

Laboratorijska ispitivanja mogućnosti proizvodnje vatrootpornih iverica

Mr SALAH ELDIEN OMER, dipl. ing.
Institut za drvo Zagreb

UDK 634.0.862.2:
634.0.843.1

Primljeno: 27. prosinca 1981.
Prihvaćeno: 4. ožujka 1982.

Prethodno priopćenje

Sažetak

U članku su prikazana i opisana vatrozaštitna kemijska sredstva koja se upotrebljavaju za zaštitu materijala na bazi drva. Iznesena su ranija iskustva i pokušaji za zaštitu, dodavanjem kemijskih sredstava.

Posebno je obrađen pokusni eksperiment i dani su njegovi rezultati kod izrade laboratorijske vatrootporne iverice. Ploča je proizvedena fenolnim ljepilom i »Silka sillom« kao pogodnim vatrozaštitnim kemijskim sredstvom.

Ključne riječi: vatrozaštitna kemijska sredstva — laboratorijske vatrootporne iverice.

LABORATORY TESTS OF POSSIBILITIES TO MANUFACTURE FIRE-RETARDANT PARTICLE BOARDS

Summary

The article describes the fire-retardant chemicals used for protection of wood based material, comprising also the previous experiences and attempts for protection of such material by adding chemicals.

It separately describes an experiment and results obtained on fire-retardant particle boards made in laboratory. The particle board has been produced by use of phenolic resin and »silka sill« as fire-retardant chemicals.

Key words: fire-retardant chemicals — laboratory made fire-retardant particle boards

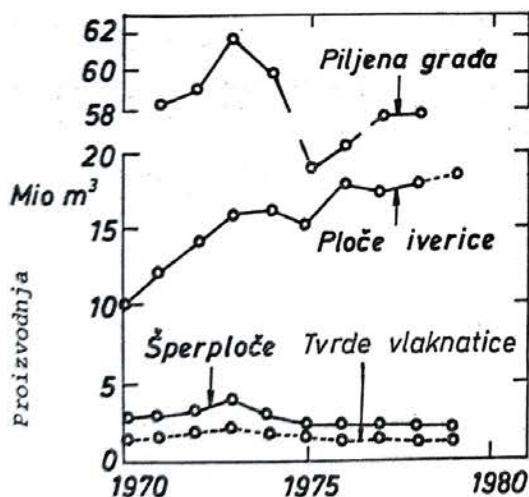
UVOD

Proizvodnja klasičnih ploča iverica počela je u svijetu već tridesetih godina u Njemačkoj. Na savjetovanju stručnjaka raznih zemalja svijeta, održanom 1957. godine u organizaciji UN, iverica je usvojena i standardizirana kao proizvod. Zahvaljujući naporima raznih industrijskih grana (osobito proizvođača namještaja), znanstvenih organizacija i pojedinaca, proizvodnja iverica je doživjela velik napredak, a proizvodi su našli široko područje upotrebe (slike 1, 2, 3).

S obzirom da iverice u odnosu na masivno drvo pokazuju značajne prednosti, kao: izotropnost površine, veću postojanost dimenzija, manja odstupanja u gustoći i dr., može se računati na njenu dalju konkurentnost za šire područje primjene.

Opasnost od vatre, odnosno požara, uvijek je prisutna; a zaštita od vatre i proširenja požara postala je potreba. Ona je regulirana i zakonom, za upotrebe materijala općenito, a pogotovo ako su na bazi drva. Sve veća upotreba iverica u raznim konstrukcijama i proizvodima povećava i zanimanje za primjenu vodootpornih iverica.

Iz navedenih razloga u Institutu za drvo u Zagrebu postavio se zadatak obrade literature na tu temu, plana pokusa i izrade vatrootpornih iverica u laboratorijskom postupku. Kompleksnost problema proizvodnje vatrootpornih iverica nameće niz teškoća. Prva, vrlo važna, jest pronalaženje adekvatnog kemijskog sredstva koje bi se moglo upotrijebiti u proizvodnji vatrootpornih iverica, s time da je dostupno, efikasno i jeftino.



Sl. 1 — Proizvodnja pločastih drvenih materijala i piljene građe u zemljama FESYP. Economic Commission for Europe, Helsinki 12-16 May 1980.

Fig. 1 — Production of woods base boards and sawn timber in the countries of FESYP. Economic Commission for Europe, Helsinki 12-16 May 1980.

