

PRAVCI RAZVOJA

U cilju prevazilaženja napred navedenih problema neophodno je da se u narednom periodu radi na sledećim pravcima razvoja postupka briketiranja biljne mase iz poljoprivrede:

- da se pronađu efikasna i jeftina vezivna sredstva (lepak) od organske materije (na primer: prirodni polimeri, tj. makromolekuli) u cilju snižavanja pritiska sabijanja biomase u alatu prese, tj. u cilju snižavanja utroška vrlo skupe (električne) energije za pogon prese,
- da se radi na kvalitetnijoj konstrukciji alata prese od adekvatnog materijala i odgovarajuće termički obrađenog,
- da se organizuje rad briketirnice tako da radi tokom cele godine, a ne samo sezonski. To je moguće, ako bi se u toku godine obezbedila dovoljna količina biomase, različite vrste, a briketiranje da se počne obavljati nakon 6 meseci od prikupljanja i uskladištenja biomase,
- veštačko sušenje biomase ne sme se dozvoliti ni u kom slučaju, jer se za ovaj proces troši mnogo toplotne i električne energije. Sušenje biljnog materijala treba obaviti korišćenjem promajnih mesta (u šupama, nadstrešnicama, kamarama i drugim mestima), a u krajnjem slučaju može da se upotrebi aktivna ventilacija biomase okolnim vazduhom, kada je sadržaj vlage viši od dozvoljenog (to je slučaj, u proseku, svake četvrte godine),
- neophodno je da država, odnosno vojvođanska vlada, podstiču proizvodnju briketirki, oslobađajući firme poreza i doprinosa, ukoliko se želi konačno rešiti problem korišćenja biomase, kao sekundarnog proizvoda. Takođe, banke bi morale da daju kredite kupcima briketirki pod povoljnim uslovima.
- na osnovu ekonomskih analiza može da se očekuje da bi izgrađeni pogoni za briketiranje biomase mogli brzo da vrate uložena investiciona sredstva. Pored toga, pogoni za briketiranje povećali bi zaposlenost radne snage na selu.

ZAKLJUČCI

Na osnovu analize stanja u oblasti briketiranja biomase iz poljoprivrede ustanovljeno je da je osamdesetih godina bilo podignuto više briketirnica za briketiranje slame. Početkom

osamdesetih godina prošlog veka ove briketirnice su stale sa radom iz više razloga: loše rešenih konstrukcija alata presa, nekvalitetnog izbora materijala (čelika), loše termičke obrade materijala, lošeg (neredovnog) održavanja presa, loše organizacije rada pogona za briketiranje biomase (visok sadržaj vlage u bimasi, neusitnjena biomasa, nedostatak biomase, kratko vreme rada-sezonski karakter rada, neobučena radna snaga, itd.) i zbog neefikasnih i vrlo skupih vezivnih sredstava (lepka) biljne mase (mazut, melasa i dr.).

Da bi se aktivirao rad briketirki u neposrednoj budućnosti neophodno je da se pronađu efikasna i jeftina vezivna sredstva, da se poveća kvalitet izrade alata presa, da se efikasnije organizuje rad pogona za briketiranje biomase i da ovu akciju potpomognu država, tj. vojvođanska vlada i bankarski sistem.

LITERATURA

- [1] Brkić, M, Janić, T: Prikupljanje, skladištenje i briketiranje biomase u poljoprivredi, Zbornik radova: "Značaj i perspektive briketiranja biomase", Ekološki pokret Vojvodine, Vrnjačka Banja, 1996, s. 15-24,
- [2] Brkić, M, Janić, T, Somer, D: Karakteristike briketirane biomase bez vezivnih sredstava, PTEP, Novi Sad, 1(1997)3, s. 3-6,
- [3] Mitić, D, Mihailović, Emina, Nešić, B, Milanović, B: Metodologija istraživanja mogućnosti izrade raznih vrsta biobriketa, PTEP, Novi Sad, 3(1999)1-2, s. 29-31,
- [4] Mitić, D: Fizičke karakteristike biomase i biobriketa Srbije (potencijalna ekološka goriva), monografija, JDPTEP, Novi Sad i Jugoslovenski Savez društava inženjera i tehničara zaštite, Niš, 1998, s. 119.
- [5] Perunović, P, Brkić, M, Pešenjanski, I, Janić, T: Poljoprivredni otpaci - briketirati ili ne, PTEP, Novi Sad, 2(1998)3, s. 96-98
- [6] Rđovanović, M, Rac, A, Savić, A: Prilog karakterizaciji briketa od ljuske suncokreta, Zbornik radova: "Biomasa", IPP "Mladost", Ekološki pokret Jugoslavije, Beograd, 1995, s. 199-208,
- [7] Zubac, M: Tehnologija briketiranja-peletiranja biomase, PTEP, Novi Sad, 2(1998)1-2, s. 49-51,

Primljeno: 28. 03. 2002.

