

OPTIMIZACIJA OGREVANJA SLABOV ZA DEBELO PLOČEVINO

OPTIMISATION OF THE HEATING OF SLABS FOR THICK PLATES

Boštjan Pirnar

SŽ Acroni, d. o. o., Cesta B. Kidriča 44, 4270 Jesenice, Slovenija
bpirnar@acroni.si

Prejem rokopisa - received: 2002-11-11; sprejem za objavo - accepted for publication: 2003-02-12

Raziskani so bili vplivi postopnega zniževanja temperatur ogrevanja slabov konstrukcijskih jekel (ST 52-3 in RST 37-2) v potisni peči z 1250 °C na 1150 °C, predvsem z namenom doseganja boljših mehanskih lastnosti debele pločevine in zmanjšanja proizvodnih stroškov. Poudarek je bil na specifičnem vodenju potisne peči za zadovoljivo odpadanje primarne škaje, silah valjanja in temperaturah valjanca prvega dela valjanja kot tudi končne temperature valjanja. Doseženi rezultati so povsem v skladu s pričakovanji pri porabah energentov in višji produktivnosti oziroma so celo presežena pri izboljšanju mehanskih lastnosti.

Ključne besede: konstrukcijska jekla, debela pločevina, ogrevanje, potisna peč, mehanske lastnosti

Influences of the gradually decrease of temperature of slabs of structural steels (ST 52-3 and RST 37-2) in a pusher furnace from 1250 °C to 1150 °C on mechanical properties of the quarto plates and the production costs were studied. Special attention was paid to the control of the pusher furnace in specific working conditions, to the rolling force energy, and to all relevant temperatures. The obtained results are in accordance with our expectations concerning lower energy consumptions and the higher productivity. The achieved mechanical properties of the plates were even improved.

Key words: structural steels, thick plate, heating, pusher furnace, mechanical properties

1 UVOD

Za uspešno vročo predelavo slabov konstrukcijskih jekel za debelo pločevino na ogrodju Bluming moramo zagotoviti optimalno ogrevanje slabov v potisni peči, in sicer enakomerno pregreto po prerezu, preprečiti mehanske poškodbe na površini slabov in doseči v pečnem prostoru atmosfero, ki zagotavlja dobro odpadanje škaje na primarnem odškajevalniku.

Povod za projekt o zniževanju temperature ogrevanja slabov za debelo pločevino je bila povratna informacija z ogrodja Bluming, kjer je prihajalo do znatnega neskladja pri temperaturi valjanca po prvem delu valjanja in temperaturi, ki je predpisana za začetek končnega termomehanskega valjanja. Posledice previsoke temperature ogrevanja slabov so bile nižja produktivnost, znaten temperaturni gradient valjanca in nesmotrna poraba energije.

Zaradi kompleksnosti zniževanja temperatur pri ogrevanju slabov za debelo pločevino je bilo treba sistematično spremljati vse nove karakteristike polizdelkov in izdelkov in njihovo povezanost s proizvodnimi agregati.

2 EKSPERIMENTALNI DEL

Za doseganje stabilnosti postopka ogrevanja je bilo v preteklosti na potisni peči mnogo postorjenega. Tako so bili pri zadnji večji rekonstrukciji peči čelni gorilniki v

izenačevalni coni nadomeščeni s stropnimi, vgrajena sta bila dodatna stranska gorilnika na koncu te cone oziroma na izstopu iz peči, vgrajena sta bila optična pirometra v izenačevalno cono (strop v ogrevni in izenačevalni coni je od tedaj raven) in dodatni gorilniki v zgornji in spodnji predgrejni coni ter zamenjan je bil ventilator za zrak oziroma kompletna plinska in zračna instalacija s pripadajočo regulacijsko opremo Honeywell.

Poleg naštetega je bil na elektromotor prvega ventilatorja priključen frekvenčni regulator hitrosti vrtenja Hitachi JE-300. Regulator v odvisnosti od obremenitve peči krmili hitrost elektromotorja ventilatorja in s tem vzdržuje konstanten tlak zgorevalnega zraka.

V primerih, ko peč obratuje z nizko in srednjo obremenitvijo, deluje le prvi ventilator s frekvenčno regulacijo. Samo v primerih povečane obremenitve peči, ko dobava zraka prvega ventilatorja ne zadošča in se tlak zniža, se samodejno vklopi še drugi ventilator.

