

Termouljna postrojenja ložena drvnim otpacima

Sergio Vosilla, dipl. ing. strojarstva

UDK 634.0.839.8

»TEH-PROJEKT« — Rijeka

Primljeno: 02. 03. 1980.

Prihvaćeno: 29. 06. 1980.

Stručni rad

Sažetak

U radu se iznose realne mogućnosti iskorišćavanja drvnih otpadaka kao goriva kod termouljnih generatora topline koji se primjenjuju u drvnjoj industriji. Dane su mogućnosti racionalizacije proizvodnje primjenom termouljne instalacije te njene prednosti u odnosu na konvencionalna rješenja vrelom vodom ili parom.

Ključne riječi: iskorišćavanje drvnih otpadaka — termouljni generatori topline

THERMO — OIL PLANTS USING WASTE WOOD

Summary

Real possibilities of using the waste-wood as fuel for thermo-oil heat generators used in wood industry are put forward in this paper. Possibilities for rationalization of production by using thermo-oil installation are also given as well as the advantages of the same over the conventional solution of using hot water or steam.

Key words: waste wood use — thermo-oil heat generators

1. UVOD

U našoj zemlji, koja se smatra bogatija drvom, relativno se velike količine drva prerađuju industrijski. U pilanama, tvornicama iverica, kod proizvodnje šperploča, namještaja i građevne stolarije nastaju znatne količine drvnih otpadaka, različitih vrsta i kvaliteta, koji se iz bilo kojih razloga još uvijek ne ugrađuju u industrijske proizvode, pa se ne mogu upotrijebiti kao gorivo za proizvodnju toplinske energije.

Drvo kao gorivo oduvijek je koristilo čovjeku za proizvodnju toplinske energije. Otkrićem drugih materijala, kao što su ugljen, nafta te zemni plin, drvo je potisnuto u drugi plan kao energetski izvor. Danas, kad činimo velike napore za iskorišćavanje svih raspoloživih energetskih izvora i rezervi, ponovno drvni otpaci dobivaju na značenju.

Za izgaranje tih otpadaka ili loženje toplinskih postrojenja otpacima drva danas su u svijetu razvijene posebne, specifične jedinice.

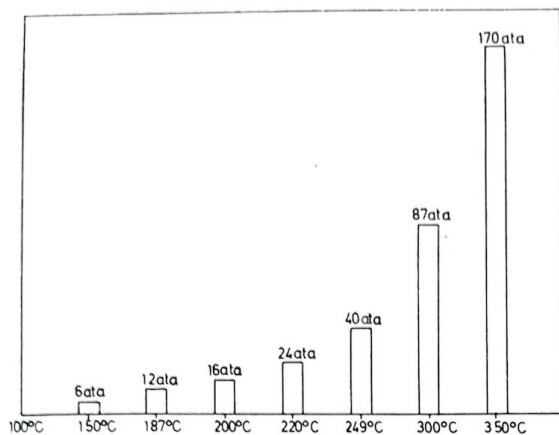
2. TERMOULJE UMJESTO PARE ILI VRELE VODE

Posljednjih je godina industrija mineralnog ulja proizvela niz novih toplinskih medija, čime je omogućeno da, umjesto vode ili pare, u generatoru topline zagrijavamo termoulje. To termoulje služi za transport topline do pojedinih potrošača topline.

Generator topline na termoulje pruža nekoliko prednosti:

1. Do temperature od 350°C polaznog voda generator topline je bez natpritisaka u instalaciji

Iz slike 1. uočava se da porastom temperature vode kao radnog medija raste i pritisak. Tako



Slika 1. Odnos temperature i pritiska kod tople vode
Figure 1 — Relation between the temperature and the hot water pressure.

npr. da bi se postigla polazna temperatura od približno 350°C, voda mora biti pod određenim pritiskom od 170 at. Visoki pritisci zahtijevaju, u pogledu konstrukcije, materijala, izrade, pribora i načina postavljanja, skupocjena rješenja.

2. Nije potrebna priprema napojne vode

Da bi se isključila mogućnost pojave kamenca i mulja, kod klasičnih generatora topline potrebna je bespriječna priprema napojne vode. Upotrebom termoulja eliminiran je problem odvajanja kondenzata te unutrašnja korozija.

3. Nema više opasnosti od smrzavanja

Poznato je da se voda smrzava kod 0°C, i da uslijed toga nastaju havarije na generatoru topline, armaturi i cijevima. Termoulje ne smrzava, ono stinjava tek kod temperature od -50°C.

4. Ložaci više nisu potrebni

Budući da je generatorsko postrojenje bez natpritiska u instalaciji te radi potpuno automatski, nadgledavanje nije potrebno. Poznato je da kod klasične instalacije, bez obzira na automatski pogon, osnovni tehnički propisi zbog pritiska koji vlada u instalaciji propisuju prisutnost ložaca.