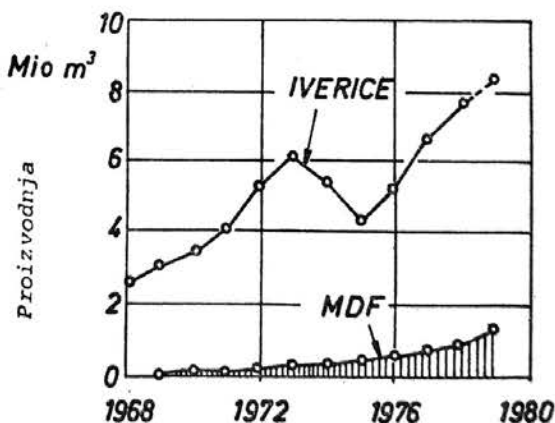
Drugi problem je izbor ljepila koje bi se upotrebljavalo za takvu proizvodnju. Iz tehnologije proizvodnje iverica u Evropi poznato je da se ono ograničava samo na dva najčešće upotrebljavana ljepila pri standardnoj proizvodnji iverica. Karbamidno-formaldehidna ljepila po upotrebi su na prvom mjestu, a iza njih su fenolno-formaldehidna ljepila, koja se manje upotrebljavaju iz niza razloga, kao što je cijena, iskustvo i sl.

Kao osnovnu sirovinu za izradu vatrootpornih iverica trebalo je uzeti kombinaciju koja se često primjenjuje u proizvodnji iverice u Jugoslaviji. Iverje za vanjski sloj sa sadržajem 50% bukova i 50% iverja ostalih listača (joha, vrba, topola, lipa), a za srednji sloj iverje hrasta, bukve, graba i četinjača (jela, smreka).

Sva pilotna ispitivanja, koja su se odnosila na određivanje zaštitnih sredstava, osnovnog i pomoćnog materijala, te izbor opreme, izvršena su u laboratorijama Instituta za drvo (laboratorij za ispitivanje materijala, laboratorij za kemijska ispitivanja).

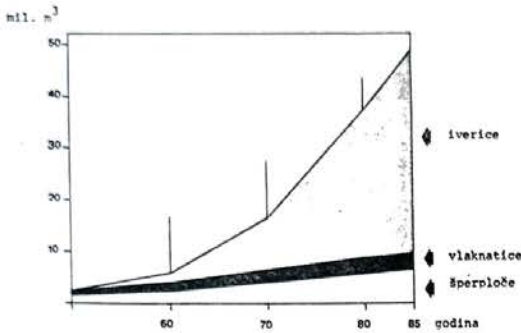
1.0. POJMOVI VATROOTPORNOSTI, PROCES IZGARANJA DRVA I PLOČA NA BAZI DRVA

Britanski standard je jedan od prvih koji je definirao pojmove vezane za vatrootpornost materijala i požara (B. S. 4422: Part. 1: 1969 i B. S. Part. 2: 1971). Te definicije usvojila je Međunarodna komisija za standardizaciju ISO 3261 — 1975. E/F. ISO: TC 92 W.G.4 navodi osnovne definicije i pojmove koji se upotrebljavaju kad se govori o vatrootpornosti materijala.



Sl. 2 — Proizvodnja MDF ploča i ploča iverica (19 mm) u USA. FESYP — Helsinki 1980.

Fig. 2 — Production of MDF boards and particle boards (19 mm) in the USA. FESYP — Helsinki 1980.



Sl. 3 — Zapadnoevropska potrošnja ploča od 1950. god. nadalje i predviđanja do 1985. god.

Fig. 3 — West-European consumption of boards from 1950 onwards and forecasts until 1985.

1. Vatra je proces izgaranja koji je karakteriziran temperaturom, dimom ili plamenom ili bilo kojom kombinacijom istih.

2. Plamen je zona oksidacije plinova koja je obično karakterizirana oslobađanjem temperature i emisijom svjetlosti.

3. Negorivo: nije u stanju podvrći se izgaranju.

4. Nezapaljivo: nije u stanju gorjeti uz prisutnost plamena.

5. Vatrootpornost: sposobnost materijala da izdrži utjecaj vatre u određenom vremenskom periodu bez gubitka svojih svojstava, nosivosti ili obojeg.

6. Vatrozaštita: supstanca ili tretman koji se koristi da bi se materijalu povećala otpornost na razaranje vatrom (usporila gorivost).

Još iz rimskog doba poznata su nastojanja da se smanji upaljivost drva i drugih organskih materijala. U starom vijeku služila je u tu svrhu octena kiselina i otopina alauna. Nezaštićeno i prosušeno drvo, ili materijal na bazi drva, upaljeni stranim izvorom topline (otvorenim plamenom), gore na slobodnom zraku po slijedećoj shemi: — u kontaktu s inicijalnim plamenom posmeđe i pougljene na površini te izgaraju otvorenim intenzivnim plamenom, plamen se postepeno širi, temperatura drva u neposrednoj okolini raste, masa materijala (drva) znatno se smanji ili potpuno izgore.

