



PIŠE: prof. dr Vladislav Zdravković

Bez obzira da li se radi o proizvodnji sečenog ili ljuštenog furnira, sušenje predstavlja najvažniju fazu sa aspekta konačnog kvaliteta i cene furnira. Ako se tome doda da je to velika investicija i najveći potrošač energije u celokupnom procesu (troši preko 65% toplotne energije u procesu proizvodnje furnirskih ploča), onda je jasno koliko pažnje treba posvetiti ovom problemu.

Početna vlažnost furnira neposredno nakon rezanja ili ljuštenja, je vrlo visoka: u zavisnosti od vrste drveta, učešća beljike i srčike, ona varira između 30 i 110% a kod nekih vrsta, kao što je topola, prelazi 150% (to znači da u uzorku ima više vode nego drveta). Ovako visok sadržaj vlage u sirovom furniru uzrokuje i njegovu veliku gustinu, tj. masu po m³. Tako gustina bukovog furnira nakon ljuštenja iznosi oko 910 kg/m³. Ovako veliki raspon početnih vlažnosti ukazuje na potrebu sortiranja furnira po vlažnosti neposredno pre sušenja, što se ne može uraditi bez automatizacije.

Čest je, međutim, slučaj da se ovo sortiranje ne vrši, što dovodi do neracionalnog trošenja energije i nejednake konačne vlažnosti furnira. Ekonomski gledano, stalna potreba za dosušivanjem ili presušenom furnir, kao i veći utrošak energije, su dugoročno znatno skuplji od investicije u uređaj za sortiranje furnira po vlažnosti. Konačna vlažnost za sečene furnire, po pravilu treba da iznosi 8 do 12%, a za ljuštene 6 do 8%. Vrlo je bitno, sa stanovišta dimenzione stabilnosti furnira i kvaliteta lepljenja da sadržaj vlage bude ujednačen na celoj površini furnira.

1. Automatska kontrola sušenja furnira prve generacije

Kontrola i nadzor procesa sušenja

Jedan od osnovnih ciljeva sušenja je ujednačena vlažnost izlaznih furnira. Ako početna vlažnost furnira varira u širokom opsegu, sušenjem se dobijaju velike količine presušenog ili nedovoljno suvog furnira. Podelom sušare u odvojene zone i razvojem odgovarajućeg operativnog sistema omogućeno je podešavanje temperature, relativne vlažnosti i brzine vazduha koji obezbeđuju optimalno sušenje. Računarski programi za vođenje procesa sušenja imaju algoritme koji vode operatera kroz proces koji se vidi na ekranu i uključuje izmerene vrednosti, zadate vrednosti i indikaciju greške. Za ovakvo vođenje procesa koristi se sledeća oprema:

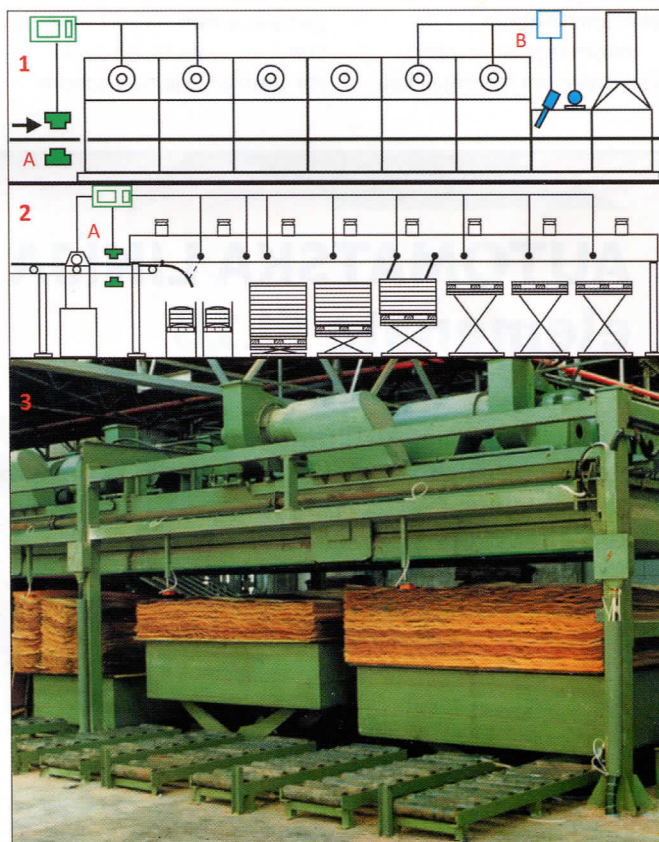
- računar koji upravlja procesom i omogućava unošenje podataka (temperature, relativne vlažnosti vazduha i brzine vazduha)