5. Nije potreban poseban objekt za smještaj generatora topline

Termouljni generatori topline ne podliježu, kao što inače podliježu klasični generatori topline, propisima koji su sastavni dio pravilnika o tehničkim propisima za izradu i upotrebu parogeneratora, parnih posuda, predgrijača pare i zagrijača vode.

Takav generator može biti postavljen direktno uz potrošače, u maloj prostoriji ili dapače na otvorenom prostoru pod nadstrešnicom, jer ne postoji opasnost od smrzavanja.

6. Točnost temperature sve do 0,5°C

Mogućnost održavanja konstantne temperature termoulja kod potrošača je jednostavna. Može se također posluživati pojedine potrošače s različitom temperaturom.

Termoulje ima i svoje nedostatke u odnosu na vodu ili paru, osjetljivo je na pregrijavanje. Kod određene temperature ulje se počinje razgrađivati. Taj proces je poznat pod nazivom »krekovanje«. U vrućem stanju termoulje se spaja s kisikom i zgušnjava. Taj proces je poznat pod nazivom »starenje«. Ta dva problema mogu se izbjeći adekvatnim projektnim rješenjima.

Kako opisano postrojenje radi kod visokih temperatura bez natpritiska, potrebna je dilatacijska posuda za ulje zbog promjene volumena. Termouljni generator topline spojen je preko dilatacijskog voda s dilatacijskom posudom. Da bi se spriječilo djelovanje kisika iz zraka, potreban je zračni tampon koji se dobije preko podne posude, koja je inače spojena s dilatacijskom posudom. U tu je svrhu podna posuda podijeljena u dvije komore, koje su međusobno spojene i djeluju kao spojene posude. Jedna komora je preko prelijevnog voda spojena s dilatacijskom posudom, dok je druga, preko voda za odzračivanje, u vezi s atmosferom. Na taj se način stvaraju zračni tampon, te je udovoljeno propisu da postrojenja koja su bez natpritiska u instalaciji moraju biti u vezi s atmosferom.

3. NAČIN IZGARANJA DRVNIH OTPADAKA KOD TERMOULJNIH GENERATORA TOPLINE

Razlikujemo dva osnovna načina izgaranja drvnih otpadaka:

- Ložište za drvene otpatke s izgaranjem goriva u prostoru;
- Ložište za drvene otpatke s izgaranjem goriva u sloju.

3.1. Ložišta s izgaranjem drvnih otpadaka u prostoru

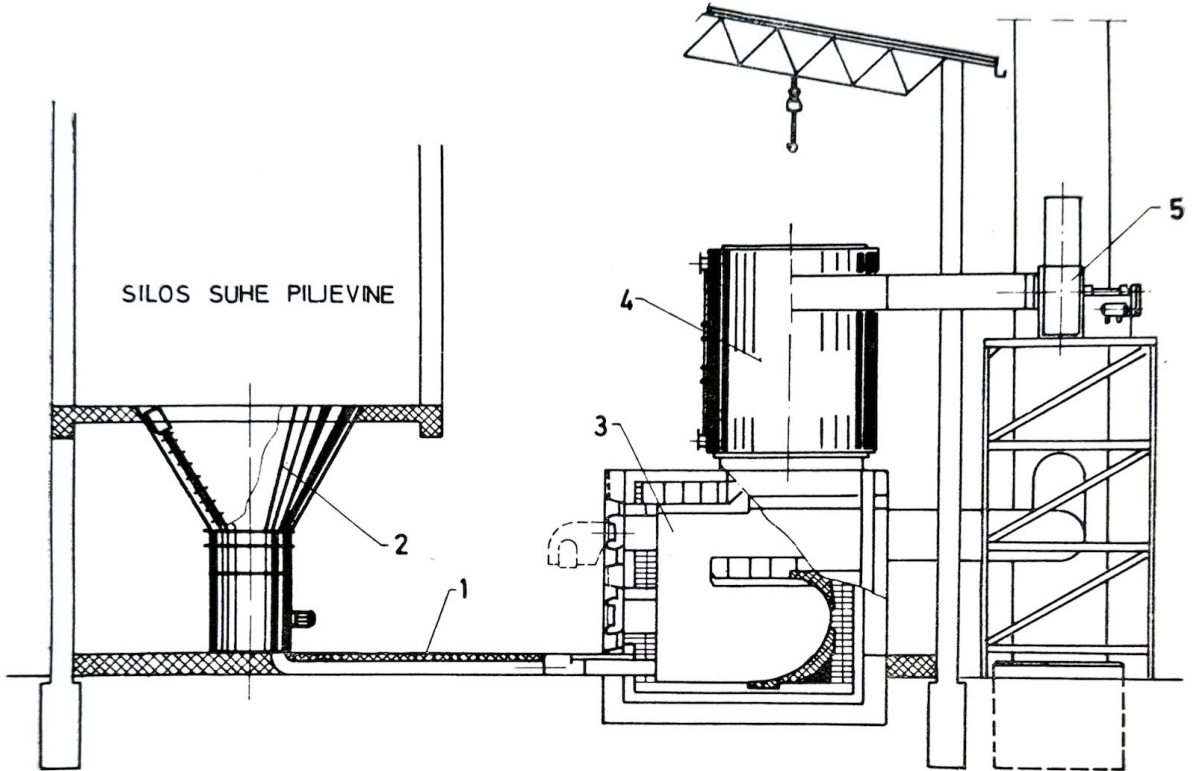
Ta vrsta ložišta upotrebljava se za izgaranje drvnih otpadaka određene vlažnosti i granulacije. Pogodna vlažnost goriva za tu vrstu izgaranja je ispod 20% (oko 25% atro), što se u praksi podrazumijeva za suhi drveni otpadak. Ovakvi otpaci nastaju kod finalne obrade drva. Najpogodniji drveni otpadak za takvo ložište je prašina.

