

Celotna toplotna prestopnost na vložek pri ogrevanju plošč v potisni peči

Total Heat Transfer Coefficient for Slab Reheating in the Pusher Type Furnace

B. Glogovac, *Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana*

T. Kolenko, B. Sicherl, F. Pavlin, *FNT Univerza v Ljubljani*

Raziskana je možnost določanja celotne toplotne prestopnosti pri ogrevanju plošč v potisni peči iz osnovnih zakonitosti prenosa toplote. Izračunane vrednosti temeljijo na matematičnem modelu procesa ogrevanja v peči in meritvah temperatur notranjega površja sten. Rezultati so prikazani za zgornje in spodnje cone peči v diagramih v odvisnosti od dolžine peči.

Ključne besede: celotna toplotna prestopnost, procesna simulacija, meritve

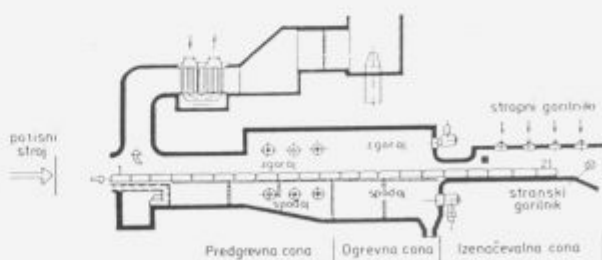
The feasibility study to calculate the total heat transfer coefficient for the slab reheating in the pusher type furnace from the first heat transfer principles has been carried out. The calculated values are based on the mathematical model of the reheating process in the furnace and measurements of inner surface wall temperatures. The results are given in diagrams for the top and bottom zones of the furnace as a function of furnace length.

Key words: total heat transfer coefficient, process simulation, measurements

1 Uvod

Ogrevanje slabov (plošč) v potisni peči ima vse značilnosti nestacionarnega procesa. Zaradi neenakomernega pomika ogrevanca skozi peč, in pogostih zastojev valjanja, ter pri zalaganju toplih konti ulitih slabov, poteka ogrevanje pri začetnih in robnih pogojih, ki jih ni možno v celoti zajeti z meritvami. Zato je poleg uporabe dodatnih merilnih senzorjev, merilnih pretvornikov in sistema za avtomatsko zajemanje in obdelavo podatkov bilo potrebno razviti model prenosa toplote na vložek, ki omogoča simulacijo poteka ogrevanja pri različnih obratovalnih pogojih. Potisna peč v valjarni Bluming - Štekel Acroni Jesenice je rekonstruirana tako, da so izboljšani samo posamezni deli konstrukcije peči. Zaradi prostorskih problemov in zahtevnosti investicije dolžina peči ni podaljšana. Na relativno kratki koristni dolžini peči (22m) je instalirano šest regulacijskih con z kombinacijo stropnih, čelnih in stranskih gorilnikov (Slika 1), kjer je izredno prisoten medsebojni vpliv posameznih con. Meritve so pokazale, da se v potisni peči slabi ogrevajo pri robnih in začetnih pogojih, ki so za to peč specifični in jih ni možno enostavno nadomestiti z literaturnimi podatki. Za verifikacijo uporabnosti modela so bile potrebne obsežne meritve in primerjave izračunanih in izmerjenih podatkov. Meritve temperature z vlečnimi termoelementi, pri hladno založenih slabih so omogočile verifikacijo modela prenosa toplote v peči in simulacijo poteka ogrevanja tudi pri tople založenih konti ulitih slabih. Pri reševanju omenjenih problemov smo izhajali iz fizikalnih zakonitosti prenosa toplote⁽¹⁻⁴⁾

in možnosti izračuna temperature dimnih plinov iz bilance toplotnih tokov na notranjo površino stene peči. Osnovna prednost metode se kaže v zanesljivosti in uporabnosti rezultatov za računalniški nadzor in vodenje, saj temperaturo stene lahko v praksi merimo na več mestih po celotni dolžini peči s termoelementi. Pri meritvah je bilo potrebno poleg obstoječe stalno instalirane merilne opreme, uporabiti vrsto kontrolnih merilnih senzorjev in merilnih pretvornikov za kompletno analizo dimnih plinov, ter za meritve temperatur, pretokov in tlakov.



