

Fluidna sušionica i njena primjena u drvnoj i procesnoj industriji

Boris Golik, dipl. ing.

SOUR »Monting« Zagreb; OOUR Tvornica opreme, uređaja i linija za dehidraciju i fermentaciju, Delnice*

UDK 634.0.847.7

Prispjelo: 29. veljače 1980.

Prihvaćeno: 13. ožujka 1980.

Stručni rad

Sažetak

Sušenje sirovina u fluidnoj sušionici obavlja se u struji nosioca topline različitih i promjenjivih brzina. Razlike u brzini i smjeru kretanja čestica materijala i nosioca topline osiguravaju vrlo povoljne fizikalne uvjete za prijenos mase i topline između ova dva sudionika. Proces sušenja zbog toga je intenzivan, kratkotrajan i efikasan. Uz princip rada, konstrukcijske i tehničke karakteristike, režim sušenja, iznose se i područja primjene u industriji za preradu drva.

Ključne riječi: fluidna sušionica — primjena u drvnoj industriji

Summary

FLUID DRYING SYSTEM AND ITS APPLICATION IN WOOD AND OTHER BRANCHES OF PROCESSING INDUSTRIES

Drying of raw material in fluid drying system is carried out in the stream of heat carrier of different and variable speeds. The difference between the speed and direction of particles motion of material and the heat carrier secure a very good physical conditions for transmission of mass and heat between those two factors. Drying process is therefore intense, short and effective.

Beside the principle of work, structural and technical characteristics and drying system, also the areas of application in the woodworking industry have been mentioned.

Key words: fluid drying system — application in wood industry

1. UVOD

U drvnoj i procesnoj industriji postoji stalna potreba za sušenjem i kondicioniranjem sirovina, međuproizvoda, proizvoda i otpadaka, raznog stupnja usitnjenosti i vlažnosti. Ta je potreba

osobito izražena ako se želi korisno upotrijebiti i preraditi čitav niz vrijednih sirovina, a najčešće sekundarnih (otpadaka). Bez uređaja za sušenje navedenog spektra sirovina, nemoguće je kompleksno i potpuno iskorišćenje takvih sirovina različitim tehnološkim postupcima. Brigom za zaštitu čovjekove okoline te potrebe postaju još aktualnije.

* Referat održan na Međunarodnom naučno-tehničkom savjetovanju o sušenju drva — Opatija, studenog 1978.

U industrijskoj praksi, za sušenje tih vrsta sirovina upotrebljavaju se najčešće različite konstrukcije i tipovi rotacijskih kružnih sušionica ili sušionica s horizontalnom ili vertikalnom miješalicom. Ta oprema za sušenje usitnjenje sirovine zastarjela je i manje intenzivna, a često i neprikladna za neke vlažnosti i vrste sirovina. Fluidizacija i fluidno lebdeći sloj, koji su znanstveno proučeni i obrađeni, pružaju mogućnost njihove praktične primjene za konstruiranje daleko intenzivnijih, jednostavnijih pa i ekonomičnijih sušionica. Jedno od takvih rješenja je i fluidna sušionica koja se razvija i proizvodi u našoj zemlji. Ovdje će biti ukratko izneseni princip i opis rada, konstrukcija, osnovne tehničke karakteristike i mogućnosti praktične primjene fluidnih sušionica.

Aktualnost razvoja, osvajanje proizvodnje i primjene fluidne sušionice u Jugoslaviji potaknuta je i potrebom zamjene uvoza sušionica za te potrebe iz razvijenih zapadnih zemalja. Nadalje, potrebno je razvijati naše vlastite tehnologije, za naše specifične uvjete krupne i koncentrirane socijalističke proizvodnje, u okviru šumsko-drvenoindustrijskih i agroindustrijskih kombinata. To je i put za kompleksno iskorišćivanje biljnih sirovina i proizvodnju mnogih potrebnih i korisnih proizvoda i povećanje ukupne rentabilnosti poslovanja.