Njemačkim je propisima definirano:

- sitno iverje i piljevina je gorivo (drvo) veličine jednake ili veće od 0,5 mm
- prašina su svi dijelci goriva (drva) veličine manje od 0,5 mm.

3.2. Termouljno generatorsko postrojenje za izgaranje drvnih otpadaka u prostoru

Na sl. 2. prikazano je karakteristično rješenje potpunog postrojenja (od uskladištenja goriva do dobivanja toplinske energije) za izgaranje drvnih otpadaka u prostoru.



Slika 2. Termouljno generatorsko postrojenje za izgaranje drvnih otpadaka u prostoru: 1. Izuzimač iz silosa, 2. Dozirni vod, 3. Ložište, 4. Termouljni generator topline, 5. Ventilator dimnih plinova.
Figure 2 — Thermo-oil generating plant for burning wood waste in the space: 1. Excluder from silo, 2. Dosing pipe, 3. Fire-box, 4. Thermo-oil heat generator, 5. ventilator of smoke gases.

Uređaj za doziranje počinje u silosu i završava u ložištu termouljnog generatora topline. Iz iskustva se zna da postoji mogućnost povremenog prekida dovođenja goriva. To je dosta štetno, jer se pri tome pojavljuju temperaturni skokovi koji mogu oštetiti prostor za izgaranje zbog njegova hlađenja. Zato se preporučuje da se poslije dozatora predvidi dovoljan prostor za dekompresiju, te nepovratni zasuni koji se u slučaju eksplozivnog izgaranja zatvaraju i tako sprečavaju paljenje goriva izvan prostora za izgaranje.

Kontrolni uređaj predstavlja najvažniji sigurnosni faktor procesa izgaranja. Zadatak mu je da, u slučaju prekida plamena, odnosno u slučaju prestanka izgaranja, u sigurnosnom intervalu prekinе dovod goriva.

Sigurnosni interval kod izgaranja suhih, usitnjenih otpadaka drva iznosi 3 sekunde.

Uključivanjem doziranja (koje se pri puštanju u pogon vrši ručno, a tokom rada — preko ter-

mostata ili presostata generatora topline), ukoliko je ispunjen uvjet za paljenje goriva, uključuje se dozirni ventilator. Nakon ispiranja ložišta i dimnih putova generatora topline, uključuje se izuzimanje i dodavanje goriva. Pod ispiranjem se pri tom podrazumijeva trostruka promjena zraka u ložištu i dimnim putevima generatora topline.

Mješavina zraka i goriva s određenim pretičkom zraka dozira se do postizanja podešenih parametara na izlazu iz generatora topline; tada doziranje goriva prestaje. Ventilator mora ostati u pogonu sve dok se dozirni vod ne isprazni.

Karakteristike takvog generatora topline jesu:

— učin generatora topline	1—3 x 10 ⁶ kcal/h (1160—3490 kwh)
— potrošnja goriva	45—110 kg/h
— toplinska vrijednost goriva	Hd = 15000 kJ/kg
— sadržaj pepela	0,3 %
— temp. izgaranja	1050°C
— pretičak zraka	2,1
— vlažnost goriva	10—25%

3.3 Ložišta s izgaranjem drvnih otpadaka u sloju

Kod izgaranja drvnih otpadaka male ogrjevne moći (Hd = 6,3—14,4 kJ/kg, 1500—3400 kcal/kg)

s velikim sadržajem vlage, ne može se provesti proces ugrijavanja, sušenja, isplinjavanja, rasplinjavanja i dogorijevanja goriva na jednom mjestu, kako je to provedeno kod ravnih rešetki loženih kvalitetnom vrstom ugljena, tj. bez relativnog pomicanja goriva u odnosu na rešetku. Zbog toga se za drvene otpatke, kod kojih se postotak vlage penje i do 65%, izvode kose i stepenaste rešetke. One imaju takav nagib da se gorivo može pomicati zbog vlastite težine prema kraju rešetke. Gorivo se suši, isplinjuje i rasplinjuje toplinom koju isijavaju svodovi ložišta te toplinom plamena i dimnih plinova u ložištu. Drvni otpaci se pale i izgaraju neprekidno pomoću užarenih čestica jednog dijela goriva, koje ostaju na pojedinim stepenicama rešetke, te se na njima pale nove čestice.

