernim potisnim strojevima pilgera TP stvoreni su uvjeti za produktivniji rad pruge nakon 1985. godine. Maksimalna godišnja proizvodnja na TP ostvarena je 1988. godine (68 300 t I klase, izvadak 74 %), a ukupno VBC 1989. god. (136 300 t I klase, izvadak 76 %).

Kroz cijelo ovo vrijeme, pored napora za povećanje proizvodnje, rješavani su i problemi kvalitete čelika i cijevi. Stručnjaci Instituta za metalurgiju Sisak u suradnji sa tehnolozima čeličane i valjaonice bešavnih cijevi rješavali su niz zahtjevnih pitanja [6-25].

### PLANIRANJE I IZGRADNJA NOVIH PROIZVODNIH KAPACITETA

Željezara Sisak je i poslije rekonstrukcije valjaonice bešavnih cijevi planirala značajno proširenje i modernizaciju proizvodnih kapaciteta integralnog ciklusa počev od proizvodnje koksa i sirovog željeza, čelika, šavnih i bešavnih cijevi te njihove prerade (planirana godišnja proizvodnja i prerada čelika je 10<sup>6</sup> t). Ovi planovi su bili sukladni tadašnjim svjetskim trendovima. U svijetu su već tada izgrađene moderne valjaonice bešavnih cijevi, a tendencije razvoja dane su u tablici 4. [26-32].

Obzirom na stvorene obveze Željezare Sisak i već naznačene poteškoće u investiranju, od metalurškog dijela realizirana je samo koksara u Bakru, a u planu je ostao valjaonički kompleks u kome je glavna investicija bila nova bešavna valjaonica kojom izgradnjom se predmnijevala obustava rada na lakoj i srednjoj pruzi. Izgradnja ove valjaonice bi osigurala i kvalitetan uložak za hladnu valjaonicu. Za bešavne cijevi planirano je i postrojenje toplinske obrade. Planovi izgradnje valjaonice dovedeni su do pripreme faze izgradnje ali su okolnosti investiranja postale sve nepovoljnije i konačno je sve zaustavljeno ratnim zbivanjima. U prerađivačkom dijelu investicije su bile uspješnije čemu je pogodovala i strategija investiranja u manje razvijena područja (1970-ih i 80-ih godina realizirani su metaloprerađivački programi u Glini, Dvoru, Topuskom, Hrv. Dubici i Novskoj).

Postrojenje za proizvodnju boca preseljeno je u Slavonki Brod - Đuro Đaković, a postrojenje za proizvodnju cijevnih lukova u Novsku. Izgrađeni su novi prerađivački kapaciteti (1984. g. izgrađena je moderna valjaonica hladne prerade cijevi za promjere cijevi od Ø 8 do 130 mm, a 1984. g. stavljeno je u pogon suvremeno postrojenje za doradu naftnih cijevi - API odjel za izradu navoja na podebljanim i nepodebljanim krajevima cijevi Ø 1.9" do 13 3/8" i izradu i navijanje spojnice). Za plinotjesne spojeve od tvrtke Mannesmann kupljena je licenca za BDS i TDS spojeve (cijevi isporučene INA Nafta plinu).

Planirana linija toplinske obrade cijevi nije izgrađena zbog čega su kvalitete i stanje isporuke ograničene na normalizaciju i popuštanje. Pored ostalih područja pri-

Tablica 4. **Tendencije razvoja u proizvodnji bešavnih cijevi**  
 Table 4. **Trends of development in seamless pipe manufacturing**