2. PRINCIP RADA FLUIDNE SUŠIONICE

Sušenje sirovina u fluidnoj sušionici obavlja se u struji nosioca topline (najčešće zagrijani zrak), različitih i promjenljivih brzina, radi čega je i brzina u tu struju bačenih čestica sirovine različita. Razlika u brzini kretanja između nosioca topline i čestica materijala još se povećava zbog oblika, veličine i vlažnosti čestica. U različitim dijelovima sušionice čestice sirovine imaju po brzini različit pa i promjenjiv i suprotan smjer kretanja u odnosu na smjer i brzinu kretanja nosioca topline. Te razlike u brzini i smjeru kretanja čestica materijala i nosioca topline osiguravaju vrlo povoljne fizikalne uvjete za prijenos mase (mas transfer) i prijenos topline (heat transfer) između sušionika u tom procesu. Sam proces sušenja je zbog toga intenzivan, kratkotrajan i efikasan, što povoljno utječe na kvalitetu proizvoda, iskorišćenje topline i kapacitet uređaja. Treba napomenuti da tokom sušenja, u raznim dijelovima fluidne sušionice, dolazi do promjene temperature, a zbog isparavanja (isušivanja) vode iz sirovine, i do promjene količine i volumena nosioca topline. Ti momenti bitno utječu na režim sušenja radi promjene brzine. Te se specifičnosti konstrukcijom i dimenzioniranjem elemenata opreme sušionice korigiraju u pravcu optimalnih rješenja s obzirom na: normative utroška energije, kvalitetu proizvoda,

elastičnost sušionice na promjenljive uvjete vlažnosti sirovine, te oblik, veličinu i granulometrijski sastav čestica, kapacitet i eventualno druge zahtjeve tehnologije.

3. KONSTRUKCIJA I KONSTRUKCIJSKE KARAKTERISTIKE

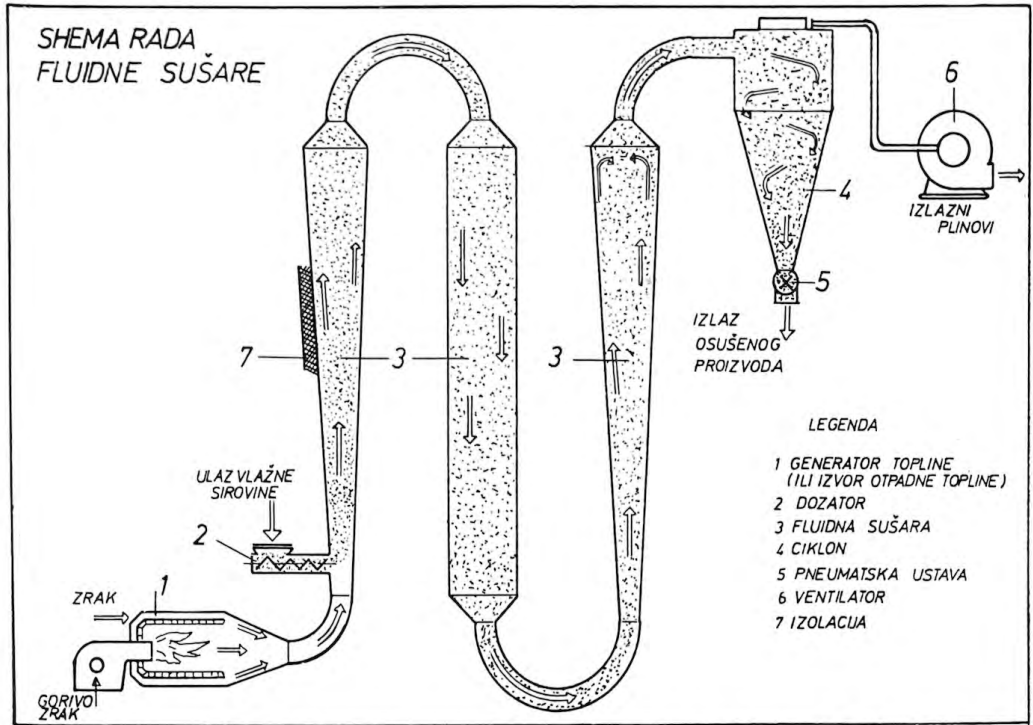
Specijalni ili nestandardni dio opreme svake fluidne sušionice za neku određenu vrstu i vlažnost (ulaznu i izlaznu) sirovine i kapacitet, proračunava se i konstruira zasebno. Radi se o proračunu površine presjeka i dužina pojedinih dijelova sušionice, što proizlazi iz bilance materijala, energije i volumena u odnosu na optimalnu brzinu strujanja i druge parametre režima sušenja.

