

## PUTOKAZI MODERNIZACIJE PILGER POSTROJENJA

Received - Primljeno: 2006-03-20  
Accepted - Prihvaćeno: 2006-12-23  
Review Paper - Pregledni rad

Da bi opstao i zadržao prednost izradbe bešavnih cijevi u odnosu na suvremene valjaonice, kod pilger postupka treba povećati produktivnost, smanjiti troškove prerade i posebice poboljšati kakvoću i površinu cijevi. U članku se daje mogućnost modernizacije pilger stana (pogona, kućišta, posmaka cijevnice, itd.).

**Ključne riječi:** bešane cijevi, pilger postrojenja, modernizacija

**Trend of Modernization of Pilger Equipment.** In order to survive and keep the advantage of production of seamless tubes in competition with modern rolling mills, productivity of the pilger process must increase, whereas the processing costs must be reduced; it is particularly important to improve quality of the tubes and their surface appearance. In the paper, an option for modernization of the pilger rolling mill (driving section, rolling stand, shift of the tube blank (the hole), etc.) is provided.

**Key words:** seamless tubes, pilger equipment, modernisation

### UVOD

Proizvodnja čeličnih cijevi zauzima značajno mjesto u okviru ukupne svjetske proizvodnje valjanog materijala i čelika iz razloga [1]:

- uporaba cijevi u geologiji i industriji nafte te transport cjevovodima različitih medija, kao što su nafta, zemni plin, voda, ruda, ugljen i dr. U periodu 2004. g. - 2006. g. samo u industriji nafte je utrošeno preko  $70 \times 10^9$  \$ a dužine cjevovoda preko 75000 km [2];
- uporaba cijevi u građevinarstvu, pri izgradnji mostova, krovnih konstrukcija i drugih nosača;
- uporaba cijevi u energetici i strojogradnji, kotlovskih cijevi, cijevi za kemijsku, automobilsku, brodograđevnu industriju, reaktorsku tehniku, itd.

Proizvodnja čeličnih cijevi je npr. u 1990. godini iznosila  $69,4 \times 10^6$  tona (cca. 9 % od ukupne proizvodnje čelika), a već 1994. opala je na  $53 \times 10^6$  tona [1, 3].

U međuvremenu proizvodnja je varirala da bi npr. u 2003. godini iznosila  $58 \times 10^6$  tona, od kojih je bilo  $39 \times 10^6$  šavnih cijevi (67 %) a bešavnih  $19 \times 10^6$  tona (33 %) [2]. Danas je proizvodnja čeličnih cijevi na razini 6 % od ukupne proizvodnje čelika uz predmnijevani godišnji rast iznad 2 %. Odnos šavnih : bešavnih je cca 70 : 30 %. U Europskoj zajednici ovaj odnos je 74 : 26 % [4].

Za proizvodnju bešavnih cijevi postoji veliki broj postupaka (još 1937. godine - 9 različitih) [5 - 9].

Ovisno o svojstvima uložka kovine, dimenziji i zahtjevu kvalitete cijevi, topla se deformacija ostvaruje na nekoliko načina. Svaki od ovih postupaka ima karakteristične tehnološke prednosti i nedostatke. Međutim, neovisno o primijenjenom načinu, shema proizvodnje toplo deformiranih bešavnih cijevi, uključuje ove osnovne tehnološke operacije: zagrijavanje uložka, dobivanje šupljeg tijela (bušenje), dogrijavanje cijevnice (prema potrebi), valjanje cijevnice u cijev, dogrijavanje cijevi (ako je potrebno), konačno oblikovanje promjera i debljine stijenke [1, 5, 6].

Do 70-tih godina prošlog stoljeća u proizvodnji bešavnih cijevi značajno je bio zastupljen pilger postupak u kombinaciji sa prešom za bušenje uložka čime je dobro optimizirana prerada nedovoljno kvalitetnog klasično lijevanog čelika. Već tada započelo je značajno poboljšanje kvalitete čelika uvođenjem kontinuiranog lijevanja a potom sekundarne metalurgije i kompjuterskog vođenja ukupnog procesa od pripreme uložka do završnog hlađenja.

To je omogućilo dobivanje vrlo čistog čelika, homogene i dobrih plastičnih svojstava.

