

DR. HUSEJIN DURAKOVIĆ

MATEMATIČKI MODEL TRANZIJENTNOG PRENOSA TOPLOTE I MASE KOD KOMBINOVANOG PROCESA KONTAKTNOG I KONVEKTIVNOG SUŠENJA PAPIRA (REZIME DOKTORSKE DISERTACIJE)

Sažetak

Na papirnom stroju PS-1, u Tvornici papira "Natron-Hayat" d.d. Maglaj, izvršena su slijedeća mjerenja: temperature površine sušnih cilindara, temperature papirne trake i sušnog sita (s obje strane, prije i poslije svakog cilindra), temperature i relativne vlažnosti zraka u džepu (iznad svakog parnog i ispod svakog neparnog cilindra), dok su vlažnost i gramatura papirne trake, nakon svakog cilindra, mjereni u laboratorijskim uslovima na uzorcima uzetim na navedenom papirnom stroju.

Papirna traka je tretirana kao trofazni sistem čvrsto – tečno – gasovito. Model efektivne toplotne provodljivosti papirne trake zasnovan je na pretpostavci da se toplota unutar papira prenosi kroz sistem paralelnih i serijskih otpora. Razmatran je prenos toplote kondukcijom i difuzijom. Mjere relativnih brzina prenosa toplote u paralelnom i serijskom sistemu interpretirane su preko geometrije materijala, kao funkcije od osnovne gramature papira i orijentacije celuloznih vlakana.

Kao matematička osnova dinamičkog modela procesa sušenja papira korištena je jednačina nestacionarnog prenosa toplote kondukcijom, normalno na površinu papirne trake. Jednačina je riješena numerički, metodom konačnih razlika sa iteracionim poboljšanjem, u odnosu na tri granična uslova, za različite faze ciklusa sušenja. Kao optimirajući parametri jed-

načine modela korišteni su kontaktni koeficijent cilindar – papir i efektivna toplotna provodljivost papirne trake.

Za svaki ciklus grijanja i sušenja izračunati su: kontaktni koeficijent, konvektivni koeficijent, koeficijent prenosa mase, efektivna toplotna provodljivost i toplotni tok. Također je izračunata potrošnja toplote po kvadratnom metru papirne trake i po kilogramu izdvojene vlage, kao i potrošnja ogrijevne pare po toni proizvedenog papira. Utvrđena je optimalna brzina papirne mašine pri kojoj se postiže maksimalna dobit.

Da bi se verifikovao predloženi matematički model, dobijene vrijednosti optimirajućih parametara (kontaktnog koeficijenta i efektivne toplotne provodljivosti), kao i koeficijenta prenosa mase, upoređeni su sa odgovarajućim literaturnim podacima.

Utvrđeni su nedostaci stvarnog industrijskog procesa i predložene su mjere za njihovo otklanjanje, sa ciljem efikasnijeg iskorištenja energenata i smanjenja troškova proizvodnje.

Abstract

Following parameters are measured at paper machine PS-1 "Natron-Hayat" d.d. Maglaj, temperature of drying cylinders, temperature of paper web and felt (at both sides, prior and after each cylinder), temperature and relative humidity of air (above even and be-

low odd cylinders), while humidity and gramage of paper web, after each cylinder, are measured in laboratory conditions at samples taken from the machine.

Paper web is treated as three-phase system solid – liquid – gas. Model of effective heat conductivity of paper web is devised on assumption that heat is transferred within paper through system of parallel and serial resistances. Conductive and diffusive heat transfer is considered. Measures of relative rates of heat transfer in parallel and serial system are interpreted through material geometry as a function of basic gramage of paper and cellulose fibers orientation.

Equation of transient heat transfer by conduction, perpendicularly on paper surface, is used as a mathematical basis of dynamic model. It is solved numerically by means of finite difference scheme with iterative improvement, with respect to three boundary conditions, for different phases of drying cycle. As optimizing parameters of model equation contact coefficient cylinder – paper and effective heat conductivity are used.