Dispoziciju i međusobni smještaj pojedinih elemenata sušionice može se izvesti na više načina. Zbog toga je ova sušionica vrlo prilagodiva u odnosu na raspoloživi građevinski prostor, vertikalni i horizontalni položaj, te lokaciju ulazne i izlazne sirovine, pa i izvor nosioca topline. Sve elemente sušionice treba konstruirati i izvesti po zahtjevima aerodinamike. Ostali su bitni dijelovi fluidne sušionice s nekim standardnim i serijskim elementima:

- *dozator sirovine*, koji je najosjetljiviji dio čitavog uređaja, rješava se prema specifičnostima pojedine vrste sirovine. Treba omogućiti kontinuiranu i ujednačenu raspodjelu sirovine kroz čitav presjek sušionice, a time siguran rad, bez stvaranja gruda u slučaju vlažne sirovine;
- *generator topline*, najčešće se konstruira za plinovito ili tekuće gorivo i direktno miješanje produkata izgaranja i zraka. Ima i raznih specijalnih izvedbi generatora topline za indirektno zagrijavanje i druge izvore topline (para) ili druge vrste goriva (otpac, ugljen) preko toplinskih izmjenjivača, ili pak za uporabu otpadnih dimnih plinova industrijskih kotlovnica;
- *ciklon*, pneumatska ustava i ventilator te pojedini pogonski mehanizmi redovito su serijski dio opreme;
- *izolacija* treba da bude što bolja kako bi se gubici topline sveli na minimum;
- *mjerno-regulacijska tehnika i automatika* sastoji se od uređaja za mjerenje temperature na više mjesta u fluidnoj sušionici. Oni se ujedno upotrebljavaju i za automatsko održavanje odabranog temperaturnog režima.

4. OPIS RADA I DIJELOVA SUŠIONICE

Fluidna sušionica prikazana je u shemi na slici 1. U generatoru topline (1) priprema se nosilac topline potrebne temperature (od 200 do



Slika 1. Shematski prikaz fluidne sušionice.

Pict. 1 — Scheme of fluid drying system

800° C). Ulazna usitnjena i vlažna sirovina dozira se dozatorom (2) u fluidnu sušionicu (3). Nakon sušenja, osušeni proizvod smiruje se u ciklonu (4) i posredstvom pneumatske ustave (5) izlazi iz sušionice. Zrak koji je svoju toplinu predao osušenom proizvodu odsisava se i pomoću ventilatora (6), zajedno s isušenom vodenom parom, izbacuje iz sirovine. Zrak koji je svoju toplinu predao osušenom proizvodu, nakon izlaska iz ventilatora, sadrži minimalne do normirane količine prašine. U nekim slučajevima potrebno je dograditi još hvatače preostale prašine i nepoželjnih mirisa.

Radi daljih istraživanja, s ciljem određivanja optimalnih režima sušenja u odnosu na kvalitetu osušenog proizvoda, normative potrošnje energije i eventualno posebne zahtjeve tehnologije za svaku pojedinu vrstu i vlažnost sirovine, izgrađena je poluindustrijska sušionica. Nazivni je kapacitet te poluindustrijske-eksperimentalne sušionice 628,02 MJ/sat (150.000 Kcal/sat) s potrebnom opremom i instrumentima za aerodinamička ispitivanja.

5. OSNOVNE TEHNIČKE KARAKTERISTIKE FLUIDNE SUŠIONICE

Vlažnost sirovine prije sušenja:
maksimalna bez reciklaže 60%

maksimalna s reciklažom 70%
minimalna 25%
optimalna u jednom stupnju 45 do 50%

Potrošnja topline na isušenu vodu iz sirovine koja se suši:

za jedinice oko 1000 kg/sat isušene vode i ulazne vlažnosti sirovine oko 50% 800 do 850 kcal/kg_w
za jedinice manjih kapaciteta i niže početne vlažnosti sirovine oko 100 kcal/kg_w

Temperatura nosioca topline prije kontakta sa sirovinom koja se suši:

optimalna veza vlažnije sirovine 400 do 500° C
minimalna 200° C
maksimalna za jako vlažne sirovine 800° C

Temperatura nosioca topline koji je svoju toplinu predao osušenom proizvodu 85 do 110° C

Vrijeme sušenja:

za čestice prosječno 5 do 15 sekundi
minimalno 3 sekunde (sitne čestice)

Dimenzije čestica (prosječno optimalne):

dužina do 20 mm
širina 1 do 8 mm
debljina 0,5 do 2 mm

Granulometrijski sastav: što jednoličniji

Kapacitet na isušenu vodu:

prema zahtjevima tehnologije,
a po jednoj jedinici (sušionici) sada do 3 t/sat.