— Toplinsko opterećenje stepenaste i kose rešetke dopušteno je s

$$Q_R = 470 - 990 \text{ kW/m}^2$$

$$Q_R = (0,4 - 0,85) 10^6 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

— Toplinsko opterećenje volumena ložišta je:

$$Q_L = 140 - 410 \text{ kW/m}^3$$

$$Q_L = (0,12 - 0,36) 10^3 \text{ kcal/m}^3\text{h}$$

Kut nagiba rešetke iznosi $R = 35-40^\circ$

— opterećenje kose rešetke gorivom

250—350 kg/m²h

— visina sloja goriva na rešeci

180—250 mm

— promaja iznad rešetke

0,4—0,8 mbar

— temperatura produkta izgaranja na izlazu iz generatora topline

200—300°C

— količina vlažnih produkata izgaranja

5,5—12 m³/kg

— sadržaj CO₂ u produktima izgaranja

8—11%

3.4. Termouljno generatorsko postrojenje za izgaranje drvnih otpadaka u sloju

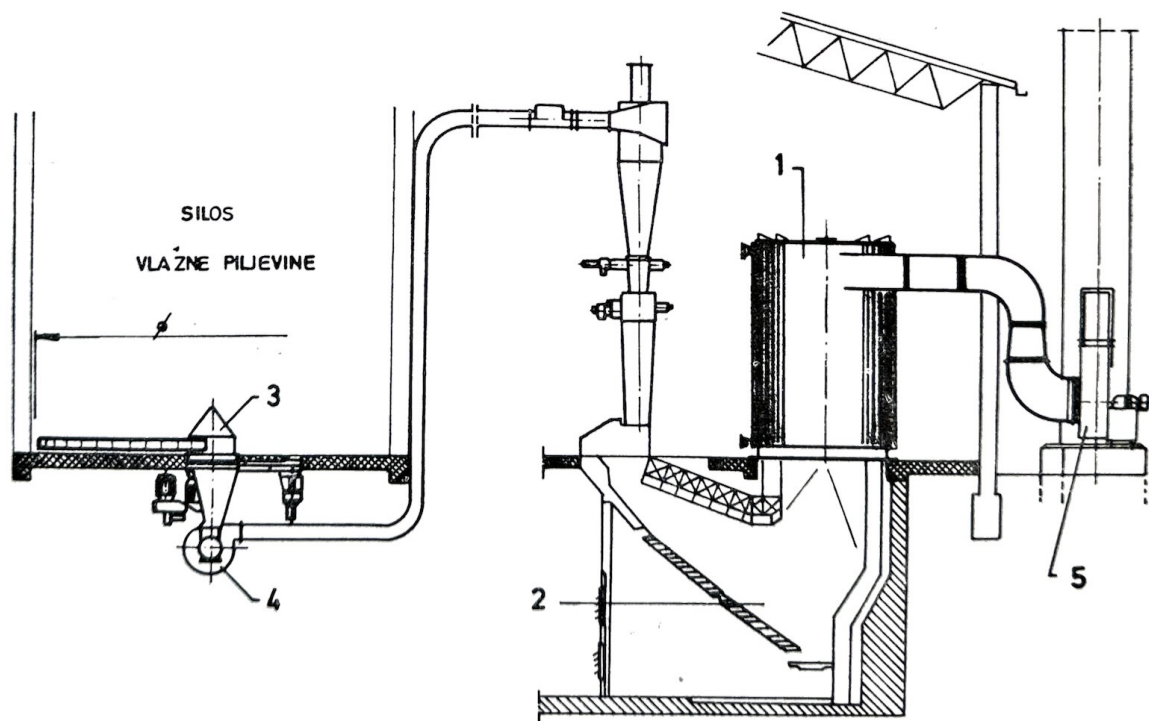
Sigurno, pravilno i potpuno izgaranje postiže se samo kod postrojenja koja su dimenzionirana i izvedena specijalno za tu vrstu goriva. To znači da se ona donekle razlikuju od običnih konstrukcija za ugljen. Transport od izuzimača do prostora za izgaranje (ložišta) koji se tada primjenjuje može biti:

— pneumatski (za vlažne otpatke drva)

— mehanički (za jako vlažne otpatke drva i za koru).

Zrak za izgaranje dovodi se u ložište kroz rešetku kao primarni brzinom od 3—6 m/s, i kao sekundarni brzinom 8—15 m/s. Odnos između primarnog i sekundarnog zraka u korist je primarnog između 80—85%.

Kod takvih pogona pretičak zraka iznosi 1,3—1,7. Korisnost ložišta kreće se u granicama od 93—97%, dok je korisnost generatora pare od 73—82%.



Slika 3. Termouljno generatorsko postrojenje sa stepenastom rešetkom: 1. Termouljni generator topline, 2. Ložište, 3. Izuzimač iz silosa, 4. Dozirni uređaj, 5. Ventilator dimnih plinova.