Prihvaćeno: 1. 04. 2002.

Biblid: 1450-5029 (2002) 6; 1-2, p. 17-19
UDK:621.577:631.563:631.635

Pregledni rad
Scientific review

NOVI PRISTUP I TENDENCIJE PRI KORIŠĆENJU TOPLOTNIH PUMPI U PROCESU SUŠENJA

NEW APPROACH AND TENDENCIES FOR APPLICATIONS HEAT PUMP DURING A DRYING PROCES

Dr Radivoje M. TOPIĆ, Goran R. TOPIĆ, saradnik,
Mašinski fakultet, 27. marta 122, Beograd

REZIME

Sušare s toplotnom pumpom su pogodne za sušenje materijala osetljivih na povišene temperature imajući u vidu lakše regulisanje režima procesa sušenja. Pored toga što se ovim rešenjima obezbeđuje ušteda energije ova rešenja sušara su i ekološka. Jedan od izazova koji se danas postavlja pred istraživanje i razvoj je konstrukcija kompaktnog postrojenja, što podrazumeva novi pristup korišćenju toplotnih pumpi i manje dimenzije sastavnih komponenata. U tom cilju prikazane su vrednosti ravnrotežnih temperatura za pritiske od 2,5 i 4,0 MPa i odgovarajuće kritične temperature za niz rashladnih fluida. Za iste rashladne fluide analiziran je uticaj vrednosti temperatura vazduha, na ulazu u komoru za sušenje, kao agensa sušenja, na vrednosti specifičnog izdvajanja vlage, $-w$, i faktora grejanja, $-e_g$, za konvencionalni i transkritični ciklus.

Ključne reči: sušara, toplotna pumpa, CO₂, transkritični ciklus.

SUMMARY

Heat pump dryers are attractive for the processing of heat sensitive materials since the drying conditions are easily controlled. Aside from being able to save energy this dryer design is based on an environmentally friendly technology. One of the challenges that today poses for R & D, is the design of compact processing plants or the design miniaturized plant components. Values critical and condensing temperatures for different refrigerant for pressure of 2,5 MPa and 4,0 MPa are presented. For different refrigerant are analysing to exert influence temperature of air on the entrance chamber for drying, as agent drying, on specific moisture extraction rate, SMER, and coefficient of performance, COP, for conventional and transcritical cycle.

Key words: dryer, heat pump, CO₂ fluid, transcritical cycle.

KORIŠĆENE OZNAKE

h - specifična entalpija vlažnog vazduha,
t - temperatura,
R 12 - dihlorodifluorometan,
R 22 - hlorodifluorometan,
R 32 - metilen fluorid,
R 125 - pentafluoroetan,
R 134 a - tetrafluoroetan,
R 290 - propan,
R 407 C - smeša 23 / 25 / 50 %; R 32/R 125 / R 134 a,
R 717 - amonijak,
R 747 - CO₂ fluid.

Grčke oznake

x - apsolutna vlažnost agensa sušenja,
 ϕ - relativna vlažnost agensa sušenja,
w - specifično izdavanje vlage u procesu sušenja,
W - rad kompresora toplotne pumpe,
Q - količina toplote,
 ϵ - faktor grejanja toplotne pumpe.

Indexi

g - grejanje,
o - odvođenje,
k - kompresor,
v - ventilator,
1 - ulaz u komoru za sušenje.

UVOD

Većina postojećih sistema za sušenje sa toplotnom pumpom je ograničena konstrukcijom glavnih komponentata za maksimalno dozvoljeni pritisak od 2,5 MPa. Imajući u vidu ovaj restriktivni uslov većina sušara sa konvencionalnim ciklusom koristi standardne rashladne fluide, da bi se obezbedila temperatura agensa sušenja u uskom intervalu od 40 do 70 °C. Za racionalni način sušenja, loše dimenzionisanje sastavnih komponentata može da dovede do rada postrojenja van optimalnog režima procesa sušenja. Visok kvalitet osušenog proizvoda se postiže različitim temperaturskim režimima koji obezbeđuju zadovoljavajuće karakteristike: čvrstoću, poroznost, gustinu, proces rehidracije, boju i druge.