6. REŽIMI SUŠENJA

Za svaku sirovinu određene početne vlažnosti i zadane vlage u osušenom proizvodu (ovisno o stupnju usitnjenosti, granulometrijskom sastavu, otvorenosti površina, odnosno pripremi prije sušenja) ima više zadovoljavajućih režima sušenja. Ti režimi, između ostalog, ovise o zahtjevima kao što su kvaliteta proizvoda, potrošnja toplinske energije i konstrukcijske karakteristike sušionice. Ti su zahtjevi najčešće s međusobno suprotnim efektima.

Optimalni režim sušenja je onaj koji optimalno zadovoljava kvalitetu proizvoda, kapacitet uređaja i sigurnost u radu uz najviše normative potrošnje energije. Optimalni režim se obično eksperimentalno ili iskustveno određuje i zatim u eksploataciji održava u tim granicama. Glavni elementi režima sušenja su:

- količina ulazne sirovine u kg/sat,
- temperatura nosioca topline prije kontakta s ulaznom sirovinom u °C,
- temperatura iskorištenog nosioca topline na izlazu iz sušare u °C,
- prosječno vrijeme sušenja pojedine čestice materijala u sekundama,
- temperatura osušenog proizvoda u °C.

Manje važni elementi su:

- vlažnost nosioca topline (apsolutna i relativna),
- brzina strujanja nosioca topline na karakterističnim mjestima sušare.

7. PRIMJENA

Fluidne sušare prikladne su i primjenjuju se za sušenje i kondicioniranje usitnjenih, sipkih i razvlaknijih sirovina, međuproizvoda i proizvoda biljnog, organskog i mineralnog porijekla. Prikladne su za sirovinu ulazne (početne) vlažnosti od 60 do 25% i suše na vlažnost osušenog proizvoda od 5 do 20%, već prema zahtjevu tehnološkog procesa. Za uspješno sušenje potrebno je da materijal ima što otvorenije površine, a za biljne sirovine da ima što više razorenu prirodnu strukturu. Fluidna sušara nije pogodna za sušenje zrnja žitarica, suspenzija, otopina i sirovina sličnog sluzavog karaktera. Za jako vlažne sirovine, iznad 60% vlažnosti (ili 150% atro), koje naginju lijepljenju ili stvaranju gruda, primjenjuje se reciklaža, a po potrebi i međufazno usitnjavanje i dvostepeno sušenje. Fluidne sušionice su najčešće sastavni dio neke tehnološke linije pojedinog tehnološkog procesa u raznim granama industrije i privrede, kao:

7.1. U drvnoj industriji:

- za sušenje iverja, npr. kod proizvodnje ploča iverica (kod novih pogona i pogona u rekonstrukciji za prvi stupanj sušenja);

- za sušenje vlažne piljevine (pilanske), npr. za prodaju peradarskim farmama ili prije briketiranja za energetske potrebe (ljetni višak za zimske potrebe);
- za sušenje prethodno usitnjene kore radi dalje tehnološke prerade (izolacijske ploče, furfural) ili za energetske potrebe;
- za povećanje termičkog stupnja djelovanja industrijskih kotlovnica uz istovremeno sušenje vlažnog goriva ili neke druge sirovine (kora, piljevina).

7.2. U procesima za kompleksno iskorišćivanje drvnih sirovina:

- u liniji za proizvodnju vitaminsko-karotinskog brašna od iglica crnogoričnog drveća (kao komponenta za proizvodnju stočne hrane);
- za sušenje ekstrahiranih iglica crnogoričnog drva nakon ekstrakcije eteričnog ulja;
- u proizvodnji drvenjače, za njeno sušenje i dr;
- za kondicioniranje vlažne piljevine i drugih drvnih i biljnih otpadaka (grane, kukuruzovina, pa i treset) radi hidrolize po postupku s koncentriranom sumpornom kiselinom ili anhidridom sumporne kiseline (SO₃) u kompleksnom postupku radi proizvodnje stočnog kvasca;
- za sušenje hidroliznog lignina koji se javlja kao otpadak hidrolizne industrije po postupku s razrijeđenom sumpornom kiselinom.