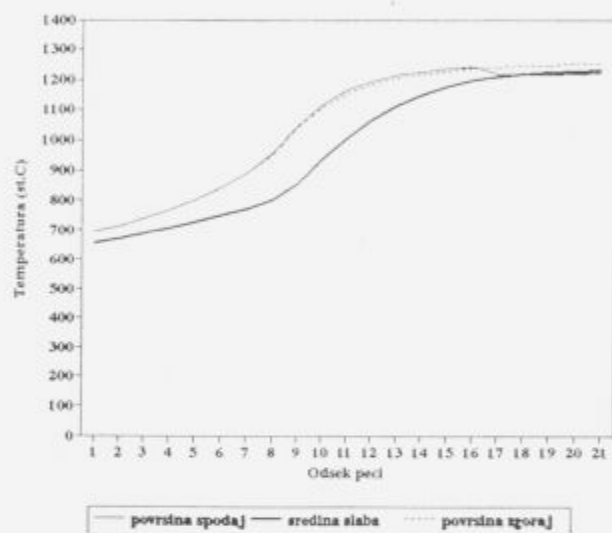
Slika 1. Prerez potisne peči

Figure 1. Section trough slab reheat furnace

2 Metode dela in rezultati

Začetne temperature porazdelitve v konti ulitem slabu pri zalaganju v potisno peč v vročem stanju, kot tudi potek

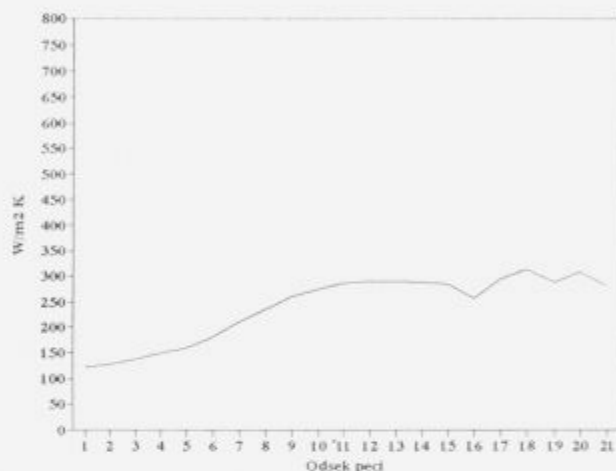
temperature na zgornji in spodnji površini ter po preseku slaba, ni mogoče meriti v pogojih normalnega obratovanja. Začetno temperaturno stanje slabov ni enolično ampak se spreminja odvisno od obratovalnih pogojev. Rezultati izračunov ⁽³⁾ kažejo, da pridejo slabi pred peč z enakomerno temperaturno porazdelitvijo, kar nam pri računalniškem vodenju potisne peči omogoča določiti začetno stanje z meritvijo temperature površja slaba. Velikost temperature je odvisna od časa, ki mine od trenutka zlaganja slabov pod prenosni pokrov in pogojev ohlajanja do transporta v peč. Na podlagi meritev temperatur toplih slabov neposredno pred zalaganjem v peč smo za simulacijo ogrevanja (Slika 2) računali z začetno povprečno temperaturo slaba 650°C.



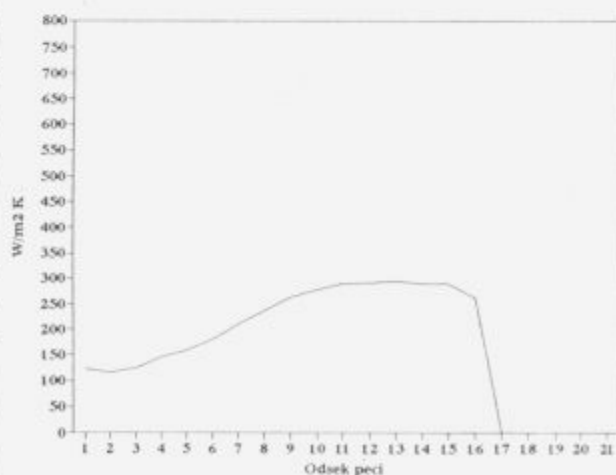
Slika 2. Izračunani potek ogrevanja slaba
Figure 2. Calculated slab heating curves