Figure 3 — Thermo-oil generating plant with stepped grate: 1. Thermo-oil heat generator, 2. Fire-box, 3. excluder from silo, 4. dosing device, 5. ventilator of smoke gases.

Na slici 3. dan je primjer postrojenja.

I kod ovog postrojenja sigurnosne mjere pri izvedbi prostora za izgaranje i doziranje treba da spriječe:

- prijenos vatre izvan ložišta,
- eksploziju u ložištu.

Kod slučaja s pneumatskim dovodom goriva redosljed uključivanja i isključivanja (izuzimač, ventilator) mora osigurati da, kod prestanka doziranja, cijevi uvijek budu prazne. Nepovratni zasun dolazi i kod ovog sistema između izuzimača i dozirnog uređaja.

4. PODRUČJA UPOTREBE TERMOULJNIH KOTLOVA U DRVNOJ INDUSTRIJI

4.1. Mogućnosti racionalizacije proizvodnje primjenom termoulja

U toku modernizacije cjelokupne industrije, i drvna industrija počela se modernizirati. Kad se govori o modernizaciji pogona, misli se uvijek na nabavu novijih strojeva, dok se zaboravlja da mogućnost racionalizacije proizvodnje leži i u korišćenju postojećim strojevima primjenom novijih metoda, nove tehnologije s ciljem da se proizvede vredniji proizvod.

Primjenom termoulja mogućnosti racionalizacije proizvodnje se udvostručuju. Razmotrimo

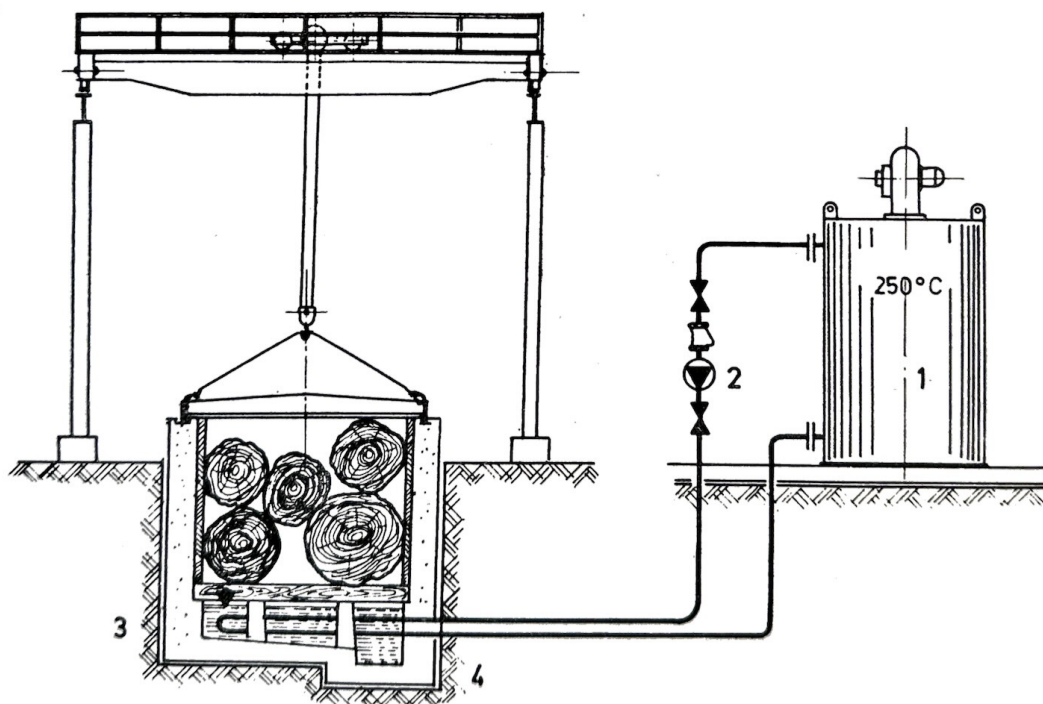
tehnološki proces zagrijavanja drva, koji se upotrebljava kod proizvodnje furnira. Takav tehnološki proces troši oko 10000 kcal/h (41868 kJ/h) za 1 m³ drva.

Direktno zagrijavanje jama za parenje svježom parom pomoću konvencionalne proizvodnje pare relativno je skup proces jer se kondenzat ne vraća u parogenerator, te se ovaj mora stalno napajati svježom pripremljenom vodom.

Poznato je da se u praksi koristi i indirektni sistem zagrijavanja jame za parenje putem cijevnog izmjenjivača u kojem prostrujava voda ili para. Kod tog sistema su u pravilu ogrjevne plohe veoma velike zbog niske temperature napajanja i niskog toplinskog gradijenta. Kod visokotlačnih je postrojenja doduše ugrađena ogrjevna ploha manja, ali je radi nadgledavanja generatorskog postrojenja potrebno skupo osoblje za posluživanje.

Kod upotrebe generatora topline na termoulje navedeni problemi nestaju. Zbog automatskog rada i rada bez natpritiska, za posluživanje takve generatorske jedinice nije potreban čovjek. Visoke temperature termoulja daju ogrjevne plohe malih dimenzija.