Each cycle of heating and drying is solved for: contact coefficient, convective coefficient, mass transfer coefficient, effective heat conductivity, and heat flux. Heat consumption per square meter of paper web and per kilogram of moisture removed is calculated too, as well as heat consumption per ton of paper produced. Optimal speed of paper machine is established at which maximal profit is achieved.

In order to verify mathematical model recommended, obtained values of optimizing parameters (contact coefficient and effective heat conductivity), as well as mass transfer coefficient, are compared to respective literature data.

Disadvantages of real industrial process are discovered and measures for their removal are recommended, in order to use utilities more efficiently and to cut production costs.

Biografija

Husejin Duraković je rođen 10. 07. 1957. godine u Malešićima, općina Gračanica. Osnovnu školu završio je u Malešićima, a gimnaziju u Gračanici, diplomirao je na Tehnološkom fakultetu Univerziteta u Tuzli, Odsjek hemijsko-tehnološki, 1983. godine.

U tvornici papira “Natron” d.d. Maglaj zaposlio se 15. 04. 1983. godine. Od tada je radio na različitim poslovima, a između ostalog i kao: tehnolog u proizvodnji papira, rukovodilac radne grupe “Proizvodnja papira” i rukovodilac sektora “Proizvodnja”.

Tokom rata u BiH bio je angažovan u redovima Armije Republike BiH, rat završio na dužnosti komandanta brigade.

Tokom radnog angažmana bavio se i naučno-istraživačkim radom. Učestvovao je na domaćim i međunarodnim simpozijumima o celulozi i papiru.

Bio je član većine istraživačko-razvojnih timova koji su u proteklom periodu radili na unapređenju tehnologije proizvodnje u tvornici “Natron” d.d. Maglaj.

Postdiplomski studij upisao je 1998. godine na Tehnološkom fakultet univerziteta u Tuzli i, položivši sve ispite sa prosječnom ocjenom 9,13 – odbranio je magistarski rad “Istraživanje mehanizma prenosa topline i mase u procesu sušenja papira” 18. 05. 2002. godine.

Doktorsku disertaciju „Matematički model tranzijentnog prenosa toplote i mase kod kombinovanog procesa kontaktnog i konvektivnog sušenja papira“ odbranio je 03. 03. 2007. godine na Tehnološkom fakultetu u Tuzli.