Drvo, odnosno materijal na bazi drva, zaštićen efikasnim protupožarnim zaštitnim sredstvom, izgara po slijedećoj shemi: — površina drva posmeđi i pougljeni ali se teško upali, eventualni plamen je slab i ograničen samo na zone koje su izravno izvrnute temperaturi gorenja, plamen se razvija samo dotle dok je drvo izvrnuto temperaturi gorenja i ne širi se na hladnija okolna područja. Gorenje ne povisuje temperaturu drva u znatnijoj mjeri niti uzrokuje termičku razgradnju drva, a nakon uklanjanja plamena, drvo odmah prestaje gorjeti, a žarenje površine drva ubrzo prestaje. Nakon niza studija i istraživanja

(Kollmann, Kuenzi, Stamm), u kojima se općenito promatralo gorenje kod drva i ploča na bazi drva sastavljenih od organskih tvari (prisutnost ugljika i vodika), proizlazi da su ti materijali gorivi i teško ih je učiniti negorivim. Negorivost materijala ne ovisi samo o kemijskim sastojcima, nego i o debljini i veličini materijala. Za drvo i ploče na bazi drva, oblik i dimenzije igraju veliku ulogu kod ponašanja protiv vatre. Odnos površine i volumena gorivih tijela kritičan je za njihovu zapaljivost. Što je taj odnos veći, to se drveni dijelovi lakše zapale, a plamen se brže širi.

Temperatura koja je ispod 100°C, a viša je od sobne temperature, zagrijava drvo i uzrokuje proces sušenja. Kod te temperature kemijske su reakcije neznatne. Kod temperature od 100 do 150°C, kemijske reakcije drva i ploča na bazi drva su veće, no smatraju se zanemarivim. Teorijski i praktično one mogu biti važne, ali brzina njihove reakcije je još uvijek spora.

Između 150 do 200°C stvaraju se plinovi koji sadrže u prosjeku 70% negorivog ugljičnog dioksida (CO₂) i 30% gorivog ugljičnog monoksida (CO), pa drvo kod ove temperature dobiva smeđu boju. Do temperature od 175°C razvijanje temperature je još uvijek sporo. Njihov sastav ostaje isti kao što je i ranije ustanovljeno, a toplinska vrijednost plinova je samo oko 5000 kJ/m³. Iznad 275°C plinovi se brzo stvaraju, a količina CO₂ se smanjuje brzo kao i količina CO, a proizvede se i velika količina lako zapaljivih ugljikohidrata.

U literaturi se mogu naći podaci da se drvo može zapaliti duljim izlaganjem temperaturi između 100 — 150°. Kollmann je pronašao da egzotermička reakcija kod drva listača počinje kod niže temperature nego kod drva četinjača, i to vjerojatno radi njihovog visokog sadržaja pentozana. Reakcija drvnih materijala na vatru ovisi ne samo o njihovim kemijskim sastojcima, već i o drugim faktorima, kao:

- gustoći, poroznosti, unutrašnjoj površini,
- termičkoj vodljivosti,
- specifičnoj toplini,
- akcesornim kemijskim sastojcima (ekstraktivne tvari),
- obliku i dimenziji uzoraka (proporcija površine i volumena),
- kvaliteti površine,
- položaju i rasporedu u prostoru,
- snabdijevanju zrakom i odvođenju dimnih plinova,
- utjecaju okoline.

2. POKUŠAJI I ISKUSTVA ZASTITE DRVNOG MATERIJALA PROTIV VATRE

Prva iskustva i pokušaji zaštite drva protiv vatre već su od davnine znani kod Rimljana i Egipćana. Upotrebljavali su octenu kiselinu i otopinu alaina za zaštitu građevina i namještaja. Od početka prošlog stoljeća, primjenjuju se neka kemijska sredstva i metode impregnacije. U protupožarnoj impregnaciji primjenjuju se iste metode kao i u impregnaciji protiv bioloških štetnika.

Sve većom primjenom pločastih drvnih materijala za interijere i eksterijere, naročito iverica, te njihove masovne upotrebe u građevinarstvu, javlja se zahtjev za drvnim materijalima koji bi odgovorali postojećim propisima u graditeljstvu. To je bio povod da su u njemačkim institutima počela istraživanja za izradu vatrootpornih ploča iverica. Prva faza njihova rada bila je provjera iskustava, primijenjenih već ranije, za zaštitu masivnog drva. Nakon toga pristupilo se izradi iverica, koje bi predstavljale klasičnu ivericu, i druge iverice debljine 38 mm, gustoće 500 — 550 kg/m³, kao vatrootporne ploče za graditeljstvo. Kao kemijsko sredstvo koristila se borna kiselina (H₃BO₃), diamonijev sulfat / (NH₄)₂HPO₄, a od ljepila karbamidno-formaldehidna ljepila. Sredstva su se dodavala iverju u obliku praha, ili potapanjem iverja u otopini tih sredstava. Kemijska sredstva za zaštitu protiv vatre dodavana su u raznim količinama, od 5—15% na suhu količinu iverja.