Pri izračunu celotne toplotne prestopnosti na vložek povežemo dogajanja v sistemu - dimni plin - stena peči - vložek z matematičnim modelom prenosa toplote v vsakem posameznem segmentu peči. Potisno peč (Slika 1) razdelimo na segmente tako, da je število navideznih segmentov peči enako številu slabov v peči. Pozicije slaba v peči označimo od 1 na vstopu do 21 na izstopu. Tako je čas med pomiki enak času zadrževanja slaba v posameznem segmentu peči. Pri ogrevanju slabov v potisni peči nastopajo vsi trije načini prenosa toplote: prevajanje, konvekcija in sevanje. Za izračun toplotnega toka na zgornjo in spodnjo površino slaba v vsakem navideznem segmentu peči računamo temperaturo dimnih plinov iz bilance toplotnih tokov na steno peči. Za temperaturo površine slaba vzamemo temperaturo, ki jo je slab imel pri vstopu v segment peči. Temperaturo notranje površine stene peči merimo s termoelementom in v segmentih, kjer to ni možno z optičnim pirometrom ali z interpolacijo med merjenimi veličinami v sosednjih točkah. Na ta način je možno iz bilance toplotnih tokov na steno peči izračunati bilančno temperaturo dimnih plinov in celotno toplotno prestopnost na vložek v vsakem navideznem segmentu peči. Celotno toplotno prestopnost na vložek in temperaturni potek ogrevanja slaba smo simulirali za različne začetne pogoje od 500 do 700°C in porazdelitve toplotnih obremenitev posameznih con peči. Na slikah 2, 3 in 4 je prikazan

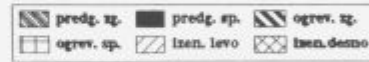
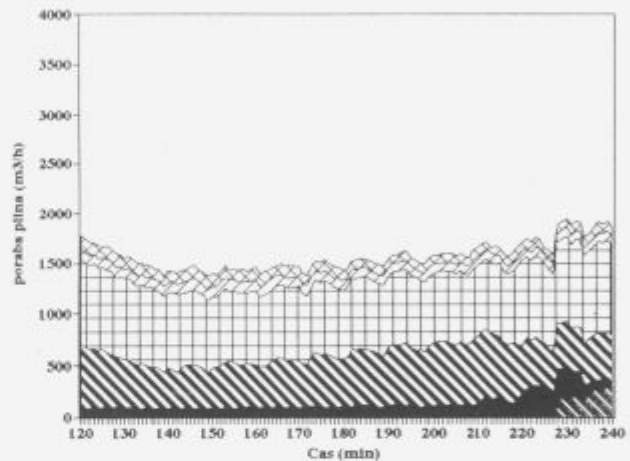
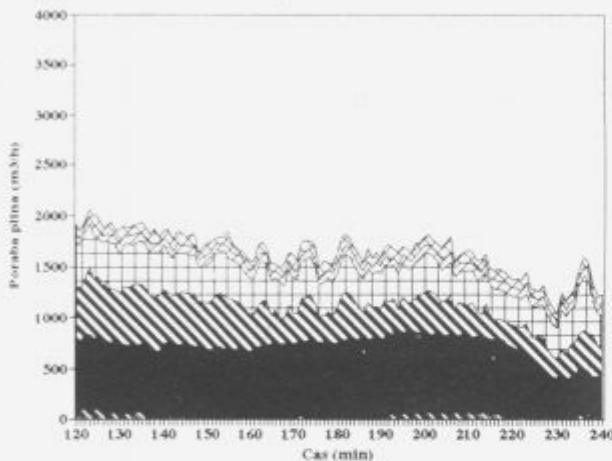
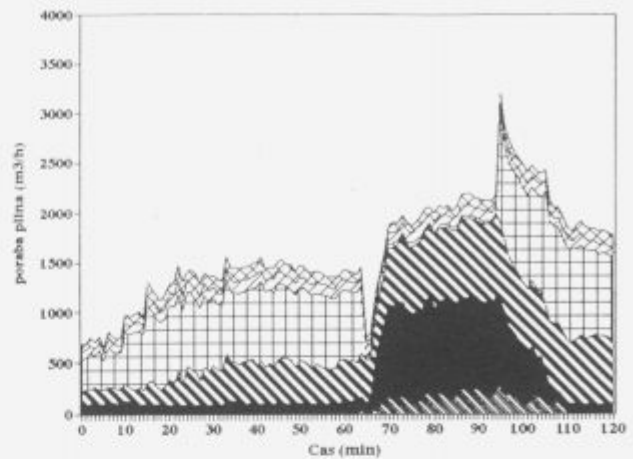
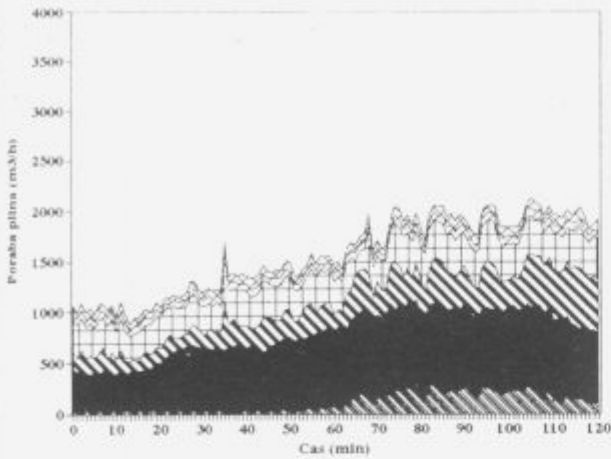
primer poteka ogrevanja vroče založenih slabov z začetno povprečno temperaturo 650°C in celotno toplotno prestopnostjo na zgornjo in spodnjo površino slaba v posameznih segmentih peči. Slika 5 kaže potek porazdelitve toplotnih obremenitev con, pri katerem je značilna visoka toplotna obremenitev spodnje cone predgrevanja. Slika 6 kaže nekoliko izboljššan režim ogrevanja, vendar je pri tem potrebno upoštevati, da zaradi minimalnih toplotnih obremenitev posameznih con nastopajo problemi nestabilnosti delovanja regulacije. Povečana toplotna obremenitev cone predgrevanja je bila samo v kratkem času zalaganja hladnih plošč za valjanje debele pločevine.