Bibliografija

1. Knjige

1. Tehnologija proizvodnje clupak papira, Maglaj 2009.

2. Naučni i stručni radovi

1. Duraković H., Bradarić E., Krzić M., Botonjić Š., Upravljanje zaštitom voda u “Natron” d.d. Maglaj

- i održivi razvoj”, (1999.), 6. Savjetovanje “Zaštita voda i održivi razvoj”, Neum, 22-24. Mart 1999. (U radu je obrađena problematika zaštite okoliša sa aspekta velikih privrednih sistema)
2. **Duraković H.**, Ibrahimfendić S., (2003), Uticaj velikih privrednih sistema na zaštitu okoline i kvalitet življenja u okruženju, 3. naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem “Kvalitet 2003”, Zenica 13-14 novembra 2003. (U radu je obrađena problematika zaštite okoliša (zemlje, zraka i vode) u svrhu održivog razvoja).
 3. Ambalažni materijali i zaštita okoline, 3. naučno- stručni skup sa međunarodnim učešćem “Kvalitet 2003”, Zenica 13-14 novembra 2003. (U radu je ukratko obrađena problematika zaštite okoliša sa aspekta ambalažnih materijala koji nastaju trošenjem određenih proizvoda u društvu).
 4. Uticaj režima procesa sušenja i načina pripreme vlakna na fizičko-hemijska svojstva papira, Zlatibor . IX međunarodni simpozij iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike, Zlatibor, 2004. (U radu je obrađena problematika procesa sušenja papira i pripreme vlakna sa aspekta uticaja na fizičko mehaničke osobine papira).
 5. Mogućnosti racionalne potrošnje drvene mase uz upotrebu drugih sirovina za proizvodnju celuloze i papira, XI skup industrije celuloze i papira zemalja Jugoistočne Evrope, Opatija 06-08. 10. 2004. (U radu je obrađena tematika korištenja drvnih resursa u proizvodnji celuloze i papira, sa akcentom na upotrebi pilanskog otpatka, piljevine i jednogodišnjih kultura).
 6. **Duraković H.**, Mujanović R., (2008), Ponovno aktiviranje proizvodnje clupak papira nakon rekonstrukcije PM-4 u Natron-Hayat d.o.o. Maglaj, XIV Međunarodni simpozij iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike, 19-22. 06. 2009. Zlatibor. (U radu je obrađena tematika proizvodnje vrlo zahtjevnog clupak papira za proizvodnju vreće za pakovanje praškastih proizvoda).
 7. **Duraković H.**, Mujanović R., (2009), Uticaj kationskog škroba na mehaničke osobine clupak papira, XV Međunarodni simpozij iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike, 23-26. 06. 2009. Zlatibor. (U radu je obrađena upotreba Kationskog škroba u proizvodnji clupak papira, te njegov uticaj na poboljšanje mehaničkih osobina papira).
 8. **Duraković H.**, Stojanović N., (2009), Uloga alkalnog keljiva u proizvodnji papira, XV Međunarodni simpozij iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike, 23-26. 06. 2009. Zlatibor. (U radu je opisana upotreba Alkalnog keljiva u proizvodnji papira u odnosu na kiselu keljiva).
 9. Ibrahimfendić S., **Duraković H.**, (2004), Nove mogućnosti korištenja biomase za proizvodnju celuloze i papira, Ušit Sarajevo. (U radu je obrađena tematika upotrebe biomase (jednogodišnje biljke, grane od četinarskog drveta, korijen od četinarskog drveta u proizvodnji papira).
 10. Bijedić M., **Duraković H.**, (2005), Dinamički model procesa kontaktnog i konvektivnog sušenja papira, Znanstveno-stručni časopis tehničkih fakulteta sveučilišta u Osijeku. (U radu je dat matematički model konvektivnog i kontaktnog sušenja papira).

11. Ibrahimfendić S., **Duraković H.**, (2003), Mogućnosti upotrebe savremenih metoda za prečišćavanje otpadnih voda i riječnih tokova kao resurs za budući održivi razvoj i kvalitet života, 3. naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "Kvalitet 2003", Zenica 13-14 novembra 2003 (U radu su obrađene savremene metode prečišćavanja otpadnih voda-fabrika, gradova).
12. Ibrahimfendić S., **Duraković H.**, (2004), Savremeni postupci prečišćavanja otpadnih voda, Stanje i perspektive zaštite okoliša na području Kaknja, Kakanj, 24. mart 2004. (U radu su obrađeni savremeni postupci prečišćavanja otpadnih voda-fabrika, gradova-sa aspektom na zaštitu okoliša).

3. Internacionalni projekti

1. Projekat "Pokretanje integralne proizvodnje u Natron d.d. Maglaj, uz finansiranje projekta od japanske vlade u uz učešće međunarodnih eksperata, [1997](Projektom je bilo predviđeno snimanje stanja fabrike i opravdanost njenog ponovnog pokretanja).

Domaći projekti, uz aplikaciju u praksi

1. Projekat "Studija racionalizacije potrošnje industrijske vode u „Natron“ d.d. Maglaj sa prijedlogom mjera", [1998] (Studijom je predviđeno da se uz minimalna ulaganja dođe do smanjenja potrošnje industrijske vode, a time i normativa pri proizvodnji celuloze i papira).
2. Projekat "Poboljšanje sistema odvodnjavanja papirnog lista na PM-2, uz istovremeno produženje vijeka trajanja strojne opreme", [1991]. (Studijom je predviđeno da se poboljša odvodnjavanje papirnog lista na situ papir mašine, te smanji habanje i potrošnja sita na istoj).
3. Projekat "Ispitivanje upotrebe neutralnog keljiva Akvapel-127 pri keljenju papira", [1998]. (U radu je obrađena upotreba neutralnog keljiva u odnosu na smolna keljiva u izradi papira).
4. Projekat "Ušteda energije pri mljevenju celulozne mase na PM-3" [1989]. (U radu je obrađen način na koji se može doći do uštede energije pri mljevenju papirne mase uz zadržavanje kvaliteta mljevenja).