4G Tehnologije u sušenju furnira

Značaj efikasnog sušenja furnira

indikaciju grešaka, prikaz energetske stanja (potrošnja snage, toplote), izveštaje po smenama itd.

- uređaj za merenje početne vlažnosti furnira
- uređaj za merenje i kontrolu relativne vlažnosti vazduha
- uređaj za merenje konačne vlažnosti furnira



Slika 1: 1- A-Mikrotalasni senzor početne vlažnosti furnira i kontrolni računar; B-IC senzor konačne vlažnosti furnira i kontroler brzine kretanja trake; 2-A- Mikrotalasni senzor početne vlažnosti furnira i kontrolni računar ispred uređaja za vakumsko sortiranje furnira; 3-furniri sortirani prema vlažnosti na vakum sortiraču

Uređaj za merenje početne vlažnosti furnira

Ovim uređajem se pomoću mikrotalasa meri početna vlažnost furnira. Merne glave su montirane na čeličnom ramu koji je prilagođen širini sušare. Dobra osobina ovog uređaja je da nema fizičkog kontakta sa furnirom, pa tako ni tragova na njemu. Furnir prolazi između predajnika i prijemnika mikrotalasa (mernih glava) i vlaga u furniru apsorbira izvesnu količinu zračenja. Ta količina se meri i pretvara u standardne jedinice koje se prikazuju na displeju. Opseg merenja se kreće od 0...25 do 0...500 g H₂O/m².

Izmerena vrednost se, kada se radi o sečenom ili izrezanim formatima ljuštenog furnira, može koristiti za sortiranje po vlažnosti (Slika 2) što je izuzetno bitno sa stanovišta ujednačene konačne vlažnosti furnira i potrošnje energije sušare. Pokazano je (WeiHong, W. et al, 2000) da početna vlažnost furnira ima veliki uticaj na samu brzinu sušenja (drying rate). Furniri sa visokim sadržajem vlage imaju veću brzinu sušenja iznad tačke zasićenosti vlaknaca, ali značajno manju ispod nje u poređenju sa furnirima sa niskim početnim sadržajem vlage. Ti rezultati samo potvrđuju opravdanost investiranja u uređaj ovog tipa.

Uređaj za merenje i kontrolu relativne vlažnosti vazduha

Postoji više načina merenja relativne vlažnosti vazduha. Jedan od njih je pomoću uređaja firme „Babcock“ sa oznakom M42. Kod ovog uređaja vlažan vazduh prolazi kroz sam uređaj i pri tome mu temperatura pada ispod tačke rose. Kontinuirano se mere ulazna i izlazna temperatura. Količina toplote koja se oslobodi je ekvivalentna razlici entalpija između tačaka merenja na ulazu i izlazu. Na osnovu izmerenih temperatura i temperaturne razlike mikroprocesor računa stepen vlažnosti vazduha (gH₂O/kg suvog vazduha). Opseg merenja je 20...500 g/kg. Relativna vlažnost vazduha se zadaje na osnovu podataka o vrsti, debljini i početnoj vlažnosti furnira, a podešava pomoću ventilacionog otvora koji se otvara i zatvara servomotorom.

Uređaj za merenje konačne vlažnosti furnira

Pomoću ovakvog uređaja se beskontaktno određuje konačna vlažnost furnira. Koriste se infracrveni zraci, a uređaj mora biti povezan sa sistemom za regulaciju temperature i relativne vlažnosti unutar sušare. Izmerene vrednosti se koriste za kontrolu brzine konvejera i brzine vazduha u sušari, a omogućavaju i označavanje nezadovoljavajuće suvih furnira. Opseg merenja je 0...20% vlažnosti, a mogu se koristiti za sve vrste sečenog i ljuštenog furnira do 5 mm debljine.