Laboratorijski pokusi Deppe-a [2] i suradnika dali su vrlo zanimljive rezultate. U njima se došlo do slijedećih zaključaka: da se brzina širenja plamena (vatra) kod upotreba 5 — 10% protupožarnog sredstva na suho iverje reducira i do 30%, s porastom debljine (laboratorijski proizvedene ploče) raste i efekt zaštite od vatre. Karbonizirani sloj, koji se stvara na površini ploče u toku gorenja, zbog prisutnosti dodanog kemijskog sredstva i njegovog djelovanja, reagira kao izolacioni sloj koji usporava gorenje ploče i širenje plamena.

Ekonomska kalkulacija izrade vatrootpornih ploča iverica u laboratoriju, kod upotrebe sredstava u obliku praha, poskupljuju proizvodnju za 10%, a kod upotrebe sredstava u tekućem stanju (napajanje) poskupljuje proizvodnju za 50%.

Američki istraživači na čelu s D. A. R. S. e n a u l t - o m [1] već krajem šezdesetih godina počeli su tražiti mogućnost proizvodnje vatrootpornih drvnih pločastih materijala. Prvi su pokušaji bili umakanje cijele ploče u impregnans odmah nakon proizvodnje. Međutim, ubrzo su utvrdili nedostatke te metode, radi velikih investicija u uređaje za impregnaciju i količine vlage koju ploča prima, što uzrokuje bubrenje ploče. Druga vatrootporna metoda za proizvodnju vatrootporne iverice

je impregniranje iverja prije miješanja s ljepilom, što je također zahtijevalo dodatne investicije za sušenje iverja. Njihov dalji pokušaj bio je miješanje kemijskog sredstva za zaštitu protiv vatre s ljepilom i prskanje iverja tom mješavinom. Međutim, izbor kemijskih sredstava nije bio baš povoljan, a kvaliteta tadašnjih ljepila nije omogućavala dobivanje efikasnih rezultata.

Kanadski institut (Forest products Laboratory, Ottawa), koji se bavi unapređenjem šumarstva i drvne industrije, krajem sedamdesetih godina počeo je istraživati mogućnost proizvodnje vatrootporne ploče iverice. Američko iskustvo im je služilo kao osnova za njihove istraživačke radove.

3. KEMIJSKA PROTUPOŽARNA SREDSTVA ZA PROIZVODNJU VATROOTPORNIH PLOČA I NAČIN ISKORIŠĆENJA

Sredstva koja se upotrebljavaju za vatrootpornost dijele se na slijedeće klase, prema Metz-u:

1. Vatrozaštitna sredstva koja djeluju mehanički:

— to su sredstva koja se kao obloge ili pokrivni sloj nanose prskanjem ili četkama.

2. Taljive kemikalije

— su kemijska sredstva koja se nanose raznim načinima na materijale, a prilikom razvijanja temperature se tale, stvaraju ljepljivi sloj, koji odvaja toplinu i vatru od materijala i tako sprečavaju pougljavanje materijala.

3. Pjenaste kemikalije

— su kemikalije koje kod povećane temperature stvaraju poroznu pjenu koja pougljeni i djeluju kao visoki termički izolator. Te pjene nabubre i tako sprečavaju doticaj vatre s materijalom, efektno smanjujući utjecaj topline vatre na temperaturu materijala, te tako djeluju kao vatrozaštitno sredstvo.

4. Kemikalije koje razvijaju gasive plinove:

— njihovo vatrozaštitno djelovanje sastoji se u razvijanju gasivih plinova, kad se razvija temperatura njihove okoline. Proizvedeni plinovi smanjuju koncentraciju zapaljivih (gorivih) plinova koje proizvodi materijal.

5. Vatrozaštitna sredstva koja pospješuju karboniziranje:

— postoji niz sredstava koje je Metz već ispitao, a koja povećavaju i pomažu pougljavanje drva uslijed razvoja temperature, što poboljšava termičku izolaciju.

Od sredstava koja se koriste za vatrozaštitu i proizvodnju vatrootpornih materijala zahtijevaju se slijedeća svojstva:

- a) da smanjuju gorivost materijala i povećavaju njegovu vatrootpornost;
- d) da adhezija vatrozaštitnog sredstva i drva mora biti visoka, dugotrajna i nerazdvojna kod vatre i visokih temperatura;
- c) da poslije tretmana sredstvo ne smije utjecati na svojstvo materijala, a posebno na njegovu higroskopnost;
- d) da ne smiju biti toksična, niti stvarati toksične produkte pod utjecajem topline;
- e) da ne smiju biti pogodna za napad i razvoj mikroorganizama;
- f) da sredstva koja su topiva, moraju imati visoku topivost, najmanje 20 do 25% kod sobne temperature;
- g) da njihova primjena i priprema mora biti jednostavna;
- h) da ih drvo lako apsorbira u potrebnim količinama;
- i) da cijena tih sredstava mora biti pristupačna, a njihova primjena ekonomična.

