

Proizvodnja i primjena iverica vezanih cementom

Sažetak

U članku je prikazan razvoj tehnologije pločastih materijala na bazi drva i cementa. Posebno su analizirane međusobne ovisnosti drva i cementa, te njihov utjecaj na konačnu kvalitetu gotovih ploča. U nastavku je opisan tehnološki proces po fazama proizvodnje, i navedeni su približni normativi za proizvodnju 1 m³ gotovih ploča. S obzirom da se radi o materijalu koji je namijenjen građevinarstvu, navedena su iscrpno sva bitna fizička i elastomehanička svojstva (tablica 2), koja su interesantna za projektante i konstruktore.

Na kraju je navedeno prilično široko područje primjene ovih ploča u građevinarstvu, vodeći računa o sljedećim kriterijima: ponašanje u vatri, vodi i vlazi, sigurnost u pogledu napada gljiva i truleži, zvučna i toplinska izolacija, obradljivost, površinska obrada i elastomehanička svojstva.

Ključne riječi: iverica vezana cementom — portland cement — elastomehanička svojstva — teško zapaljivi materijal.

MANUFACTURE AND APPLICATION OF CEMENTBONDED PARTICLEBOARDS

Summary

The article deals with the development of technology of the panel material based on wood and cement. A particular stress has been given to the interdependence of wood and cement and their influence on the final quality of finished boards.

The article further deals with the technological process by phases of production giving approximate standards for production of one cubic meter of finished boards. Since it is a material intended for building construction all principle physical and elastic-mechanical properties (Table 2) interesting for constructors and designers have been given in details. Finally, a wide range of application of these boards in building construction have been stated, bearing in mind the following criterions: — behaviour to fire, water and moisture, resistance to fungi attack and decay, sound and thermal insulation, workability, surface finishing, elastic and mechanical properties.

Key words: cementbonded particleboards — Portland Cement — elastic-mechanical properties — high fire-resistant material.

1. UVOD

Uvodno u prvom redu nužno je istaknuti da se zapravo radi o pločama na bazi iverja i cementa, pa u traženju pravog naziva treba poći od te činjenice. Ovo utoliko prije što se za tu vrstu ploča na tržištu pojavljuje nekoliko naziva, kao npr. drvocementne ploče, duripanel, famapanel, betonyp itd. Uzimajući u obzir upravo činjenicu da osnovni materijal čini iverje i cement, usvojen je naziv kao u naslovu ovog članka. Interesantno je pritom općenito malo sagledati razvoj proizvoda s mineralnim vezivom. Već početkom ovog stoljeća mineralna veziva pojavljuju se u proizvodnji tzv. kamenih podova. Nekako u isto vrijeme počinje proizvodnja lakih građevinskih ploča na bazi drvene vune i magnetita, koji se i danas na tržištu pojavljuje pod imenom »heraklit«. Na usavršavanju ove proizvodnje radilo se praktično od 1928. g. (Kollmann 1955, Morath 1966, Sandermann 1970). Kasnije se

pojavljuju ploče iz drvene vune vezane cementom (van Elten 1964, 1967; Canali 1964. g.).

Kod proizvodnje lakih građevinskih ploča tipa »heraklit«, iverje posebnog oblika impregnira se mješavinom vapna, otopine klor-kalcija ili vodenog stakla. Nanos veznog sredstva na impregniranu drvenu vunu provodi se postupkom potapanja ili prskanja. Mješavina cementa i drvene vune zatim se u natresnoj stanici formira u tepih, a potom preša u hidrauličnoj preši na konačnu debljinu (Kollmann 1955). Svojstva ploča normirana su u DIN-u 1101 i 1102. Ploče se još uvijek u znatnoj mjeri upotrebljavaju kao izolacijski materijal, jer posjeduju vrlo dobra termoizolacijska i akustička svojstva. Treba, međutim, istaknuti da ploče za ove namjene dolaze danas na tržište uglavnom u kombinaciji s pjenastim materijalima na bazi sintetskih masa. Čvrstoća ovih ploča relativno je mala.

Kao sirovina za proizvodnju građevnih elemenata vezanih cementom od 1973. g. rabi se, pored drvene vune, i iverje — pretežno blanjevina (Herzig 1966). Ova je tehnologija poznata u svijetu pod

* mr. Stjepan Petrović, dipl. inž. — Institut za drvo — Zagreb

imenom »Durisol«. Proizvodi dobiveni postupkom »Durisol« veće su specifične težine od »heraklit« ploča, posjeduju dobra svojstva zvučne izolacije, otporni su na požar, a rezistentni protiv vlage i napada gljiva.

Prvi počeci proizvodnje teških drvo-cementnih građevinskih ploča datiraju iz 1962. god., kada je Elmendorf [2, 5] predložio i patentirao (US patent No. 3.164.511, No. 3.271.492) postupak za proizvodnju ovih ploča. Na osnovi te ideje grupa švicarskih tvrtki, u suradnji s nekim proizvođačima strojeva u S. R. Njemačkoj, razradila je 1973. god. projekte za kontinuiranu proizvodnju tih ploča. Prva tvornica podignuta je u Švicarskoj, a zatim u S. R. Njemačkoj, Mađarskoj i Vijetnamu. U Jugoslaviji je izrađena projektna dokumentacija i zatvorena financijska konstrukcija za dvije takve tvornice prosječnog kapaciteta od 50 m³/dan, s mogućnošću povećanja na maksimalno 75 m³/dan. Kod odabiranja budućih lokacija za proizvodnju kvalitetnih ploča ovog tipa treba voditi posebno računa o osiguranju odgovarajuće drvene sirovine po vrsti i količini.