7.3. Višestruku primjenu fluidne sušare imaju i u drugim procesnim industrijama, kao:

- u prehrambenoj industriji;
- u industriji stočne hrane,
- u farmaceutskoj industriji,
- u drugim granama procesne industrije.

LITERATURA

- [1] ROMANKOV, P. G. i RAŠKOVSKAJA, N. B.: Suška u vzvesenom sostojaniji. Izd. II i III. Leningrad. »Himija«, 1968 i 1979.
- [2] RIVKIN, S. L.: Termodinamičeskie svojstva vozduha i produktov zgoranija topliv. 1. izd., Moskva-Leningrad. »Gosenergoizdat«, 1962.
- [3] RIVKIN, S. L.: Termodinamičeskie svojstva gazov. 3. izd. Moskva. »Energija«, 1973.
- [4] RAŽNJEVIĆ, K.: Termodinamičke tablice. Zagreb. »Školska knjiga«, 1973.
- [5] NIKITINA, L. M.: Tablice ravnovesnogo udeljnogo vlagosoderžanija i energiji svjazi vlage s materijalima. Moskva-Leningrad. »Gosenergoizdat«, 1963.
- [6] MIKITINA, L. M.: Termodinamičeskie parametri i koeficienti massoperenosa vo vlažnih materialah. Moskva. »Energija«, 1968.
- [7] FEDOROV, N. E.: Analitičeskie rasčeti sušiljnih ustanovok. Moskva. »Piščevaja promyšlenost«, 1967.
- [8] J. MENDES, M. de: Über die Berechnung von Stromtrocknern. VT »Verfahrenstechnik«, 12 (1978), Nr. 12, S. 791-794.

- [9] SOKOLOV, P. V.: Projektovanje sušiljnih i nagrevaljnih ustanovok dlja drevesini. Moskva. »Lesnaja promyšlenost«, 1965.
- [10] ZUKOV, P. A.: Processi suški v celjuložno-bumažnoj proizvodstve. Moskva. »Lesnaja promyšlenost«, 1965.
- [11] SVARCMAN, G. M.: Proizvodstvo drevesno stružešćih plit. Moskva. »Lesnaja promyšlenost«, 1977.
- [12] TOMČUK, R. J. i TOMČUK, S. N.: Drevesnaja zelen' i ejo ispolzovanie. Moskva. »Lesnaja promyšlenost«, 1966.
- [13] PETROVIĆ, S.: Neke mogućnosti industrijske prerade (iskorištenja) kore i drvnih otpadaka — briketiranje. »Drvna industrija«, 30 (1979), br. 3, str. 61-68.
- [14] TRINCUKOVA, M. F. i BOEV, V. V.: Novij spůsob suški lignina. »Gidrol. i lesohim. prom.«, 1976, No. 3, Str. 24-26.
- [15] TRINCUKOVA, M. F.: Rolj konstruktorsko bjuro vo vnođrenii novoj tehniki i tehnologii. »Gidrom. i lesohim. prom.« 1979, No. 2, str. 21-23.
- [16] VALUSIS, V. Ju.: Osnovni visokotemperaturnoj suški Kormov. Moskva. »Kolos«, 1977.
- [17] BEKER, M. E.: Suška termočuvstiteľjnih materialov vo vzvešenom sostojanii. Riga. »Zinatne«, 1966.
- [18] LIKOV, M. V.: Suška v hemičeskoj promyšlenosti. Moskva. »Himija«, 1970.
- [19] PLANOVSKIJ, A. N. i dr.: Suška disperznych materialov v himičeskoj promyšlenosti. Moskva. »Himija«, 1979.
- [20] GOLUBEV, L. G. i dr.: Suška v himiko-farmaceutičeskoj promyšlenosti. Moskva. »Medicina«, 1978.
- [21] GOLIK, B.: Patentna prijava pronalaska pod nazivom — Fluidna sušara s ekspanzionim korama, pri Saveznom zavodu za patente br. 2721 P372/68.