Slika 3. Celotna toplotna prestopnost na vložek (zgoraj)
Figure 3. Total heat transfer coefficient to the slab underside



Slika 4. Celotna toplotna prestopnost na vložek (spodaj)
Figure 4. Total heat transfer coefficient to the slab upperside



Slika 5. Porazdelitev plina po conah peči

Figure 5. Distribution of fuel consumption by zones

Slika 6. Porazdelitev plina po conah peči

Figure 6. Distribution of fuel consumption by zones

Rezultati simulacije poteka ogrevanja (Slika 2), kažejo da je, pri maksimalno nastavljeni temperaturi predgrevalne cone, temperaturna diferenca po prerezu slaba na koncu ogrevanja 30°C. Pri znižanju temperature v predgrevalni coni za 100°C se dobi bolj ugodna hitrost ogrevanja površine materiala, vendar se pri tem poveča temperaturna diferenca po prerezu slaba na 46°C. Rezultati izračunov kažejo, da je s simulacijo poteka ogrevanja možno tudi pri zalaganju toplih konti ulitih slabov optimirati osnovne parametre vodenja ogrevanja kot so končna temperatura, hitrost ogrevanja površine slaba in temperaturna diferenca po prerezu slaba na koncu ogrevanja. Meritve in izračuni so pokazali potrebo po optimizaciji tehnoloških režimov ogrevanja in nadaljnjih konstrukcijskih izboljšavah, ki jih bomo dokončno opredelili v nadaljevanju raziskave.

3 Zaključki

Model prenosa toplote v peči in izračun celotne toplotne prestopnosti na vložek v posameznih navidezni segmentih peči je možno uporabiti za naslednje namene:

- študij poteka ogrevanja jekel pri simulaciji različnih

vplivnih parametrov,

- konstruiranje novih ogrevnih peči,
- konstrukcijske izboljšave obstoječih ogrevnih peči,
- optimizacijo režimov ogrevanja različnih vrst jekel in formatov vložka,
- optimizacijo porabe energije
- uvajanje sistema računalniškega nadzora in vodenja peči.

4 Literatura

- 1 Holman J.P.: Heat Transfer , Sixth Edition, McGraw - Hill Book Company, New york (1986)
- 2 Heiligenstädt, W.: Wärmetechnische Rechnungen für Industrieöfen, Verlag Stahleisen M.B.H., Düsseldorf, (1966)
- 3 Kolenko T., M. Debeleč, B. Glogovac, D. Mikec, A. Mandelc: Ugotavljanje začetnega temperaturnega stanja vložka pri toplem zalaganju , Poročilo FNT, Ljubljana, december 1990
- 4 Kornörfer U.: Mathematisches Modell zur Beschreibung der Wärmeübertragung in Stoböfen, Diss., Karlsruhe, 1975