Uložak	Kontinuirano lijevanje okruglih presjeka Šuplji konti lijev Uložak s poboljšanom mogućnošću toplog i hladnog oblikovanja i višom kvalitetom površine Primjena centrifugalno lijevanih sirovih i cijevi za visokolegirane čelike
Valjanje	PPM (Press piercing mili) -tlačno valjački stan za uzdužno bušenje uloška MPM (Multi stand pipe mill) -konti pruga s uređajem za zadržavanje trna - tal. varijanta MPM-SL (Multi standless pipe mill) -konti pruga (bez stanova) sa zajedničkim kućištem i uređajem za zadržavanje trna (tal. varijanta) Neuval proces - francuska varijanta MPM sa zadržanim trnom na kojem se prethodno buši ogrlica na kosom stanu MPM-Aetna Standard Co. -konti pruga za valjanje sa slobodnim, poluzadržanim i zadržanim trnom, primjer »VBC Sumimoto« MRK-S (Mannesmann Rohrkontiwalzwerk mit Striperverfahren) -Mannesmannova varijanta MPM sa striperom i poluzadržanim trnom MRK-AR (Mannesmann Rohrkontiwalzwerk mit Ausziehrhrwalzwerk) - Mannesmannova varijanta MPM s uređajem za zadržavanje trna (izvlačni stan) CPE (Crossroll piercing elongation) -bušenje kosim valjanjem s izduženjem na potisnoj klupi CPD (Crossroll piercing Diescher elongation) -bušenje kosim valjanjem s izduženjem na Diescherovom stanu uz zadržavanje trna ACU-ROOL (Postupak sličan CCPD) -Bušenje kosim valjanjem s izduženjem na kosom stanu Diescherovim diskovima uz zadržani trn, razvijen Actne norma Co. u 4 verzije PSW (Planeten Schrägwalz Werk) -planetarni stan uz poprečno valjanje cijevi
Adustaza, hladno oblikovanje, toplinska obradba	Razvoj modernih postupaka ispitivanja bez razaranja Visokoeffikasni uređaji za rezanje Plasticiranje, unutarnje brušenje Kontinuirano hladno valjanje cijevi Primjena višestrukih vlakova, ili tandemskih i višestrukih hladnih i pilger-strojeva Visokoeffikasni hladni pilger stanovi

mjene najveća ograničenja su za cijevi namijenjene naftnoj industriji koje se isporučuju u poboljšanom stanju. Postignuti maksimalni API stupanj cijevi je N-80 (pomoću kemijskog sastava), s tim da za spojnice postoji mogućnost isporuke u poboljšanom stanju.

Usporedno sa planiranom izgradnjom nove valjaonice bešavnih cijevi (prvo planiran potisna klupa, kasnije CPE a razrađen je i MPM postupak) izvođene su poboljšavanja na postojećim postrojenjima s nakanom povećanja proizvodnje i kakvoće cijevi.

Naime, unapređenje kvalitete kontinuirano lijevanog čelika omogućilo je izravnu primjenu kontinuirano lijevanog uloška kružnog presjeka bez uporabe preše za bušenje. Ta iskustva su potakla razmišljanja i u Željezari Sisak o izravnom bušenju uloška na pilger prugama. Najveći efekti primjene izravnog bušenja bili bi na LP zbog izostavljanja: valjanja gredica, preše za bušenje i kalibriranje, dogrijevne peći i radne snage za ove strojeve (što ukupno smanjuje troškove prerade čelika preko 20 %). Tijekom 1980-ih izvršene su uspješne probe izravnog bušenja na LP i SP na egalizir stanovima preuređenim za koso bušenje. Na LP prvi probni komadi Ø 145 mm dobiveni su tokarenjem kvadratnih gredica, a na SP su korištene okruglice Ø 190 mm probno lijevane. Temeljem ovih proba dana je pismena procjena mogućnosti izravnog bušenja okruglica na sve tri pruge sa mogućnosti korištenja okruglica od Ø 190 do Ø 400 mm za SP i TP.

Općenito se može reći, da su u kontinuitetu rađena poboljšanja na ulošku, tehnologiji valjanja, uvođenju novih proizvoda, održavanju i rekonstrukciji postrojenja. Ova poboljšanja tehnologije i postrojenja stvorila su uvjete za stabilnost i povećanje proizvodnje sve do ratnih zbivanja.

Na slici 3. dana je proizvodnja bešavnih cijevi u Hrvatskoj Željezari Sisak od 1953. do 2001. godine.