Radi cjelovitosti navode se i druge podjele kemijskih sredstava, koja se koriste kao vatrozaštitna sredstva, prema raznim istraživačima:

1. Soli topive u vodi; uglavnom se sastoje od amonijevih fosfata i amonijevih sulfata.
2. Alkalni silikati; kalijevi i natrijevi alkalni silikati (staklena voda u otopini oko 40° Bé).
3. Organski sastojci koji stvaraju pjene; mješavine soli i kemikalija koje pod utjecajem temperature stvaraju pjenu ugljenih pahuljica s visokom termičkom izolacijom.
4. Druga vatrozaštitna sredstva; azbestni namazi, mješavina magnezijevog oxy-klorida i cementa, kalcijevi fluoridi sa cementom, magnezijevi kloridi sa cementom i slično.

3.1. Vatrozaštitna kemijska sredstva u proizvodnji iverica, način i metoda upotrebe

Djelovanje vatrozaštitnih kemijskih sredstava tumači se kao posljedica piroliznog procesa sagorjevanja ugljena, koji je odgovoran za sagorjevanje plinova i tekućine. Taj proces ima veliki učinak u usporavanju širenja plamena, emisiji plinova i tinjanja materijala. Zato nije iznenađujuće da, od svih efikasnih vatrozaštitnih sredstava, samo mali broj usporava proces lijepljenja i pomaže žarenju materijala.

Idealna sredstva za vatrozaštitu iverica su ona koja se lako i jednostavno spajaju sa sirovinom, ljepljivo i lako se uklapaju u proces proizvodnje, a osiguravaju određen stupanj vatrootpornosti. Upotreba kemikalija za izradu vatrootpore ploče na bazi drva je relativno nova. Kod

proizvodnje vatrootpornih iverica, primijenjena su sva iskustva stečena prilikom zaštite masivnog drva i tekstila.

Osnovni kemijski spojevi koji se koriste kao sredstvo kod istraživanja mogućnosti proizvodnje vatrootpore ploče iverice su slijedeći:

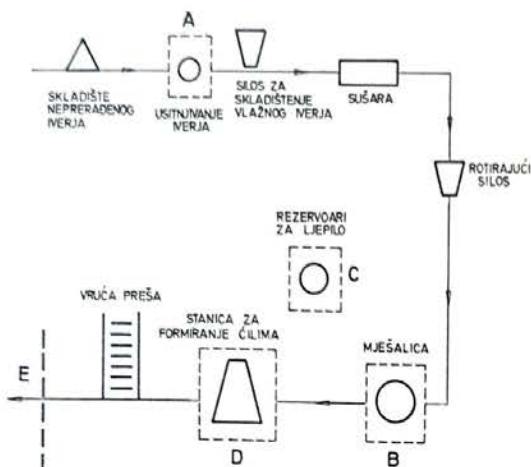
1. Amonijum bromid
2. Borni kiselina
3. Amonijev fosfat
4. Klorirani naftalin
5. Amonijev sulfat
6. Dinatrium oktoborat tetrahidrat
7. Natrijev primarni fosfat
8. Diamonijum fosfat
9. Monoamonijum fosfat
10. Amonijev sulfat
11. Amonijev sekundarni fosfat
12. Cink klorid
13. Cink borat
14. Ortofosforna kiselina
15. Dician diamid
16. Diamonijum ortofosfat
17. Poliamonijum ortofosfat
18. Boraks
19. Natrijev bikromat
20. Fosforna kiselina
21. Natrijev arsenat
22. Amonijev borat.

Najnovija istraživanja teže za efikasnijim kemijskim sredstvima, koja bi dala zadovoljavajuće rezultate bez nepoželjnih posljedica u gotovom proizvodu. Ranija istraživanja su pokazala da većina poznatih kemijskih sredstava ostavlja negativne posljedice na gotove proizvode. Jedna od tih neželjenih posljedica je da ploče proizvedene dodavanjem sredstava koja sadrže fosfate ili sumpornu kiselinu negativno djeluju na ljepljivost. Sredstva koja sadrže ugljikotetrahidrate koji proizvode otrovni plin fosgen također nisu poželjna za upotrebu. Mora se paziti da kemijska sredstva koja se koriste kao vatrozaštitna ne proizvode veliku količinu plinova i dima, koji također nisu poželjni. Istraživanja su pokazala da treba izbjeći higroskopna vatrozaštitna sredstva.

Dokazano je da neka od tih sredstava, osim što su se pokazala kao dobra vatrozaštitna sredstva, djeluju također kao fungicidi i zaštita od drugih bioloških napada.

3.1.1. Mjesto i način dodavanja vatrozaštitnih kemijskih sredstava kod proizvodnje iverica

Dodavanje vatrozaštitnog kemijskog sredstva u proizvodnju vatrootpore ploče iverice vrši se u principu na četiri razna mjesta u tehnologiji proizvodnje i na jednom mjestu poslije završetka proizvodnje. Na shematskom prikazu označena su ta mjesta slovima A, B, C, D i E (slika 4).