Pored ovih uređaja u sušari mora postojati sistem za kontrolu temperature vazduha. Na različitim tačkama se meri stvarna potrošnja toplote i upoređuje sa željenom koja je izračunata na osnovu idealne krive sušenja. Temperatura se meri zasebno za svaku zonu pomoću osetljivih otpornih termometara (Pt-100) i na osnovu izmerenih vrednosti sistem šalje signal motornim ventilima koji se zatvaraju ili otvaraju propuštajući grejni medijum. Ovakav sistem kontrole temperature stabilizuje uslove sušenja i tako smanjuje uticaj početne vlažnosti furnira.

2. Automatska kontrola sušenja furnira druge generacije

Većina kontrolera vlažnosti (MC) u sušarama za ljušteni furnir već godinama ima taj nedostatak što se trenutak merenja vlažnosti furnira ne poklapa sa vremenom same promene vlažnosti u furniru, u toku sušenja. Kao posledica toga, za kontrolu parametara sušenja furnira koristi se povratna sprega (feedback).

Kontrola preko povratne sprege spada u tip kontrole „posle događaja“, (after-the-fact). Naime, za kontrolu vlažnosti furnira unutar sušare (MC) koriste se podaci koje daje senzor koji je po-

stavljen na izlazu iz sušare, tako da postoji određeno kašnjenje (Slika 1 pozicija B). Takav način kontrole u suštini nije mnogo efikasan jer daje pravilan podatak-odluku za kontrolu samo jednom u tri slučaja. Na primer ako senzor vlažnosti furnira na izlazu iz sušare izmeri povećanu vlažnost furnira, kontroler će preko povratne veze da poviši temperaturu sušenja, ili će da smanji brzinu kretanja furnira kroz sušaru. Međutim, takva reakcija kontrolnog sistema spada u podatak o vlažnosti furnira posle događaja (promene vlažnosti). Stanje vlažnosti furnira koji je u sušari ne poklapa se sa stanjem furnira u trenutku merenja (na izlazu iz sušare), što znači da će kontrolni sistem delovati na neki drugi furnir, a ne onaj čiju je konačnu vlažnost izmerio.

Vlažnost furnira u sušari može da ima jedno od tri stanja:

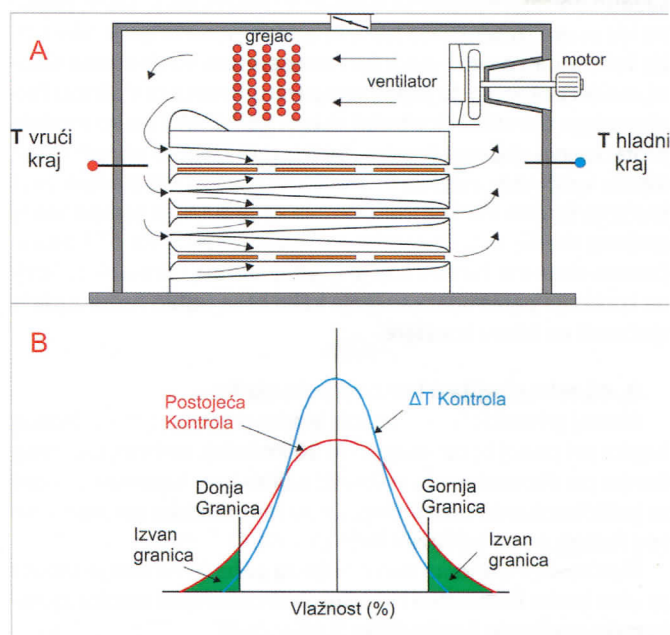
- Vlažnost furnira viša od željene.
- Vlažnost furnira niža od željene.
- Vlažnost furnira jednaka željenoj.

Kako je samo jedno od navedena tri stanja ispravno, kontroler preko povratne sprege prve generacije, donosi ispravnu odluku samo jednom od tri slučaja, što je prilično nepouzdanost.

Kontrola vlažnosti „posle događaja“ uz primenu povratne sprege karakterišu sledeće činjenice:

- Senzor za vlažnost furnira postavljen je iza sušare ili na vakum sortiraču.
- Ako se uzimaju uzorci za laboratorijsko određivanje vlažnosti kašnjenje je još veće.
- Potrebno je previše vremena za detekciju promene nastale u sušari.
- Kašnjenje u reakciji je direktno proporcionalno varijaciji vlažnosti furnira.
- Sistem kontrole donosi pravilnu odluku samo u 33% slučajeva.