Prikaz asortimana prema usvojenim normama i kvalitetama:

1. Plinske, crne prema JUS C.B5.225 (DIN 2440, 2441) Ø ½" - 6" nazivnog promjera u kvalitetama Č.0000, Č.1212, Č.1213, Č.1402, Č.1502,
2. Konstrukcijske čelične cijevi prema JUS C.B5.221 (DIN 2448/1629), Ø 21.3 - 355.6 mm u kvalitetama Č.1212, Č.1213, Č.1402, Č.1502, Č.3100,
3. Kotlovske čelične cijevi prema JUS C.B5.022 (DIN 17175) Ø 21 - 355.6 mm u kvalitetama Č.1214, Č.1215 i Č.1503 stupnja I, II i III,
4. Cijevi za industriju nafte Line pipe prema API 5L i 5LX Ø ½" - 14" u kvalitetama Grade A.B.X - 42, X - 46 i X - 52
5. Cijevi za industriju nafte Casing prema API 5A i 5AC Ø ½" - 13 3/8" u kvalitetama H - 40, J - 55, N - 80 (kemijski),
6. Cijevi za industriju nafte tubing prema API 5A i 5AC Ø 2 3/8" - 3 ½" u kvalitetama J - 55, N - 80 (kemijski),
7. Cijevi po ASTM grade A i B,

8. Posebne narudžbe cijevi u kvalitetama ugljičnih, nisko i srednje legiranih u normaliziranom ili popuštenom stanju i dimenzionalnom području pruga.

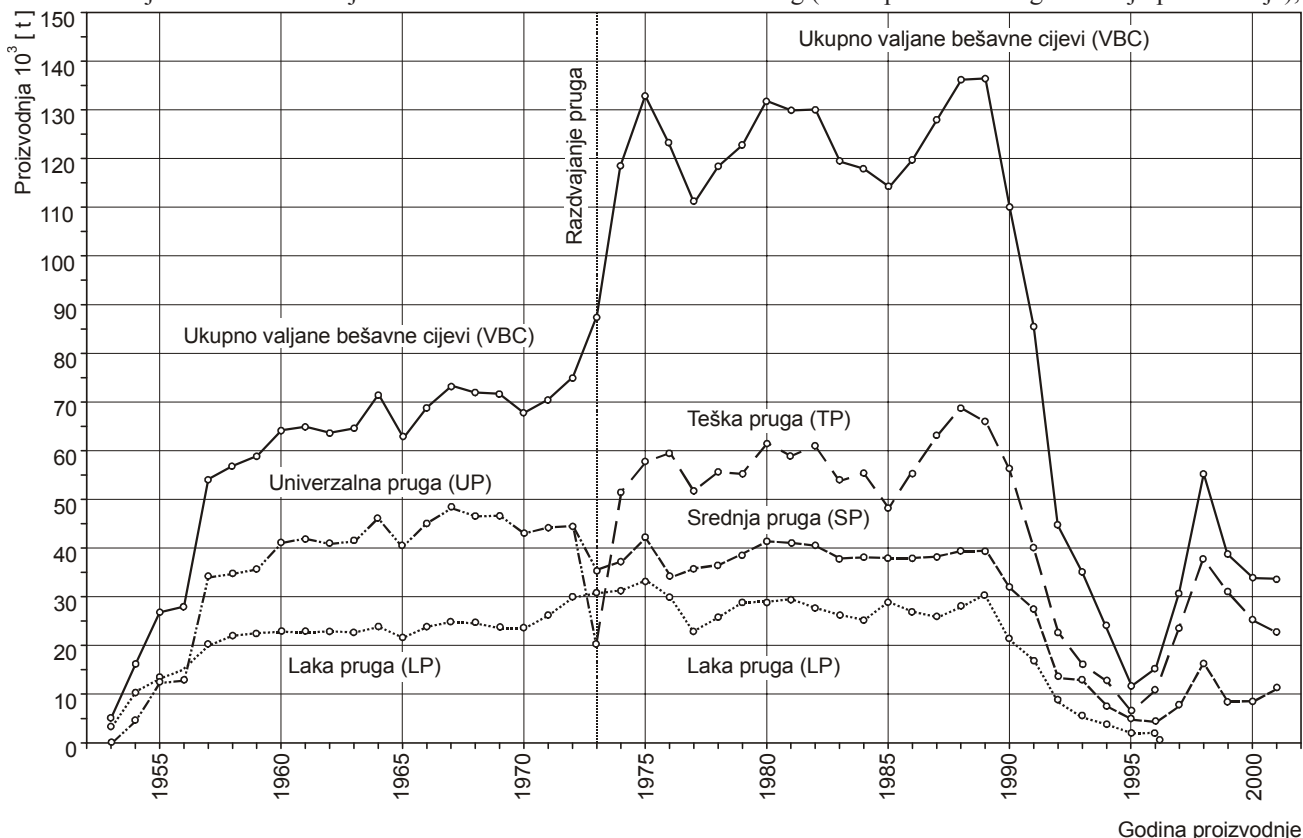
Za brodogradnju proizvode se cijevi prema:

- Lloyd's Register of Shipping,
- Det Norske Veritas,
- Hrvatski registar brodova,
- Bureau Veritas.