Takav čelik je omogućio izravnu preradu jeftinijeg konti lijevanog čelika na kosim stanovima bez prethodnog predvaljivanja (kao u početku uvođenja konti lijevanja) ili uporabe preše za bušenje u prvoj fazi prerade.

Ovim je pilger postupak izgubio konkurentnu sposobnost u proizvodnji bešavnih cijevi naročito za masovnu proizvodnju.

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

U svijetu a naročito u zapadnoj Europi pilgeri su zamijenjeni visokoproduktivnim viševaljačkim stanovima kapaciteta 200.000 do 600.000 t/god. uz dominaciju konti modificiranih pruga krajem 70-tih i tijekom 80-tih godina prošlog stoljeća. Pored znatno veće produktivnosti u odnosu na pilger valjaonice prednost je i u manjim troškovima prerade i boljoj kvaliteti cijevi u pogledu glatkoće površine i dimenzionalnih odstupanja.

Porastom zahtjeva za većom kakvoćom cijevi uz sniženje troškova te investicijskih ulaganja u svijetu se poklanja izuzetna pozornost razvoju i usavršavanju valjaonica bešavnih cijevi [4, 10, 11].

Tvrtke koje nemaju materijalnih mogućnosti ili iz drugih razloga zadržavaju u proizvodnji pilger postrojenja, da bi opstale moraju izvršiti modernizaciju pilger postrojenja. Treba umanjiti nedostatke u odnosu na ostala suvremena postrojenja:

- povećanjem produktivnosti,
- smanjenjem troškova prerade,
- poboljšanjem kakvoće i površine cijevi.

Hrvatska spada među 34 države svijeta gdje je zastupljena proizvodnja bešavnih cijevi, i to upravo pilger postupkom [12, 13]. Budući su postrojenja ispred i iza glavnog valjačkog stana (pilger stana) podudarna zato je cilj ovog rada dati glavne putokaze u modernizaciji samo pilger stana.

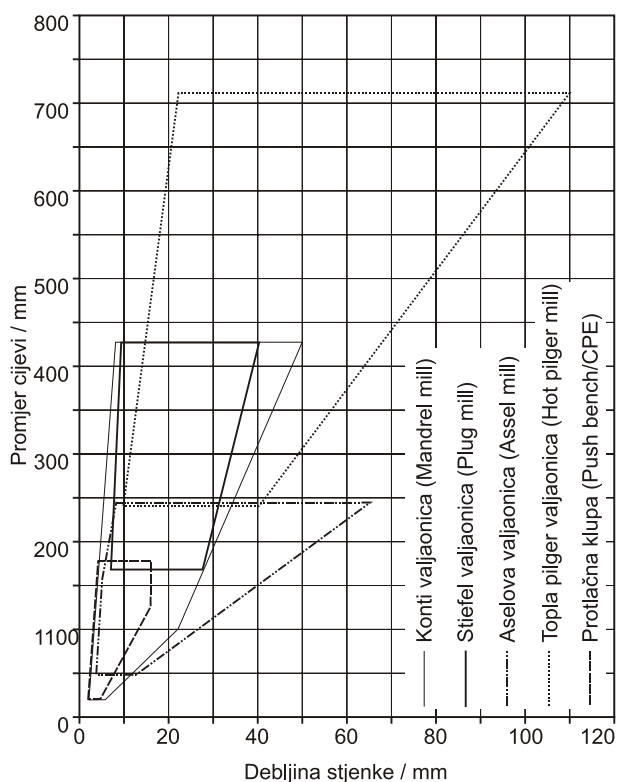
## PREDNOSTI I NEDOSTACI PILGER VALJAONICA

Postrojenja za valjanje cijevi s pilger-stanovima uz ostale namjene mogu biti i proizvođači debelostjenih cijevi, kao i cijevi za dobivanje i preradu nafte. Ovisno o asortimanu izrađivanih cijevi, valjaonica pilger-stanovima u začetku postrojenja su se dijelila na: male (za izradbu cijevi promjera do 114 mm, debljine stijenke 2,5 - 4 mm i maksimalne dužine do 60 m), srednje (za izradbu cijevi promjera od 114 do 325 mm, minimalne debljine stijenke 5 - 8 mm i maksimalne dužine do 40 m) i velike (za izradbu cijevi promjera do 720 mm, minimalne debljine stijenke 6 - 10 mm i maksimalne dužine do 36 m) [1, 5, 6]. Danas je samo ekonomična proizvodnja cijevi većih promjera i debljina stijenki.