Pri obratovanju obeh ventilatorjev deluje drugi (brez frekvenčne regulacije) s polnim številom vrtljajev, medtem ko hitrost prvega v odvisnosti izmerjenega tlaka zraka uravnava frekvenčni regulator. Z uporabo frekvenčnega regulatorja² se je poraba električne energije zmanjšala z 1.480.000 kW h na 783.000 kW h na leto.

Poleg navedenega prihranka, pa frekvenčna regulacija omogoča še t. i. mehek zagon motorja, kar zmanjša zagonske tokove in s tem dosežemo tudi daljšo trajnostno dobo opreme.

Za zagotavljanje ustreznih mehanskih lastnosti plošč mora biti dosežena ustrezna temperatura valjanca pred pričetkom končnega termomehanskega valjanja. V primeru da je le ta previsoka, se valjanec dodatno ohlaja, nakar lahko sledi končno valjanje. Temperatura čakanja (temperatura, pri katerih se lahko prične končno valjanje) je odvisna od končne debeline valjanca.

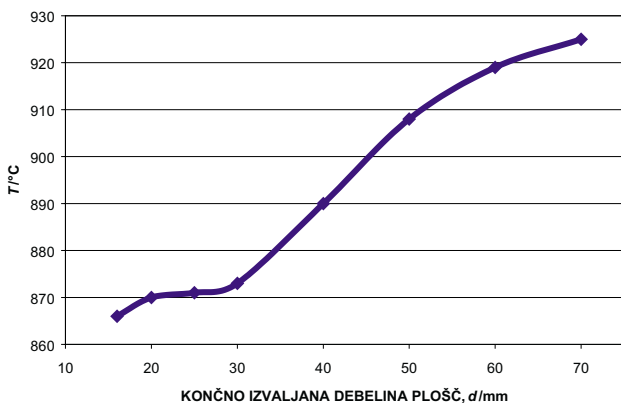
Tabela 1: Temperatura čakanja pred kontroliranim valjanjem
Table 1: Waiting temperature before the finishing rolling

| Končno izvaljana debelina plošče | Temperatura čakanja |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 7 in 8 mm | brez čakanja oziroma 980 °C |
| 10 mm | 960 °C |
| 12 mm | 940 °C |
| 15 mm | 920 °C |
| Od 16 mm do 100 mm | 900 °C |
| nad 100 mm | brez čakanja |

Preskuse zniževanja temperatur ogrevanja smo izvedli stopenjsko. Najprej smo znižali temperaturo z 1250 °C na 1200 °C za plošče debelin nad 40 mm, sledilo je ogrevanje pri tej temperaturi tudi za plošče pod 40 mm, za debeline nad 40 mm pri 1150 °C in končno postavljena meja pri 1150 °C za plošče debelin 16 mm in več.

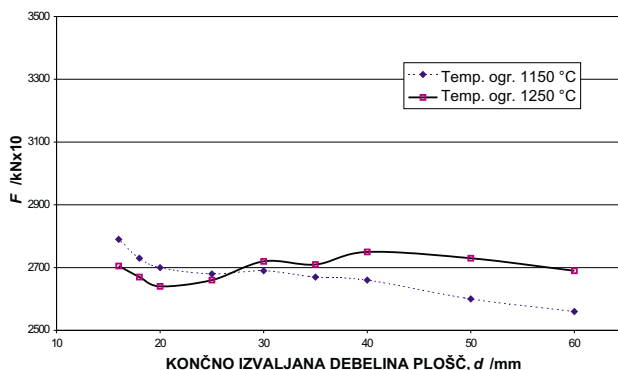
Merilo za odločitev na prehod k nižjim temperaturam ogrevanja za vse tanjše valjance je bila temperatura čakanja za končno valjanje in končna temperatura valjanja ter sile valjanja na ogrodju Bluming.

Nova regulacijska oprema in programska oprema nam je v znatni meri olajšala zajemanje podatkov, ki so bili osnova za oceno primerljivosti novo nastalih razmer s standardnimi. Zaradi specifičnosti proizvodnega procesa, kjer je proizvodni asortiman zelo širok in so serije majhne, je bilo treba s pripravo dela najti rešitev, ki je v končni fazi omogočala izvedbo preskusa kot tudi nadalje uvedbo spremembe tehnologije v redno proizvodnjo.