Relativna nepouzdanost povratne sprege nametnula je potrebu za takvim senzorima unutar same sušare koji će podnositi visoke temperature, nečistoće i ograničenost prostora, a da



Slika 2: A-Presek sušare sa senzorima za temperaturu na vrućem i hladnom kraju sušare; B-distribucije konačne vlažnosti furnira kod klasične kontrole i Δt kontrole

budu dovoljno pouzdani da mere vlažnost furnira u pravom trenutku i te podatke šalju kontroleru za donošenje odluke o reakciji. Pokušaj da se ugrade konvencionalni senzori za vlagu u tako ekstremnim uslovima kakvi vladaju u sušarama za furnir nisu bili uspešni.

Kod sistema za kontrolu druge generacije konstruisan je i patentiran senzor za merenje i kontrolu vlažnosti furnira dok je još u sušari (Δt kontrola) (Slika 2).

Model kao glavnu varijablu tretira pad temperature vrelag vazduha posle kontakta sa vlažnim furnirom ΔT , što eliminiše šum (amplitudu oscilovanja oko srednje vrednosti), greške u povratnoj petlji, i ostale poremećaje u sistemu kontrole vlažnosti furnira. To u krajnjem rezultatu dovodi do sužavanja distribucije vlažnosti furnira (slika 2). Sistem je patentiran i ugrađen na veliki

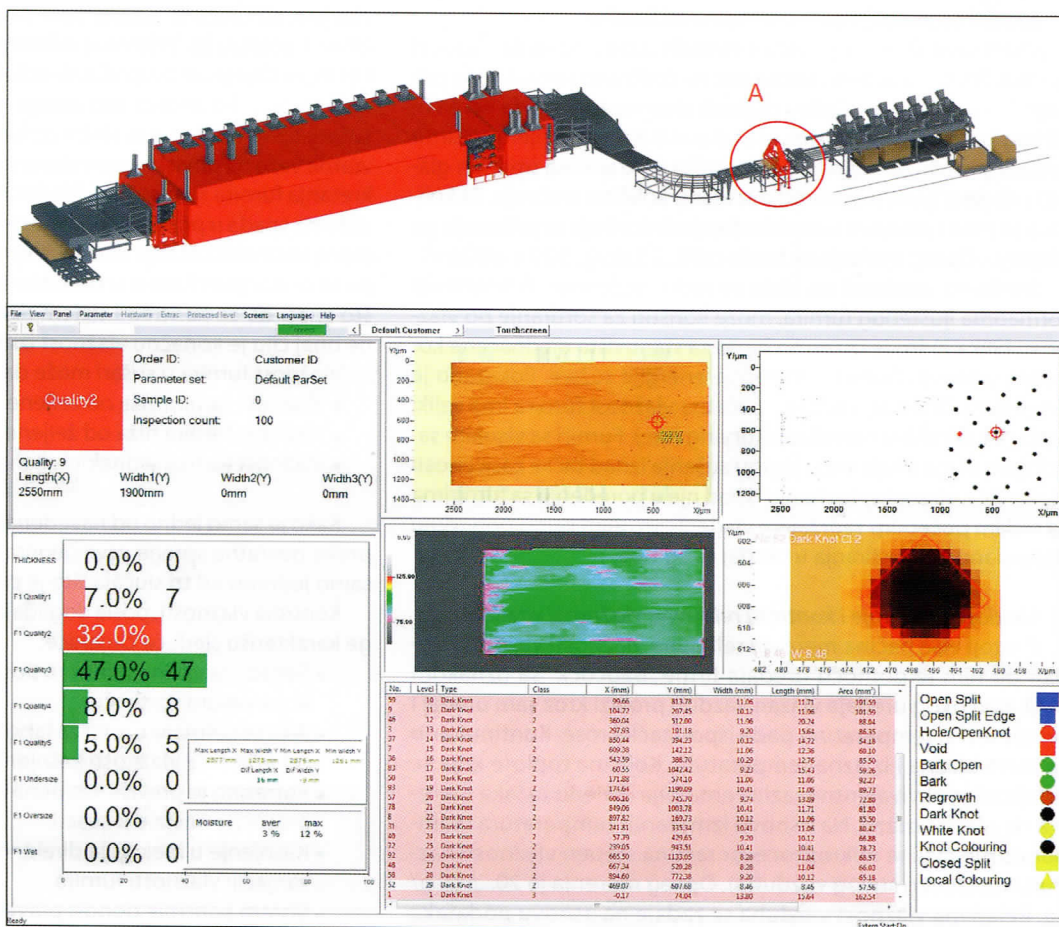
broj sušara u Severnoj Americi. Kod sušare sa diznama kako vreo vazduh dolazi u kontakt sa vlažnim furnirom, on se hladi, ponovo ide preko izmenjivača toplote gde se ponovo greje (slika 2). Za konstantan protok vazduha i temperaturu vruće strane sušare, model pokazuje da je pad temperature mera za vlažnost furnira u tom trenutku. Kontrolni sistem koristi ΔT i preko modela proračunava vlažnost furnira. Taj izlazni signal se poredi sa zadanom veličinom, i razlika (greška) se koristi za promenu brzine kretanja furnira i/ili kontrolu ventila za regulaciju temperature grejnog medijuma. Generalno, ovakav sistem meri ΔT i proračunava vlažnost furnira koji je unutar sušare, i pravi neophodne korekcije parametara sušenja kako bi se dobio furnir zadate vlažnosti na izlazu iz sušare.