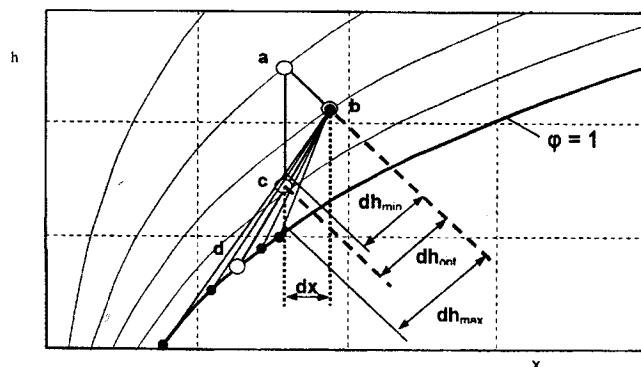
MATERIJAL I METOD RADA

Analiza je izvršena za sušaru sa kontinualnim režimom rada, zatvorenim sistemom toplotne pumpe i suprotnosmernim tokom agensa sušenja i materijala. Unutar komore za sušenje su smeštena kolica, sa tavama ispunjenim materijalom koji se suši, koja se kreću duž komore za sušenje.

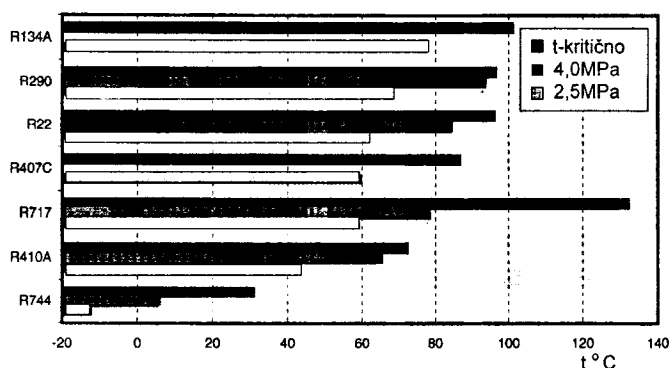
Proces sušenja i karakteristike rashladnih fluida, radnih tela

Karakteristična i moguća stanja agensa sušenja koja se ostvaruju u toku razmatranog procesa sušenja (Bošnjaković 1980), u x - h dijagramu, su prikazana na slici 1. Vrednosti temperatura kondenzacije i kritičnih temperatura za niz različitih rashladnih fluida i pritiske od 2,5 i 4,0 MPa su prikazane na slici 2. Radi se o vrednostima parametara od kojih zavise stanja na ulazu i izlazu komponentata sistema toplotne pumpe kao i vrednost maksimalno moguće temperature agensa sušenja na ulazu u komoru za sušenje.

Konvencionalni ciklus se odvija pri pritisku kondenzacije od 2,5 MPa, uz pretpostavku da je razlika između temperature kondenzacije radnog tela ciklusa toplotne pumpe (Reay, 1979) i temperature agensa sušenja na ulazu u komoru za sušenje 5 °C.



Sl. 1. Prikaz mogućih i karakterističnih stanja agensa sušenja u x - h dijagramu



Sl. 2. Vrednosti kritičnih temperatura i temperatura kondenzacije za različite rashladne fluide za pritiske od 2,5 mpa i 4,0 mpa.

Imajući u vidu parametre za rashladni fluid CO₂ u svojstvu radnog tela u sistemu toplotne pumpe posebno je interesantan ciklus u transkritičnoj oblasti.

Pokazatelji kvaliteta, efikasnosti, procesa sušenja pri korišćenju toplotne pumpe

Za ocenu kvaliteta, efikasnosti, procesa sušenja pri korišćenju toplotne pumpe (Trygve, 2000) analizirani su sledeći pokazatelji: specifično izdvajanje vlage w , i faktor grejanja toplotne pumpe, ϵ_g . Faktor grejanja, kao mera efikasnosti rada toplotne pumpe, se definiše analitičkim izrazom:

$$\epsilon_g = \frac{Q_0}{W_k + W_v} \quad (1)$$

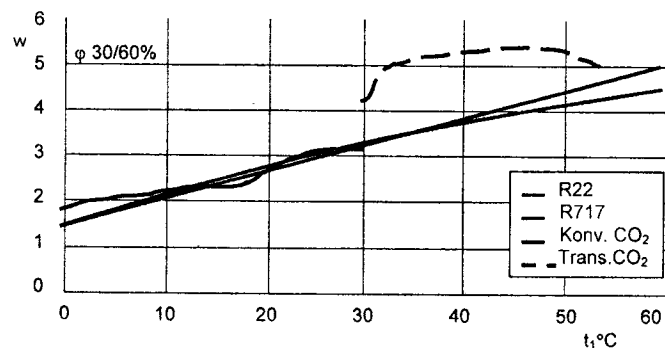
Specifično izdvajanje vlage kao osnovni pokazatelj efikasnosti procesa sušenja u kojima se koristi toplotna pumpa zavisi od parametara agensa sušenja (temperature i relativne

vlažnosti), parametara rashladnog fluida (temperatura isparavanja i kondenzacije) i tipa sušare sa aspekta režima rada i varijanti procesa sušenja.