Ako se ipak želi raditi s parom, onda je potrebno generator topline na termoulje povezati s generatorom pare koji proizvodi ekonomično visokotlačnu paru. Takav generator pare konstru-



Slika 4. Zagrijavanje drva termouljnom instalacijom: 1. termouljni generator topline, 2. Tlačna pumpa, 3. Jama za parenje, 4. Termouljna instalacija

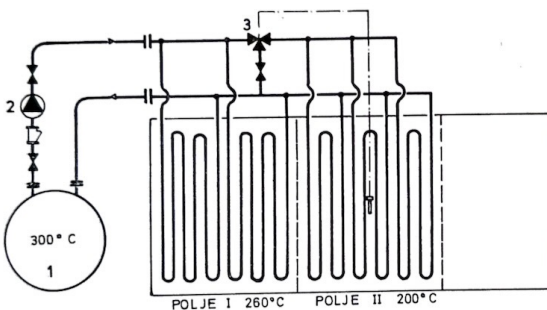
Figure 4 — Heating of wood by oil-heated system: 1. Thermo-oil heat generator, 2. pressure pump, 3. steaming pit, 4. oil-heated system

iran je tako da se na lagan način može odstraniti kamenac s grijača. Iz tog razloga može se odustati i od skupog postrojenja za pripravu vode.

Ove prednosti predstavljaju prave mjere racionalizacije proizvodnje kojom se uštedeju troškovi.

Upotreba termouljnih generatora topline za sušenje piljene građe je neekonomično, jer su kod tog tehnološkog procesa temperature većinom ispod 100°C.

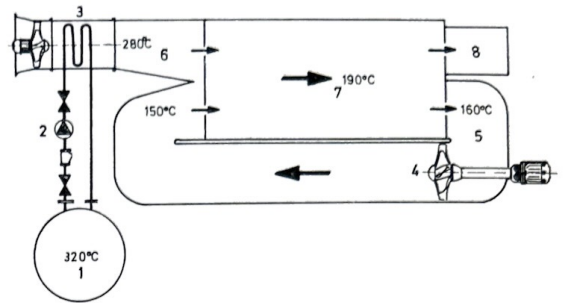
No drugi je slučaj kod sušenja furnira, gdje se radi s temperaturama termoulja od 200—300°C. Tehnološki postupak predviđa da sušara bude podijeljena u dva polja, kako se to vidi na slici 5. Termouljni generator topline (1) radi na temperaturi od 300°C, pumpa (2) dobavlja termoulje sušari (4), koja je podijeljena na polja I i II. U polju I termoulje je temperature 260°C, dok je zračna struja od 260—380°C.



Slika 5. Sušionica furnira na termoulje: 1. termouljni generator topline, 2. Tlačna pumpa, 3. Regulacijska automatika
Figure 5 — Oil-heated veneer dry kiln: 1. Thermo-oil heat generator, 2. pressure pump, 3. regulating automatic system

Ova visoka temperatura suši sada brzo vlagu iz rubnih slojeva. Troputni regulacijski ventil (3) sa svojim zračnim osjetnikom u polju II drži temperaturu zraka u tom polju konstantnom s točnošću od 3°C od postavljene zadane vrijednosti (manje od 200°C) i tako sprječava nepoželjne promjene boje furnira. Ova sušionica s dva polja sušenja omogućuje brži protok furnira kroz nju i predstavlja doprinos u smislu racionalizacije proizvodnje.

Na slici 6. prikazana je sušionica s pogonom na cirkulacijski zrak kod kojeg nije moguće povisiti temperaturu zraka, jer bi se sitne čestice prašine mogle zapaliti na površini zagrijanih izmjenjivača topline te izazvati požar u sušionici. Kod ovog načina sušenja, visoka temperatura termouljnog generatora topline (1) od 320°C koristi se ekonomično na taj način da se iskorišćuje visok temperaturni gradijent između svježeg zraka i registra zagrijača (3).



Slika 6. Sušionica na termoulje: 1. Termouljni generator topline, 2. Tlačna pumpa, 3. Tijelo izmjenjivača topline, 4. Ventilator, 5. Recirkulacija, 6. Prostor za miješanje, 7. Sušionica, 8. Izlaz prelička zraka

Figure 6 — Oil-heated dry kiln: 1. Thermo-oil heat generator, 2. pressure pump, 3. heat exchanger body, 4. ventilator, 5. recirculation, 6. mixing area, 7. drying chamber, 8. outlet of surplus air

Ventilator svježeg zraka tlači zrak u sušionicu preko tijela izmjenjivača topline (3) na temperaturi od 300°C. Ventilator cirkulacijskog zraka (4) siše preko kanala za recirkulaciju (5) zrak od cca 150°C iz sušionice i miješa ovaj s vrućim zrakom u prostoru miješanja (6) sušionice (7) do željene radne temperature od 190°C. Pretičak zraka odvodi se preko odzračnog kanala (8) u ciklon gdje se odvajaju čestice prašine.