Sl. 4 — Shematski prikaz tehnologije proizvodnje ploča iverica, s mjestima (A, B, C, D, E) za dodavanje vatrozaštitnog kemijskog sredstva.

Fig. 4 — Schematic review of production technology of particle boards with positions (A, B, C, D, E) for adding fire-retardant chemicals.

Jedna od prvih metoda bila je dodavanje vatrozaštitnog sredstva vlažnom iverju odmah nakon završetka druge faze pripreme iverja (položaj A — sl. 4). Kod ovog procesa sredstva su dodana u obliku praha ili tekućine vlažnom iverju. U ovoj metodi su korištene povoljne difuzione karakteristike nekih vatrozaštitnih kemijskih sredstava, specijalno borata. Jedno od prikladnih i tehnološki zanimljivih mjesta za dodavanje vatrozaštitnih sredstava je mješalica, područje koje je na slici 4 označeno slovom B. Sredstva se mogu dodati u mješalici u obliku praha ili tekućine. Najveće ograničenje za taj način dodavanja sredstava čini stupanj kiselosti sredstva, što može, ali ne mora, ozbiljno utjecati na brzinu otvrdnjavanja ljepila.

Kemijska vatrozaštitna sredstva u proizvodnji vatrotoporne iverice mogu se dodavati i u rezervoar za ljepilo (područje C, slika 4). Kod ove metode, vatrozaštitno kemijsko sredstvo, u obliku finog praha ili otopine, miješa se s ljepilom dok se ne dobije suspenzija. Dobivena suspenzija (dispersija sredstva u ljepilu u kojem nije uvijek topiva) mora imati određeni viskozitet (100 — 500 cP), koji omogućava i osigurava prskanje ljepila na iverje u vrlo finim kapljicama promjera 20 — 60 μ . Kod ove metode dodavanja sredstva u ljepilo, ako se dodaje u obliku tekućine, mora se voditi računa o konačnom sadržaju vlage iverja. Proces dodavanja sredstva u ljepilo na izgled je vrlo jednostavna operacija. Međutim, s obzirom na vrste ljepila koja se koriste u proizvodnji iverica (karbamidno-formaldehidna i fenolno-formaldehidna) i vrste kemijskog vatrozaštitnog sredstva, čini ovo vrlo složenim. Kod toga se zahtijeva velika opreznost prilikom izbora vatrozaštitnog sredstva, za svaku vrstu ljepila, i određivanja

količine sredstva koje se dodaje. Ova je metoda, s gledišta investicija kod postojećeg tehnološkog procesa, najjeftinija.

Vršeni su pokušaji da se, u toku procesa proizvodnje, zaštitna sredstva ubacuju u stanici za formiranje čilima (područje D, slika 4). Metoda se sastoji u ubacivanju i distribuiranju vatrozaštitnog sredstva u slojeve čilima, prije procesa prešanja. Obično se upotrebljavaju kemikalije čiji je pH takav da ne utječe na sisteme lijepljenja. Ova je metoda primijenjena kod tehnološkog procesa koji je sadržavao i limove ispod natresne stanice. Taj način dodavanja sredstva ograničen je na određene tipove stanice za formiranje čilima. Prednosti ove metode su što je jednostavna i treba minimalnu dodatnu opremu.

Pokušaji za proizvodnju vatrotopornih ploča na bazi drva vršeni su i impregniranjem proizvoda nakon završetka procesa proizvodnje (područje E, slika 4). Impregnacija proizvoda vršena je ili u istoj tvornici ili su proizvodi dostavljani u pogone koji su impregnirali masivno drvo. Impregnacija se vršila tako da su ploče stavljene u kalupe, bazene ili uređaje i impregnirane vodenim otopinama vatrozaštitnih soli. Nakon impregnacije ploče su sušene i finalno obrađene.

4. ZADATAK ISTRAŽIVANJA

Kao što je navedeno, zadatak je bio izraditi nekoliko laboratorijskih ploča iverica s dodatkom vatrozaštitnog kemijskog sredstva. Kod planiranja pokusa, razrađena je metoda za ispitivanje proizvedenih ploča, kao i utjecaja pojedinih tehnoloških parametara i njihovih međusobnih ovisnosti (interakcija).

4.1 Pilotni pokus za proizvodnju vatrotoporne ploče iverice

Utjecajne faktore, važne kod izrade vatrotopornih iverica, čine osnovni parametri za proizvodnju klasične iverice, te dodatni faktori uslijed vatrozaštitnog kemijskog sredstva. Osnovni parametri za izradu laboratorijskih ploča iverica jesu:

- konstrukcija ploča (odnos vanjskog sloja prema srednjem, VS : SS = 36 : 65),
- volumna masa ploče (800 kg/m³),
- vrsta i oblik iverja (standardno),
- format ploča (40 × 40 cm),
- temperatura prešanja (185° C),
- vrijeme prešanja (10 min),
- specifični pritisak preše (20 daN/cm²),
- debljina ploče (19 mm),
- specifičan nanos ljepila 11 : 7.