Dio asortimana cijevi posebice izvan normiranog koje se mogu proizvoditi pilger postupkom nedostizna su kod ostalih postupaka proizvodnje bešavnih cijevi - slika 1.

Moguće prednosti pilger-postupka pri proizvodnji bešavnih cijevi mogu biti: valjanje cijevi iz sirovog uložka (prije ingota), što pojeftinjuje gotov proizvod, mogućnost proizvodnje profilnih cijevi (kvadratnih, šesterokutnih, koničnih i dr.); fleksibilnost pri promjenama programa valjanja, proizvodnja cijevi iz legiranih i visokolegiranih čelika, mala ukupna investicijska ulaganja, snabdijevanje i priprema pribora (trnova), bez poteškoća; normalna složenost

tehnološkog procesa, itd. Postrojenja s pilger-stanom imaju ograničenu primjenu u svijetu, te se na njima proizvodi 5 - 10 % ukupne proizvodnje bešavnih cijevi [13].



Slika 1. Završne dimenzije bešavnih cijevi za različite postupke proizvodnje [6]

Figure 1. Finished tube size ranges of different processes for the production of seamless tubes [6]

Tehnološki proces proizvodnje cijevi kod postrojenja starog tipa uključuje zagrijavanje ingota u potisnim pećima s okretanjem uložka, bušenje u kosom stanu, valjanje cijevnice u cijev na pilger-stanu, obrezivanje cijevi, kalibracija, toplo ravnanje, hlađenje i doradu.

Glavni nedostaci u odnosu na ostala suvremena postrojenja, a koja treba umanjiti su povećanje produktivnosti, smanjenje troškova prerade i poboljšanje kakvoće i površine cijevi.

### Povećanje produktivnosti

Najveće povećanje produktivnosti moguće je ostvariti gdje kapaciteti ostalog postrojenja na pruži omogućavaju dogradnju jednog ili više modernih pilger stanova što daje najmanja specifična ulaganja po toni proizvoda. U nekim slučajevima trebati će kapacitivno uskladiti i druge strojeve na liniji.

Manje, ali značajno povećanje produktivnosti moguće je ostvariti na postojećim pilgerima na kojima nije izvršena modernizacija. Povećanje produktivnosti se ostvaruje

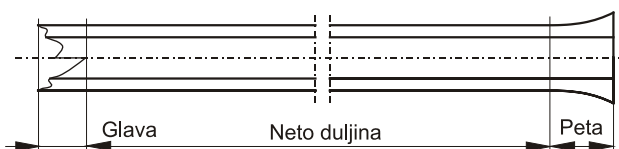
povećanjem broja okretaja na pogonu radnih valjaka, konstantnim i bržim posmakom cijevnice i smanjenjem svih vrsta zastoja (izmjene pribora i rezervnih dijelova, jalovog vremena i kvarova).

Za ostvarenje ovog cilja potrebno je stvoriti uvjete na strani pogona valjaka, potiska cijevnice i stabilnosti kućišta pilgera.

### Smanjenje troškova prerade

Povećanje produktivnosti izravno utječe na smanjenje troškova.

Najznačajniji parametar koji karakterizira i pilger postupak je izvadak sirove cijevi polazeći od geometrijske pretpostavke (slika 2.).



Slika 2. Skica izvaljane cijevi Pilger postupkom  
Figure 2. Sketch of rolling tube by Pilger process

Odsjecanjem glave i pete prema slici 2. i valjanje kraće sirove cijevi u odnosu na konti prugu i umanjenje izvadak oko 10% [14].