Slika 1: Končne temperature valjanja za St 52-3 pri temperaturi ogrevanja 1150 °C

Figure 1: Finishing rolling temperatures for the soaking temperature of 1150 °C of the steel St 52-3



Slika 2: Sile valjanja glede na končno izvaljano debelino plošč za RST 37-2

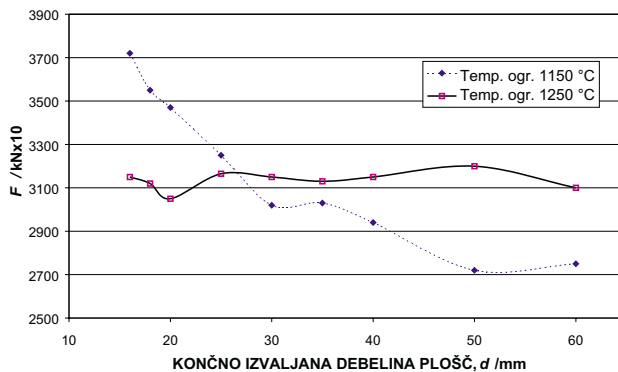
Figure 2: Rolling forces independence on the finishing thickness of plates of the steel RST 37-2

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

Eden od najpomembnejših vplivnih faktorjev za doseg želenih mehanskih lastnosti plošč je končna temperatura valjanja. Velikost temperature valjanja nam da tudi odgovor o ustreznosti temperatur čakanja. Pri jeklu ST 52-3 se je končna temperatura valjanja spreminjala v odvisnosti od končno izvaljane debeline plošč pri temperaturi ogrevanja 1150 °C. Na **sliki 1** so razvidne visoke končne temperature valjanja pri končnih debelinah valjancev nad 40 mm.

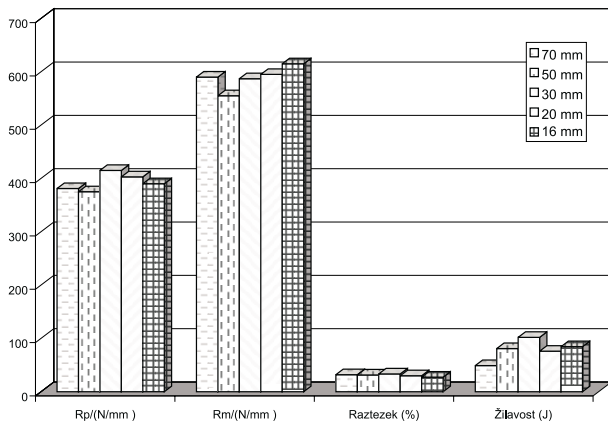
Eden najpomembnejših delovnih parametrov pri spremljanju preskusnega obratovanja je bila sila valjanja na ogrodju Bluming. Obstajala je namreč nevarnost ekstremnih vrednosti (nevarnost loma valjev) sil za jeklo St 52-3. Zato smo vedno predhodno opravili preskus z jeklom Rst 37-2 in nato še z jeklom St 52-3 pri temperaturi ogrevanja 1150 °C ter naredili primerjavo z vrednostmi pri 1250 °C, ki so prikazane na **slikah 2** in **3**.

Za jeklo RST 37-2 so se predvidevanja, da ne bo težav z rastjo sile valjanja pri nižjih temperaturah ogrevanja, pokazala za točna.



Slika 3: Sile valjanja glede na končno izvaljano debelino plošč za ST 52-3

Figure 3: Rolling forces independence on the finishing thickness of plates of the steel RST 37-2



Slika 4: Mehanske lastnosti plošč za ST 52-3 pri temperaturi ogrevanja 1250 °C

Figure 4: Mechanical properties for the plates of the steel ST 52-3 for the soaking temperature of 1250 °C