3. 4G tehnologija u kontroli sušenja furnira

Razvoj tehnologije omogućio je automatsku obradu sirovog furnira pri punoj brzini linije (i do 200m/min), sortiranje sirovog furnira po dimenzijama i vlažnosti a ultra brze kamere i softveri za grafičku obradu slika omogućili su i automatsko sortiranje sirovog furnira pri punoj brzini linije za sušenje furnira.

Ključna komponenta takve linije za sušenje furnira je skener sa ultra brzim kamerama i sa njim sinhronizovana stanica za vakumsko sortiranje furnira (Slika 3 pozicija A)

Ultra brza kamera (50GHz-0,7THz) sa veličinom piksela 1,5-3mm skenira suvi furnir brzinom do 300m/min. Analiziraju se sledeći parametri: otvorene pukotine u sredini lista, otvorene pukotine u na krajevima lista, otvori od čvorova ili druge vrste,



Slika 3: 4G sušara sa digitalnom ultrabrzom kamerom (A) za skeniranje kvaliteta osušenog furnira i interfejs programa za kontrolu

tamni čvorovi, svetli čvorovi, zatvorene pukotine, lokalno obojenje, prisustvo kore... Skenirani parametri se porede sa njihovim graničnim vrednostima koje su prethodno unete u računar, za određenu klasu furnira. Ako neki od parametara prelazi dozvoljene granice sistem klasifikuje taj list u određenu klasu, izvršni računar daje komandu pneumatici da spusti taj list na određeni sto na vakum sortiraču. Linija za vakumsko sortiranje furnira može da ima do 20 stolova i ikupna dužina linije je do 40m a maksimalna brzina rada do 300m/min. Iza senzora za sortiranje po kvalitetu može se postaviti i ultrazvučni senzor za sortiranje furnira prema valovitosti, tako da furniri mogu biti sortirani i po ovome kriterijumu.

Umesto zaključka

Više se niko i ne čudi šta sve „zna i može“ da uradi pametni telefon, pametni televizor, već mašina ili najnoviji automobili (na primer, „umeju“ sami da se uparkiraju). Tako, više nije čudno šta sve može da uradi pametna mašina u primarnoj preradi drveta. Može, na primer, da vidi unutrašnjost trupca kompjuterskom tomografijom (CT) i prema u nutrašnjosti trupca odabere optimalnu poziciju za rezanje, može da izvrši autokalibraciju i autodijagnostiku, da menja svoje algoritme i da „uči samu sebe iz svog iskustva“. Sušare za furnir sa 4G tehnologijom mogu da sortiraju furnir po 24 različita parametra kvaliteta (obojenost, pukotine, čvorovi, prisustvo kore ili truleži, vlažnost... čak i valovitost furnira). Mene još jedino ponekad iznenadi brzina kojom ove mašine to rade i kojom se sve to menja... ■