Kvalitetan konti uložak omogućava i pilger postrojenju povećanje izvadka i to:

- izravnim bušenjem uložka na kosom stanu, čime se pored značajnog smanjenja troškova prerade može ostvariti dobra centričnost cijevnice i smanjiti raznostjenost cijevi;
- "Zdrav čelik" pete cijevi omogućava da se dodatnim zahvatima ista iskiva do kraja: dodatkom prstena iz manje kvalitetnog čelika, uporabom profitne krune ili odmicanjem cijevnice od krune dodatnim uređajem. Uz prednavlačenje i šiljenje cijevnice pred pilgerom omogućava svođenje na minimum glave i pete a time povećanje izvadka do 5 %.

Smanjenje raznostjenosti uz preduvjet centrične cijevnice omogućava kvalitetno valjanje na pilgeru ujednačenim pogonom pilger valjaka, ravnomjernim posmakom cijevnice i zakretom za 90°, sinhronizacijom ovih kretanja zajedno s kontinuiranim mjerenjem debljine stjenke.

Prema procjenama ovako kvalitetno valjanje omogućava tolerantno polje stjenke unutar 15 % što omogućava valjanje ispod nominalnog kg/m cijevi za razliku valjanja na pilgeru gdje nisu izvršene modernizacije (do 4 % iznad nominalnog kg/m). Znano je, da se cijevi uglavnom prodaju po metru što određuje stvarni izvadak prodanih cijevi.

Rad bez preše i s brzim moderniziranim pilgerom omogućava povećanje izvadka i smanjenjem odgora zbog mogućnosti zagrijavanja uložka na nižu temperaturu.

Valjanje duljih cijevi jednako povećava izvadak i produktivnost.

### Poboljšanje kakvoće i površine cijevi

Mogućnost smanjenja raznostjenosti značajan je prinos kvaliteti cijevi i smanjenju troškova valjanja [15].

Glatkoća površine cijevi znatno je lošija kod pilger postupka u odnosu na suvremenije valjaonice

Par pilger valjaka deformira volumen materijala kao 8 parova MPM gdje je značajno veća površina i vrijeme dodira valjaka i materijala.

Glatkoća naročito na unutarnjoj površini cijevi može se poboljšati:

- kvalitetnim pogonom valjaka i cijevnice,
- uporabom glatkih površinski otvrdnutih trnova sa minimalnim konicitetom, pripremljenih i podmazanih kao kod viševaljačkih stanova,
- cijevnica prije valjanja na pilgeru treba doći bez odgora te navučena na trn i sa zašiljenim prednjim krajem,
- valjci prije valjanja moraju biti glatki po mogućnosti površinski otvrdnuti, dobro hlađeni,
- temperatura cijevnice na kraju iskivanja mora biti pri dovoljenoj donjoj vrijednosti plastičnosti za valjani čelik.

## MODERNIZACIJE PILGER POSTROJENJA

### Pogon pilger valjaka

Glavne modernizacije na pogonu pilger valjaka postrojenja izgrađenih ili moderniziranih u zadnjih 30-tak godina su: ugradnja manjeg i snažnijeg pogonskog elektromotora s ravnomjernim brojem okretaja tijekom valjanja (automatska regulacija) i bez zamašnjaka na osovini rotora, kao što je to kod ranije izrađenih pilgera.

Reduktori su sa većim omjerom redukcije broja okretaja i funkcijom zamašnjaka. To smanjuje investiciju i povećava sigurnost rada.

Od motora do pilger valjaka modernizacije su se odvijale u smislu povećanja sigurnosti rada za veća dinamička opterećenja uvjetovano bržim radom pilgera. Rađena su stabilnija kućišta sa većim dosjednim površinama na temeljne ploče, jače dimenzionirani zupčanic i ostali prenosni elementi i bolja kvaliteta materijala. Kvalitetniji oslonci kardanskih vratila, ugradnja sigurnosnih elemenata u kardanska vratila.

Ugradnja kardanskih glava i na strani valjaka sa prizmastim spojem umjesto križnog zaobljenog dosjeda ("djetelina").

Time se značajno smanjuju zazori dosjednih površina uz manje raskivanje istih a posebno je značajno veća stabilnost pilger valjaka, a time i bolja kvaliteta valjanja.

Prilagođavanje (povećanje) osnovnog razmaka vratila prema promjeni valjaka.