Kemijska sredstva koja su izabrana za pilotni pokus bila su:

- Amonium sulfat (NH₄)₂SO₄ u prahu
- Amonium fosfat (NH₄)₂HPO₄

3. Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$)
4. Borna kiselina (H_3BO_3)
5. Aluminum oksid ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$)
6. Silicijski dioksid (SiO_2)

Preliminarni pokusi s nekim od navedenih sredstava pridonijeli su odluci da se upotrijebi »Silka sill« (SiO_2) sredstvo, tvrtke Bayer. Ovo sredstvo je izabrano zbog njegovih izvanrednih karakteristika izolacije od visoke temperature i drugih osobina, što ga čini vrlo pogodnim za ovu svrhu.

Kao ljepilo, upotrijebljeno je fenolno ljepilo »Fenofix 200«, proizvodnje »Chromos-a« Zagreb, zbog njegove vodootpornosti i vrste ljepila koja se malo upotrebljava u proizvodnji iverica, iako ima niz pozitivnih svojstava.

Plan pokusa obuhvatio je izradu 6 ploča u laboratoriju. Tri ploče izrađene su dodavanjem različitog postotka vatrozaštitnog kemijskog sredstva (SiO_2) u ljepilo, a tri ploče bez dodavanja zaštitnog sredstva. U ploče je dodana i parafinska emulzija »Iverol« (33%) u količini od 10 — 15 masenih dijelova u ljepilo.

4.2. Izrada vatrootpornih ploča iverica

Izrada vatrootpornih ploča iverica izvršena je prema predviđenom planu pilotnog pokusa. Svih šest ploča imale su iste tehnološke parametre. Razlika između vatrootpornih iverica bila je samo količina dodanog kemijskog sredstva.

Iz tablice I vidi se da su ploče s oznakom $B_{1,2,3}$ rađene bez dodatka kemijskog vatrootpornog sredstva SiO_2 u ljepilo. Ploče s oznakom $B_{1,2,3}$ izrađene su s dodatkom SiO_2 u ljepilo prije prskanja iverja. Po dvije ploče bile su izrađene jedna odmah nakon druge: tako su zajedno izrađene ploče A_1 i B_1 , zatim A_2 i B_2 , te A_3 i B_3 . Nadalje, količina dodanog vatrootpornog kemijskog sredstva povećana je za 5%, od 10% do maksimalne količine od 20% koja se može dodati u ljepilo, a da se s njime može normalno raditi.

Tablica I

Oznaka ploča	Vrsta ljepila	Vrsta i količina kemijskih sredstava (SiO_2)	
		VS	SS
A_1	Fenofix 200 (Fenol formaldehid)		
B_1	Fenofix 200	10%	10%
A_2	Fenofix 200	0%	0%
B_2	Fenofix 200	15%	15%
A_3	Fenofix 200	0%	0%
B_3	Fenofix 200	20%	20%

Postupak izrade iverica izvršen je prema uobičajenoj proceduri za laboratorijske ploče. Priprema smjese ljepila i kemijskog sredstva izvršena je posebno, radi promatranja reakcije kod dodavanja sredstva u ljepilo. Nakon izrade, ploče su ostavljene 48 sati, radi kondicioniranja u prostoru laboratorija.

5. ISPITIVANJE LABORATORIJSKI IZRAĐENIH VATROOTPORNIH PLOČA IVERICA

Ispitivanje ploča izvršeno je prema JUS-u. Od svojstava ispitano je bubrenje u debljinu ploča, te vatrootpornost pomoću modificirane metode »ognjene cijevi«, GOST 16363 — 75. Nakon ispitivanja vatrootpornosti, ploče su izgledom pokazale da su dobre, bez pukotina, normalne glatke površine, ali je njihova boja bila različita. Ploče izrađene dodavanjem vatrozaštitnog sredstva imale su sivkastu boju, a komparativne klasične smeđercvenu boju, zbog fenolnog ljepila. Odabrano je debljinsko bubrenje kao svojstvo koje daje mjerodavnu sliku o kompaktnosti ploča i unutrašnje vezivosti. Smatra se da su ta dva svojstva vrlo dobar pokazatelj kvalitete vatrootpornih ploča i efikasnosti lijepljenja nakon dodavanja vatrozaštitnog sredstva u ljepilo. Određivanje bubrenja u debljinu i čvrstoće na raslojavanje omogućuje utvrđivanje utjecaja dodavanja kemijskog vatrozaštitnog sredstva na sposobnost lijepljenja.