Zbog visoke temperature termoulja i velikog temperaturnog gradijenta između ogrjevnog tijela i svježeg zraka, ogrjevno tijelo je malih dimenzija.

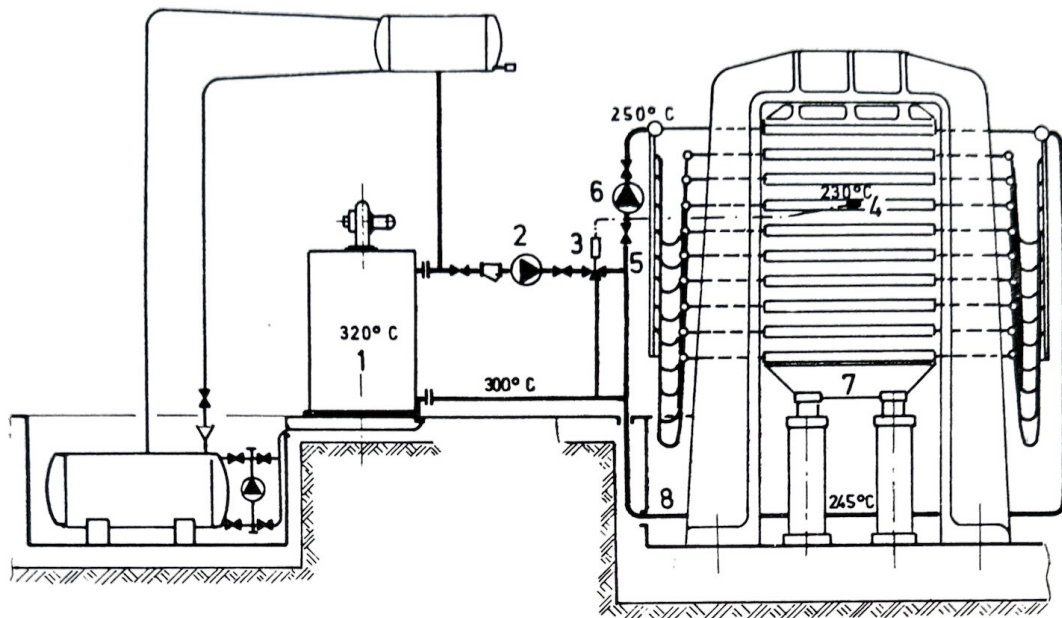
Slika 7. prikazuje upotrebu termoulja kod preše koja se primjenjuje u drvnjoj industriji.

Velika ujednačenost temperature omogućava skraćivanje vremena prešanja, što znači veću produktivnost. Na ovaj način moguće je proizvoditi visokokvalitetni proizvod, ujednačene kvalitete i skratiti proces proizvodnje.

Temperatura ogrjevnih ploča u preši postiže se:

- dovođenjem i propuštanjem topline visoke temperature kroz cijevi sistema ogrjevnih ploča,
- osiguranjem stalne optimalne temperaturne razlike medija na izlazu i ulazu iz ogrjevnih tijela preše,
- osiguranjem ravnomjerno ujednačene temperature po cijeloj površini ogrjevnih ploča.

Ovo je istovremeno i najteži zadatak kod prelaska s jednog medija (para) na drugi (termoulje). Problem se rješava tako da se ogrjevne ploče podijele na više polja, te svako polje predstavlja poseban cirkulacijski krug. Da bi se postigla ravnomjerna temperatura po cijeloj površini ploče, potrebno je osigurati dovoljno brzu cirkulaciju medija. S njezinim povećanjem raste i koefi-



Slika 7. Preša na termoulje: 1. Termouljni generator topline, 2. Tlačna pumpa prim. kruga, 3. Troputni ventil, 4. Ogrjevne površine, 5. Tlačni vod, 6. Tlačna pumpa sekundarnog kruga, 7. Preša, 8. Povratni vod
 Figure 7 — Oil-heated press: 1. Thermo-oil heat generator, 2. pressure pump of prim. circle, 3. three-way valve, 4. fueled areas, 5. pressure pipe, 6. pressure pump of secondary circle, 7. press, 8. reversible pipe