### Kućište pilgera

- Bolja dimenzioniranost naročito proširenje stope sa povećanjem dosjedne površine na temeljnu ploču.  
S tim u vezi izrada i postavljanje odgovarajuće temeljne ploče.
- Postavljanje pogona za regulaciju gornjeg pilger valjka na postolje van kućišta sa ciljem eliminiranja vibracija.
- Ugradnja uređaja za brzu izmjenu garnitura valjaka uz istovremeno pozicioniranje prema izlaznom kanalu.
- Brzo i sigurno obično hidrauličko učvršćivanje čokova valjaka.
- Pojednostavljenje ulazne, izlazne vodilice i kravate.

### Posmak cijevnice

Potisni stroj i uređaj za posmak potisnog stroja predstavljaju osnovni preduvjet kvalitetnog rada pilgera i mogućnosti povećanja produktivnosti.

### Potisni stroj

Zbog svoje važnosti za kvalitetu i produktivnost valjanja, potisni stroj je stalno bio predmetom modernizacije.

Najveća poboljšanja su ostvarena krajem 80-tih prošlog stoljeća čime su zadovoljene glavne potrebe valjanja:

- potrebno vodeno kočenje u prednjem položaju sa mogućnosti regulacije,

### Uređaj za posmak potisnog stroja

Na dužinsku ujednačenost stjenke sirove cijevi najviše utječe ravnomjernost posmaka. Najjednostavniji uređaji posmaka su hidrauličnog tipa za sva kretanja potisnog stroja naprijed i nazad i jeftiniji su za održavanje.

Ovi uređaji ne osiguravaju ravnomjernost posmaka naročito ako nemaju autonomnu stanicu za tekućinu visokog tlaka.

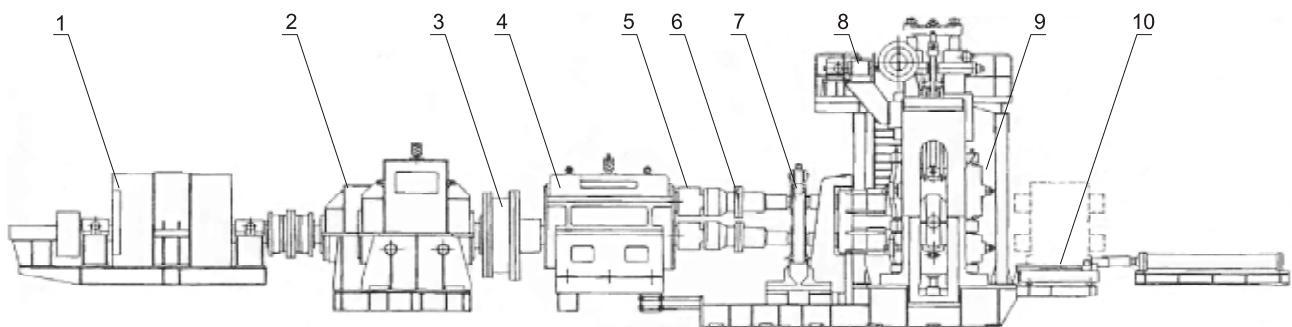
Još uvijek postoje ovakvi uređaji u nekim tvrtkama sa slabom zastupljenosti modernizacije.

U daljnjem razvoju uređaja prvo se pristupilo mehaničkom sustavu posmaka i povrata nazad. Uređaji su pouzdani u ostvarenju posmaka ali su nepovoljni za manipulacije i skupi za održavanje.

Zatim su nastupili hidrauličko mehanički uređaji koji bolje optimiziraju po smak, manipulacije i troškove održavanja. Ovih uređaja ima nekoliko vrsta.

Postoje projekti (možda i izvedbe) ponovo hidrauličkih uređaja koji kako je izloženo osigurava ravnomjernost posmaka uz prednosti hidro sustava.

Kad se na navedena poboljšanja pogona pilger valjaka i posmaka cijevnice doda uređaj za prednovlačenje i šiljenje cijevnice, i uređaj za mjerenje debljine stjenke i sve sinhronizira može se dobiti znatno konkurentnije pilger postrojenje od postojećih nemoderniziranih. Jedno moderno pilger postrojenje (pogon pilger valjaka) prikazano je na slici 3.