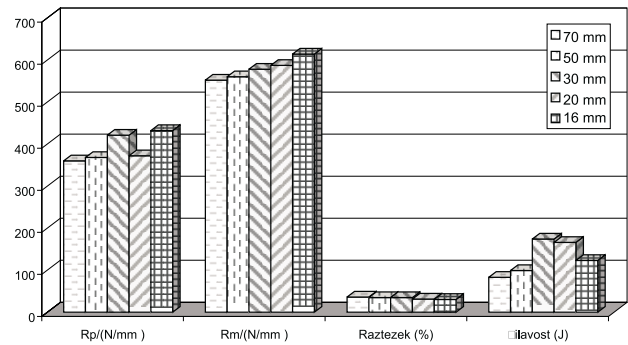
Sile valjanja so bile pri starem režimu ogrevanja višje pri večjih debelinah, ne glede na višjo temperaturo ogrevanja slabov v potisni peči. Vzrok za to je bilo dodatno ohlajevanje valjanca pred končnim valjanjem in specifični načrt prevlekov na ogrodju Bluming za končno izvaljane debelejšje plošče. Pri debelinah pod 30 mm pa je pri novem režimu ogrevanja sila nekoliko narasla.

Tudi pri jeklu ST 52-3 je sila valjanja pri debelejših ploščah višja pri starem režimu ogrevanja v primerjavi s preskusnim iz istega vzroka kot pri jeklu RST 37-2. Pri debelinah pod 30 mm pa je opazen hiter porast sil valjanja pri preskusnem ogrevanju. Pri preskušanju smo izkoristili idealne razmere in opravili vročo predelavo pri temperaturi ogrevanja 1150 °C do vključno z debelino 16 mm.

Pri debelinah končno izvaljanih plošč 20 mm je sila valjanja presegla mejo 35000 kN, kar je zgornja meja obremenitve orodja pri redni proizvodnji. Pri ploščah z debelinami 16 mm je sila valjanja 37500 kN, kar je že nevarnost za lom valjev.

Pri temperaturi ogrevanja 1150 °C lahko vroče predelujemo konstrukcijska jekla do 20 mm, do debeline 16 mm je predelava še vedno možna, vendar je stopnja tveganja že prevelika. Pri manjših debelinah od 16 mm pa ne obstaja nikakršna možnost več, da bi pri temperaturi ogrevanja 1150 °C izvedli preskuse, ker se temperatura čakanja dvigne na 920 °C.

Za končno oceno uporabnosti oziroma primernosti spremembe ogrevanja slabov v potisni peči, namenjenih za debelo pločevino, smo izbrali primerjavo mehanskih lastnosti pločevine. **Sliki 4 in 5** nam prikazujeta mehanske lastnosti pločevine, ogrete na 1250 °C in 1150 °C.



Slika 5: Mehanske lastnosti plošč za ST 52-3 pri temperaturi ogrevanja 1150 °C

Figure 5: Mechanical properties for the plates of the steel ST 52-3 for the soaking temperature of 1150 °C

Mehanske lastnosti so pri režimu ogrevanja na 1250 °C bolj ali manj v skladu s pričakovanji. Do odmikov prihaja le pri žilavosti debelejših plošč.

Pri preskusnem ogrevanju na 1150 °C sta bili meja $R_{p0.2}$ in natezna trdnost R_m povsem primerljivi z standardnim režimom ogrevanja. Raztezek je bil pri novem režimu ogrevanja (v povprečju) za malenkost boljši, žilavost pa je bila pri vseh debelinah občutno boljša.

Tudi v tem primeru je žilavost debelejših plošč slabša od tanjših, vendar pa je v primerjavi z standardnim načinom ogrevanja (1250 °C) precej boljša. Skratka, pri znižanju temperature ogrevanja slabov za debelo pločevino se mehanske lastnosti izboljšajo.

4 SKLEP

Znižana temperatura ogrevanja slabov konstrukcijskih jekel debele pločevine je nujen pogoj za zagotavljanje kontinuuma zahtevanih karakteristik končnega izdelka, ki jih dosežemo z ustrezno temperaturo termomehanskega valjanja (tik nad A_{c3} - drobnozrnata in enakomerna mikrostruktura) kot tudi in predvsem za doseganje konkurenčnih prednosti.

5 LITERATURA

¹ B. Glogovac, T. Kolenko, P. Sekloča, S. Martinuč: Optimizacija toplotnih obremenitev con pri enorednem in dvorednem zalaganju plošč v potisni peči. Technical Report, IMT Ljubljana, Ljubljana, 1993

² M. Zupan, D. Mikec: Vrste izpadov potisne peči in navodila za ponoven zagon. Technical Report, Jesenice, 1998, 6-25