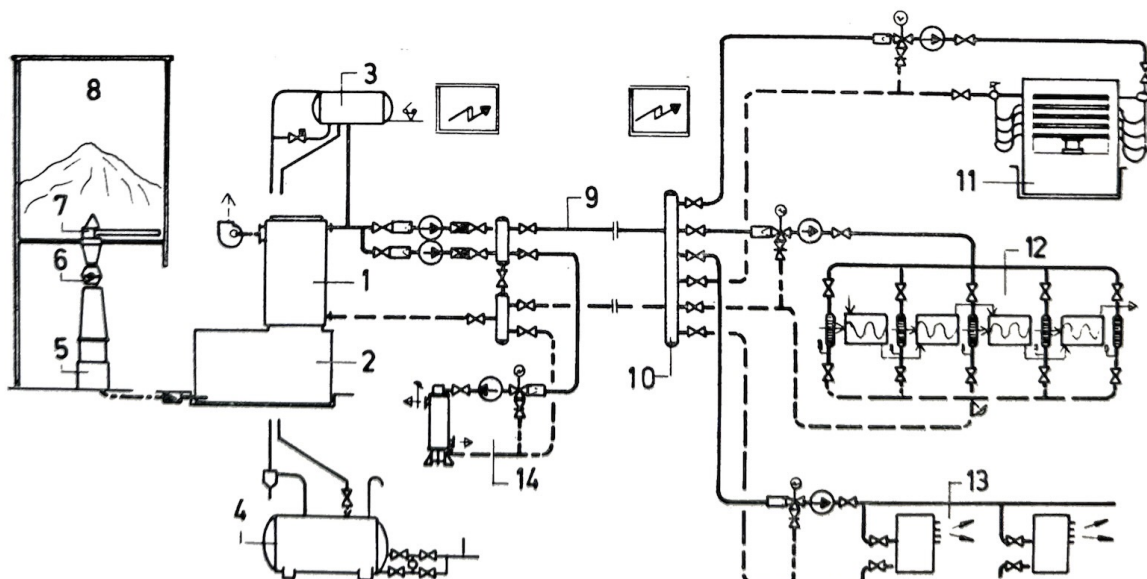
cijent prenosa topline, tako da se skoro neosjetno nadoknađuje toplina odata za vrijeme prešanja.

Kako je temperaturna razlika obrnuto proporcionalna brzini protoka, to dovodi do smanjenja temperaturne razlike u ogrjevnoj ploči. Tempe-

raturna razlika kreće se u granicama od 4—60°C, što se može smatrati gotovo idealnim.

4.2. Termouljno postrojenje u drvnoj industriji

Jedno takvo postrojenje je prikazano na sl. 8. Karakteristika postrojenja je:



Slika 8. Shema termouljne instalacije u drvnoj industriji: 1. Termouljni generator topline, 2. Ložište, 3. Ekspanzijska posuda, 4. Osnovni rezervoar, 5. Dozator, 6. Sjeckalica, 7. Izuzimač iz silosa, 8. Silos, 9. Razvod, 10. Podstanica, 11. Preša, 12. Sušionica, 13. Grijanje, 14. Izmjenivač termoulje—topla voda
 Figure 8 — Scheme of oil-heated system in timber industry: 1. Thermo-oil heat generator, 2. fire-box, 3. expansion vessel, 4. basic tank, 5. dosing device, 6. cutting device, 7. excluder from silo, 8. silo, 9. distributor, 10. sub-station, 11. press, 12. drying chamber, 13 heating, 14. heat exchanger oil-warm water

— može da pokrije sve potrošače topline izgaranjem isključivo drvnog otpatka;

— potpuno automatski rad cijelog postrojenja;

— kapacitet generatora topline se može u potpunosti koristiti u toku cijele godine.

Osnovna regulacijska jedinica postrojenja je primarni krug. Razvodna temperatura je konstantna i iznosi 200°C. Ona je ujedno i mjerna veličina za kontrolirano doziranje drvenih otpadaka. Svaki veći potrošač, kao što je preša, sušionice i grijanje hale, ima posebne sekundarne cirkulacijske kružne cikluse s ugrađenim PI-regulatorima.

5. ZAKLJUČAK

U drvnoj industriji u nas najviše se upotrebljavaju parogeneratorska postrojenja koja služe za toplinske i tehnološke potrošače. Takvi pogoni, u svojoj eksploataciji, susreću se s mnogo problema (gubitak kondenzata, povrat kondenzata, skupocjena priprema svježje vode, visoki pritisci itd.).

Pronalaskom mineralnih i sintetičkih ulja za prijenos topline, tzv. termoulja, omogućen je rad s temperaturom od 320°C bez natpritiska u instalaciji. To je upravo ono što se željelo postići.

Budući da se radi o takvoj industriji gdje se prerađuje drvo, uz koje nastaju drvni otpaci, u ovoj eri energetske krize, kad je potrebno koristiti vlastite izvore energije, morala bi biti i obveza u iskorišćivanju istih kao osnovnog goriva. Nije rijedak slučaj da se u tim industrijama koristi mazut za pogon termouljnih generatora topline, dok istovremeno drvni otpadak propada neiskorišćen u deponijama ili se troše sredstva za njihovo uklanjanje.

Ako se uz to uzmu u obzir sve stroži zahtjevi glede zaštite okoline, logičan je trend k iskorišćenju otpadaka drva kao energetske sirovine, uglavnom na mjestu nastajanja.

LITERATURA

- [1] PREVEDEN, Z.: Sigurnosno tehnički aspekti loženja kotlova otpacima drveta, Institut za dokumentaciju zaštite na radu, Niš 1977.
- [2] GULIC, G.: Sagorevanje, Minerva, Subotica 1964.

Recenzent: doc. dr S. Sever