Nažalost, nije ostvarena planirana izgradnja nove moderne valjaonice bešavnih cijevi.

- značajan gubitak radne snage dijelom zbog svojevoljnog napuštanja proizvodnje i dijelom zbog mobiliziranja u obranu zemlje (broj zaposlenih u bešavnoj valjaonici smanjen je sa 1500 na 400).

Sve tri pruge su radile sa prekidima a zatim naizmjenično (samo jedna pruga) prema potrebama domaćeg tržišta i za izvoz na zapadno tržište. Čelik se proizvodio samo u elektrolučnoj peći Željezare Sisak (kapacitet 70 000 t/g), a VBC je za potrebe predratne proizvodnje koristila preko 180 000 t/g. Stvarna proizvodnja čelika je bila manja od 30 000 t/g (slični problemi u organiziranju proizvodnje),



Slika 3. Prikaz proizvodnje prve klase bešavnih cijevi u Željezari Sisak od 1953. do 2001.  
Figure 3. Presentation of the manufacture of first-grade seamless tubes in Željezara Sisak from 1953 to 2001

### PROIZVODNJA BEŠAVNIH CIJEVI ZA VRIJEME I POSLIJE RATA U HRVATSKOJ

Ratna zbivanja su utjecala na nagli pad proizvodnje, a takva kretanja su nastavljena i nakon rata (slika 3.). Negativni utjecaji na razinu proizvodnje očitovao se u više oblika:

- oštećenje strojeva i prekidi proizvodnje tijekom granatiranja,
- prekidi snabdijevanja čelikom uvjetovani prekidima snabdijevanja sirovinama za izradu čelika,
- prekidi snabdijevanja repromaterijalima,
- značajan gubitak tržišta za plasman cijevi,

što znači da je i za malu proizvodnu razinu bešavne valjaonice bilo neophodno uvoziti čelični uložak.

Tablica 5. Promjeri rabljenih konti ljevanih okruglica  
Table 5. Diameters of used continuously cast rounds

Na tržištu je bilo moguće pronaći samo određene količine uložka kvadratnog i kružnog presjeka. Uložak kvadratnog presjeka imao je značajna ograničenja za dio asortimana i tehnološke nedostatke, a primjena uložka kružnog presjeka

Pruga	Promjer uložka [mm]
LP	145, 150, 160
SP	190, 200, 210, 228, 270
TP	320, 340, 360, 380, 405, 410, 420

odmah je dala očekivane rezultate i dobrim dijelom riješila mogućnost popunjenja nedostataka čelika i mogućih duljih prekida proizvodnje. Uvođenje uložka kružnog presjeka provedeno je na temelju pismene procjene prema rukovodstvu "Metalurške i valjaoničke proizvodnje" od 02.10.1991. godine sačinjene nakon predratnih proba izravnog bušenja okruglica na LP i SP. U procjeni su date mogućnosti izravnog bušenja okruglica na SP i TP od  $\varnothing$  190 do  $\varnothing$  400 mm, za LP  $\varnothing$  120 do  $\varnothing$  160 mm i za TP  $\varnothing$  420 mm date su ocje-ne naknadno nakon provjere mogućnosti pogonskih motora.

Tad je počela kupovina konti lijevanih okruglica u Rusiji, Italiji i Češkoj za prevaljivanje na sve tri pruge. Tehnologija je prilagođavana formatima koji su se nalazili na tržištu pa je bilo i odstupanja od tehnoloških ograničenja jer je prevaljivan i uložak koji nije bio odgovara-juće dimenzije (tablica 5.).