1 Pogonski elektromotor  
2 Reduktor

3 Elastična spojka  
4 Grebenjak

5 Kardansko vratilo  
6 Sigurnosni elementi

7 Potpori kardanskih vratila  
8 Pogon regulacije pilger valjaka

9 Kućište pilgera  
10 Uređaj za brzu izmjenu valjaka

Slika 3. Pogon Pilger stana  
Figure 3. Drive of Pilger roll stand

- zračno kočenje u zadnjem položaju sa mogućnosti regulacije sabijenog volumena,
- korekcija zakreta glavnog klipa (pistone) u početku valjanja, tijekom valjanja (90°), pozicioniranje nosača trna za prihvat trna i kod vađenja istog.

Postoje projekti (možda i realizirani) za auto regulativan potisni stroj što znatno olakšava posao upravljača pilgera i unosi novu kvalitetu valjanja.

### ZAKLJUČAK

Pilger postrojenje postoji više od 100 god. u industrijskoj proizvodnji bešavnih cijevi. 50-tih godina prošlog stoljeća predstavljalo je optimalnu tehnologiju proizvodnje bešavnih cijevi zbog ostvarenja dobre kvalitete cijevi i upotrebe klasično lijevanog čelika.

Nakon uvođenja kontinuiranog lijevanja i daljnje modernizacije proizvodnje i lijevanja čelika koga je moguće

prerađivati izravnim bušenjem na kosom stanu, pilger je izgubio konkurentnu sposobnost za masovnu proizvodnju bešavnih cijevi.

I nakon toga pilger je zadržao prednost u mogućnosti valjanja šireg polja asortimana po:

- dimenziji (posebice izvan normi),
- kvalitetnom stupnju,
- malih narudžbi,
- češćih izmjena dimenzija.

Ocjena je, da ukoliko se, jedno pilger postrojenje kvalitetno modernizira uz dobar marketinški pristup tržištu, i ubuduće će opravdati svoje postojanje.

## LITERATURA

- [1] I. Mamuzić, V. Drujan: Teorije, materijali, tehnologije čeličnih cijevi, Hrvatsko metalurško društvo, Zagreb 1996. str. 35.
- [2] E. I. Šifrin: Osnovne problemi povišenja efektivnosti proizvodstva trub; Sbornik dokladov "Plastična deformacija metaliv", NMA Ukraini, Dnipropetrovsk 2005, str. 372 - 374.
- [3] Issued by J. P. Calmes Consultants Lausanne, 1995.
- [4] V. M. Drujan, I. Mamuzić, Metalurgija 43 (2004) 3, 181 - 186.
- [5] V. M. Drujan i dr.: Proizvodstvo staljnih trub, Metalurgija, Moskva 1989.
- [6] SMS MEER: Seamless tube mills - Prospect 2006. <http://www.sms-meer.com>.
- [7] Hot rolling mills; CSP news 13 (2006) 2, 44 - 56.
- [8] Danieli News (2006) 147, 48 - 51.
- [9] Innocenti: Technology and Equipment for the production of seamless pipes, Milano, 1988.
- [10] M. Lefernik: Osnovne suvremene tehnologije proizvodstva visokokačestvenih besšovnih trub; Sbornik dokladov "Plastična deformacijv metaliv" NMA Ukraine, Dnipropetrovsk 2005. str. 374 - 378.
- [11] I. Mamuzić, V. M. Drujan, Metalurgija 43 (2004) 4, 279 - 285.
- [12] N. Devčić, I. Mamuzić, Metalurgija 42 (2003) 1, 47 - 55.
- [13] N. Devčić, I. Mamuzić, K. Terzić, Metalurgija 44 (2005) 1, 53 - 58.
- [14] V. A. Postnij i dr.: Puti umenšenija masi pilgrimovoj golovki pri prokatke trub; Sbornik dokladov., Plastična deformacija metali v NMA Ukraine, Dnipropetrovsk 2005. str 470- 473.
- [15] V. V. Perčanik i dr.: Soveršenstvovanie tehnologiji proizvodstva tonkostjenih trub na ustanovkah s pilgerstanami; Sornik dokladov "Plastična deformacija metaliv" NMA Ukraine, Dniepropetrovsk 2005. str. 474 - 476.