Za definisanje specifičnog izdvajanja vlage po jedinici energije na ulazu, w , (kg_w / kWh) analitički izraz koji uključuje specifičnu "potrošnju" toplote i faktor grejanja, ϵ_g , je:

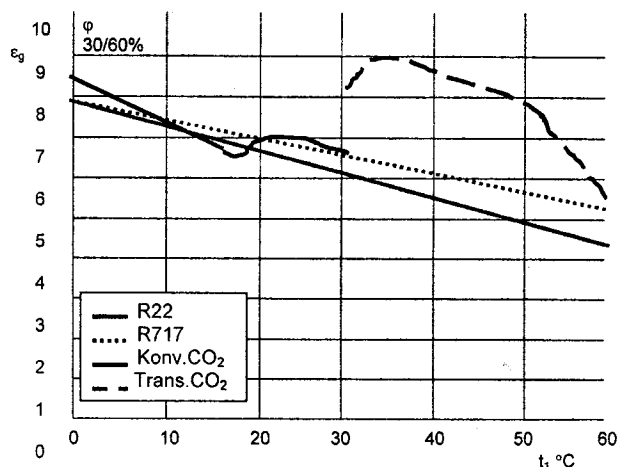
$$w = \frac{dx}{dh} \cdot \epsilon_g \quad (2)$$

Na osnovu izraza (1) i (2) za faktor grejanja, ϵ_g , i specifično izdvajanje vlage, w , date su promene ovih veličina, slika 3 i slika 4, za različite rashladne, radne, fluide, u zavisnosti od temperature agensa sušenja na ulazu u komoru za sušenje i za odgovarajuće vrednosti relativnih vlažnosti na ulazu i izlazu od 30 i 60 %.



Slika 3. Promena specifičnog izdvajanja vlage, w , u zavisnosti od temperature agensa sušenja na ulazu u komoru za sušenje za različite rashladne fluide pri konvencionalnom i za CO_2 pri konvencionalnom i transkriticnom ciklusu

Navedene zavisnosti omogućuju upoređenje vrednosti navedenih veličina za niz različitih rashladnih fluida u svojstvu radnih tela pri konvencionalnom ili konvencionalnom i transkriticnom ciklusu sa CO_2 sa aspekta definisanja novog rešenja sušare (Topić, 1997) sa toplotnom pumpom, sa CO_2 kao radnim telom, uvažavajući poznate nedostatke CO_2 kao rashladnog fluida. Zavisnost na slici 3 pokazuje da faktor grejanja, ϵ_g , opada sa porastom temperature agensa sušenja na ulazu u komoru za sušenje i da se najveća vrednost dobija za CO_2 kao radno telo i u konvencionalnom i transkriticnom ciklusu.



Slika 4. Promena faktora grejanja, ϵ_g , u zavisnosti od temperature agensa sušenja na ulazu u komoru za sušenje za različite rashladne fluide u konvencionalnom i za CO_2 pri konvencionalnom i transkriticnom ciklusu

Zavisnost na slici 4 pokazuje da osim za CO_2 specifično izdvajanje vlage, w , za sve ostale rashladne fluide u konvencionalnom ciklusu raste skoro linearno sa porastom temperature agensa sušenja na ulazu u komoru za sušenje. Takođe u širem intervalu temperatura najveća vrednost specifičnog izdvajanja vlage, w , je za toplotnu pumpu sa CO_2 , kao radnim fluidom, bilo u konvencionalnom ili transkriticnom ciklusu.

ZAKLJUČAK

Današnje toplotne pumpe su konstruisane za rad sa maksimalnim pritiskom od 2,5 MPa i sa vrednostima temperature agensa sušenja na ulazu u komoru za sušenje u granicama od 40 do 70°C. Prikazana analiza daje podatke za izbor najpovoljnijih uslova za rad postrojenja ili za specifikaciju komponenti samog postrojenja. Ova analiza takođe upućuje na opravdanost osvajanja rešenja toplotne pumpe sa NH_3 i CO_2 kao radnim telima, pri konvencionalnoj i povišenoj vrednosti pritiska, imajući u vidu ne samo vrednosti pokazatelja kvaliteta procesa: specifičnog izdvajanja vlage i faktora grejanja koje se mogu ostvariti već i dimenzije komponenta postrojenja.

LITERATURA

- [1] Reay, D., Macmichael, D.: Heat pumps design and applications, Oxford, 1979.
- [2] Bošnjaković F.: Nauka o toploti, Tehnička knjiga, Zagreb, 1980.
- [3] Topić M. R., Janković M. Evaluation of efficiency of a heat pump
- [4] assisted drying process, Proceedings of the 1st European Congress on
- [5] Chemical Engineering, AIDIC, Florence, 1997.
- [6] Trygve E., Odilio A., Strommen I.: Dimensioning of heat pump dryer as economical operation for quality, energy use and water removal, Proceedings of IDS 2000, Nordwijkerhout, Holandija, 2000.

Primljeno: 23.3.2002.

Prihvaćeno: 28.3.2002.