Sve su ovo bile aktivnosti za održavanje barem minimalne proizvodnje. Niska i sa prekidima proizvodnja imala je za posljedicu visoke troškove i značajne poslovne gubitke koji su rješavani uz pomoć države. Takovo poslovanje nije omogućavalo potrebnu razinu održavanja postrojenja koje je postajalo sve lošije i utjecalo na daljnje povećanje troškova. Slično stanje je bilo i u drugim dijelovima Željezare. Na temelju nedostataka ovakvog poslovanja izrađen je program restrukturiranja Željezare. U okviru tog programa i na temelju analize troškova proizvodnje, tržišta i radne snage 1997. god. donesena je poslovna odluka o trajnoj obustavi rada LP i organiziranju proizvodnje na TP i SP s prioritetom rada TP, što je poboljšalo stanje (ali ne i dovoljno). Za potrebe čelika SP i TP planirana je izgradnja čeličane kapaciteta 150 000 t/godini u noćnom radu sa izvanpećnom obradom i konti lijevom za okruglice promjera 220 i 260 mm za SP te 320, 360 i 420 mm za TP. Izgradnjom čeličane stvorili bi se dobri uvjeti i za izgradnju moderne valjaonice. Do tog ostvarenja sad se koriste pored okruglica konti osmerokutni blumovi 245 i 267 mm za SP i 320 mm za TP i  $\varnothing$  410 mm za TP.

Izgradnja čeličane nije ostvarena iako je 1999. god. sa tvrtkom Samsung potpisan ugovor o njenoj izgradnji. Tako je valjaonica kao i ostali dio Željezare Sisak od početka rata do sad u stalnim poteškoćama poslovanja. Početkom 2002. god. izvršena je privatizacija proizvodnog dijela Željezare Sisak nakon čega se očekuje, kako u ostalom dijelu Željezare tako i u bešavnoj valjaonici, ostvarenje uspješnog poslovanja i razvoja.

## UMJESTO ZAKLJUČKA

Sadašnje stanje valjaonice bešavnih cijevi sa po jednim "pilgerom" na SP i TP u tržišnoj utakmici sa visokoproduktivnim valjaonicama tipa potisnih klupa, konti, MPM i drugima (tablica 4.) ne može dugoročno osigurati opstanak.

Rješenje je u proizvodnom asortimanu cijevi za tržište, gdje je prihvatljiv "pilger" postupak (Line pipe, Casting cijevi namijenjene strojnoj obradi, cijevi izvan normi itd.).

Kako bi se omogućilo povećanje proizvodnje do pune zaposlenosti što je osnovni preduvjet za potrebno smanjenje troškova, neophodni su i rekonstrukcijski zahvati i dogradnje za: povećanje produktivnosti, smanjenje zastoja, poboljšanje kvalitete površine cijevi, povećanje izvotka, smanjenje potrošnje energije i pribora. Jedan od prijedloga omogućava poboljšanje svih navedenih parametara posebice povećanje kapaciteta VBC za preko 30 % i smanjenje radne snage za preko 20 % uz obustavljanje SP. Ovaj prijedlog predviđa izgradnju "pilgera" 16" u paru sa postojećim "pilgerom" 14". Ovo je moguće jer su svi strojevi ispred "pilgera" i na ađustaži dimenzionirani za cijevi 16" (u slučaju valjanja cijevi 16" radio bi samo novi "pilger"). Pored novog "pilgera" izgradila bi se zajednička koračna peć i trovaljkasti kalibrir/reducir stan koji bi omogućavao dobivanje cijevi minimalnog promjera 5 1/2" čime bi bila prekrivena glavna proizvodnja SP. Kružna peć SP s dodatnim transporterom može se uključiti u zagrijavanje uložka.

SP bi se mogla zadržati i raditi za vrijeme planskih zaustavljanja TP ili po potrebi. Podrazumijeva se i provesti brojne manje rekonstrukcijske zahvate.

Ukoliko se želi osigurati dugoročnu konkurentnu sposobnost valjaonice bešavnih cijevi potrebno je uvesti novu tehnologiju. Potrebno je izvesti analizu najnovijih postignuća u proizvodnji bešavnih cijevi uz dugoročne prognoze tržišta i potreba. Prijedlog je sada na toplom dijelu SP izgraditi MPM postrojenje za područje cijevi 5" - 14" (16") čime bi bio obustavljen rad SP (tablica 4.). Postrojenje bi uključilo: kružnu peć, kosi stan, MPM, koračnu peć i kalibrir/reducir stan. Ađustaže TP, SP i LP po potrebi bi se rekonstruirale. TP bi mogla ostati u funkciji (za manje i posebne narudžbe). Moguće su i fazne izgradnje ali su troškovno nepovoljnije.