5.1. Rezultati ispitivanja laboratorijski izrađenih vatrootpornih iverica

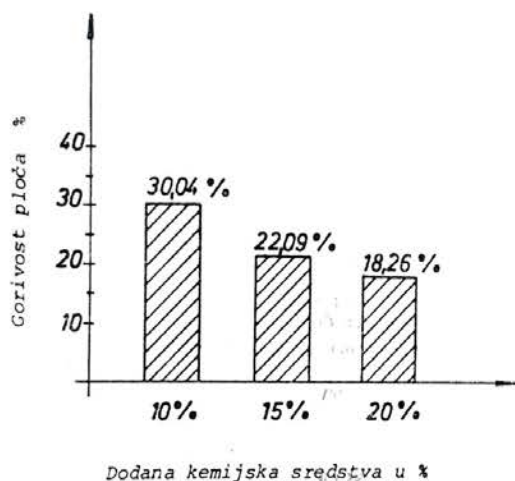
Tablica II

Oznaka ploče	Količina zaštitnog sredstva %	Bubrenje u debljinu %	Relativna čvrstoća na raslojavanje (1) %	Gorivost ploča (metoda ognjene cijevi) u % gubitka mase
A_1	0	14,68	100	38,16
B_1	5	14,52	98,0	30,04
A_2	0	4,79	100	34,67
B_2	10	4,85	70,0	22,09
A_3	0	4,61	100	35,19
B_3	20	4,68	69,0	18,26

* Povećano debljinsko bubrenje nastalo je kao posljedica poteškoća u nanosu ljepila.

(1) Vrijednosti predstavljaju čvrstoću izraženu u odnosu na početnu čvrstoću ploča bez zaštitnog sredstva.

Iz tablice II vidi se da se povećanjem postotka dodanih vatrozaštitnih sredstava smanjuje čvrstoća ploče na raslojavanje. Bubrenje u debljinu prve dvije ploče veće je od 10%, što ih po JUS-u svrstava u drugu klasu, a druge četiri ploče su prema veličini debljinskog bubrenja u ekstra klasi. Po kriteriju »ruske metode ognjene cijevi«, smatra se da su ploče stupnja gorivosti do 30% — dobre, odnosno da je takav materijal teško goriv. Stupnjem gorivosti iznad 30% označava se lako goriv materijal. U tablici II se uočava da su ploče sa zaštitnim sredstvom, ispitane u ovom eksperimentu, stupnja gorivosti na granici ili ispod 30%, što znači da spadaju u kategoriju teško gor-



Sl. 5 — Utjecaj dodavanja vatrozaštitnog kemijskog sredstva na gorivost ploča.

Fig. 5 — Fire-retardant effects of chemicals on combustibility of particle boards.

rivih materijala. Rezultati ovih ispitivanja prikazani su i na slici 5.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata ovih ispitivanja može se zaključiti da se kod izrade vatrotopornih ploča iverica može koristiti određenim vatrozaštitnim kemijskim sredstvima, koja se upotrebljavaju i kod zaštite tekstila i masivnog drva. Izbor kemijskih vatrozaštitnih sredstava je ograničen, zbog njihova utjecaja na svojstva ljepila.

U okviru ovih ispitivanja za izrađene vatrotoporne ploče iverice, uz dodatvanje SiO_2 u ljepilo, postignuta su dobra vatrozaštitna svojstva. Kod prve ploče s 10% »Silka silla«, poboljšanje iznosi 21,3% u odnosu na nezaštićenu ploču. Kod druge ploče s 15% »Silka silla« poboljšanje je 36,3%, a kod treće ploče s dodatkom od 20% SiO_2 u ljepilo, poboljšanje vatrotopornosti doseže 48,1% u odnosu na nezaštićenu ploču. Međutim, dobiveni rezultati su orijentacioni, a daljim istraživanjima treba potvrditi ove vrijednosti.

Pokus se pokazao vrlo uspješnim, što je dobar put za izradu opširnijeg plana istraživanja. U njemu bi se kombiniralo nekoliko kemijskih vatrozaštitnih sredstava i više vrsta ljepila. Rezultati takvih ispitivanja omogućili bi proizvodnju vatrotopornih ploča iverica u klasičnoj proizvodnji, bez većih investicija.

LITERATURA

- [1] ARSENAULT, D.: Fire-retardant particleboard from treated flakes. Forest Products Journal (1964) vol. 4, No 1.
- [2] DEPPE, H. J.: Untersuchungen zur Verbesserung die Feuerwiderstandsdauer von Holzspanplatten. Bundesanstalt für Materialprüfung, BAM, Berlin.
- [3] DEPPEN, N. J., LUX, B. V.: The use of inorganic compounds in the production of particleboard materials of low flammability. Holz-Zentralblatt, (1967), 93 (107) : 1671.
- [4] EDLUND, M. L., JOHANSSON, S.: Fire-retardant treatment of particleboards. Eldskydsbehandling, avspanskvor. Meddelande Svenska Traforskning institut, A 1977, No — 455.

Recenzent: mr S. Petrović, dipl. ing.