## LITERATURA

1. A. Calmes at all.: Iron and Steel Engineer (1958) 124-132
2. I. Mamuzić, V. M. Drujan, Teorija, Materijali, Tehnologije čeličnih cijevi, Hrvatsko metalurško društvo, Zagreb 1996
3. J. Butorac, J. Plepelić, Metalurgija 10 (1971) izvanredni broj, 3-10
4. Z. Čepo, Željezara Sisak 1938 - 1973, Izd. Željezara Sisak, Sisak 1974.
5. Z. Čepo, Željezara Sisak 1938 - 1978, Izd. Željezara Sisak, Sisak 1978.
6. J. Krajcar, J. Đukić, Metalurgija 9 (1970) 4, 43-61
7. J. Krajcar, Metalurgija 9 (1970) 4, 93-101
8. J. Krajcar, Metalurgija 10 (1971) 3/4, 25-30
9. J. Krajcar, V. Ferketić, B. Krajcar, Metalurgija 11 (1972) 3/4, 15-20
10. J. Krajcar, Metalurgija 11 (1972) izvanredni broj, 24-29
11. J. Krajcar, Metalurgija 12 (1973) 3/4, 21-30
12. J. Krajcar, Metalurgija 13 (1974) 1, 3-14
13. V. Ferketić, J. Krajcar, I. Đukić, Metalurgija 13 (1974) 1, 15-27
14. J. Krajcar, B. Krajcar, V. Ferketić, Metalurgija 14 (1975) 2, 13-22



15. V. Ferketić, J. Krajcar, I. Đukić, D. Vuković, *Metalurgija* 20 (1981) 3/4, 25-28
16. J. Krajcar, *Metalurgija* 21 (1982) 3/4, 67-73
17. I. Mamuzić: Usvajanje proizvodnje bešavnih cijevi iz kvalitetnih čelika, Elaborat, Institut za metalurgiju Sisak, Sisak 1977
18. I. Mamuzić: Usvajanje proizvodnje bušačkih šipki i cijevi za industriju nafte, Elaborat, Institut za metalurgiju Sisak, Sisak 1978
19. I. Mamuzić, J. Butorac: Tehnologija valjanja legiranih čelika, Elaborat, Institut za metalurgiju Sisak, Sisak 1984
20. I. Mamuzić, M. Malina, *Metalurgija* 16 (1977) 2, 19-28
21. S. Alduk, I. Mamuzić, M. Malina, *Metalurgija* 19 (1980) 1/2, 31-38
22. I. Mamuzić, J. Butorac, B. Iharoš, *Čelik* 21 (1985) 114, 21-24
23. I. Mamuzić: Valjanje cijevi, Skripta, Metalurški fakultet u Sisku, Sisak, 1981
24. B. Iharoš: Tehnologija hladnog vučenja čeličnih cijevi u VPC, Elaborat, Institut za metalurgiju Sisak, Sisak 1984
25. N. Devčić, J. Butorac, M. Balenović: Proizvodnja bešavnih cijevi iz kontinuirano ljevanih blumova, Simpozij "Uložak za bešavne čelične cijevi", DIT - Sisak, 24.-26.05.1979., 1-20
26. I. Mamuzić, *Danas* 8 (1988) 332, 28-29
27. V. Čižman, A. Mujezinović, I. Mamuzić, *Čelik* 23 (1987) 128, 7
28. I. Mamuzić, A. Hensel, *Metalurgija* 29 (1990) 2/3, 45-52
29. J. Plepelić, *Metalurgija* 27 (1988) 1/2, 17-29
30. A. H. Calmes, *The Steel Tube Production Today and Tomorrow*, Publikacije INSA, 1990
31. J. Plepelić, *Metalurgija* 29 (1990) 2/3, 53-58
32. V. N. Danchenko, I. Mamuzić, P. V. Drozhza, *Metalurgija* 41 (2002) 2, 93-98