2. OSNOVNE SIROVINE

Za proizvodnju iverica vezanih cementom dolaze u obzir slijedeće sirovine: cement, drvo ili stabljika jednogodišnjih biljaka, voda i razni kemijski dodaci. Gotova ploča, u pravilu, pored manjih količina kemijskih odataka, sadrži oko 60% cementa, 20% drva i 20% kemijski i fizikalno vezane vode. O pravilnom izboru drva i cementa ovisi u najvećoj mjeri kvaliteta gotove ploče, pa stoga njihovu izboru treba obratiti naročitu pažnju.

2.1. Drvo

Pokazalo se, naime, da sve vrste drva nisu pogodne za proizvodnju iverica vezanih cementom. Ta pogodnost određena je kemijskim i fizikalnim svojstvima drva. Neke vrste drva sadrže određene šećere i fenole koji mogu produžiti ili sasvim spriječiti otvrdnjavanje cementa. Sandermann i Kohler (1964) ustanovili su ispitivanjem 99 vrsta drva [5] da je samo 36 vrsta pogodno za proizvodnju iverica vezanih cementom. Istraživanjima Yashiro i Kawarena (1969) utvrdili su da su četinjače znatno povoljnije za ovu proizvodnju nego listače.

Prema ispitivanjima Sandermana i Brendela (1956), tanin i konindentrin produžuju proces vezanja cementa, a tvari topive u vodi, kao glukoza, fruktoza i saharoza, djeluju potpuno štetno. S obzirom da je ovih materijala u drvu najmanje u vrijeme izvan perioda vegetacije, pogodnije je [7] za proizvodnju upotrijebiti drvo posječeno zimi nego ljeti. U područjima bez naglašenog razdoblja mirovanja, npr. u tropskom području,

ne treba računati s većim oscilacijama u sadržaju šećera.

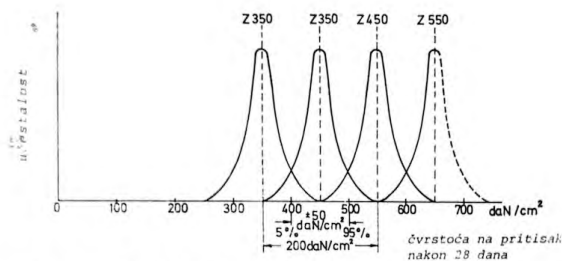
Prirodnim sušenjem drva u trajanju od 2—3 mjeseca može se sadržaj šećera u drvu smanjiti. Dozvoljena koncentracija šećera ovisna je o vrsti šećera. Za navedene vrste šećera ustanovljena je [7] ograničena koncentracija od 0,1%, računajući na apsolutno suho drvo. Kao uzrok inhibiranja cementa navodi se [5] stvaranje kožice na površini djelića cementa, koja sprečava ulazak vode, a time i hidrataciju cementa. Prema Sandermannu i dr. (1960), ovaj zaštitni sloj se sastoji od netopive kalcijeve soli koja nastaje stvaranjem saharinske kiseline iz ugljikohidrata. Lieber i Richartz (1972) pokazali su rendgenografskim ispitivanjem [5] da se sastojci šećera apsorbiraju na trikalciumsilikatnu fazu cementa i onemogućuju njihovu reakciju s vodom. Simatupang je (1973) dokazao da, porastom sadržaja hemiceluloze, pogodnost pojedinih vrsta drva za proizvodnju iverica vezanih cementom opada. S obzirom na prikazani značaj šećera u drvu za vezanje cementa, proizlazi da treba po mogućnosti eliminirati sve faktore koji utječu na količinu ovih tvari u drvu. Da bi se tome zahtjevu udovoljilo, sve tvornice koje trenutno proizvode ove ploče upotrebljavaju isključivo okorano i nekoliko mjeseci uskladišteno drvo četinjača. Drvo ne smije biti napadnuto od truleži i gljiva, jer u tom slučaju postaje više alkalično, pa njegovi topivi sastojci smetaju normalnom otvrdnjavanju cementa.

Da bi se broj pogodnih vrsta drva za proizvodnju iverica vezanih cementom proširio, provede se u brojna ispitivanja [5] s pojedinim vrstama drva i jednogodišnjih biljaka. Pokazalo se da se odgovarajućom pripremom broj raspoloživih vrsta može znatno proširiti. U takvim slučajevima potrebno je pronaći određene aditive koji sprečavaju djelovanje alkalija na komponente stijenke stanice, ili, pak, koji proces vezanja cementa ubrzavaju u toj mjeri da štetni sastojci drva ne mogu već za vrijeme prve faze otvrdnjavanja cementa difundirati iz drva u vodu. Iz toga slijedi da se u takvim slučajevima receptura veznog sredstva mora podesiti za konkretnu vrstu drva.

2.2. Cement

Portland cement, kao druga važna komponenta u proizvodnji ovih ploča, proizvodi se od mješavine sirovina koje sadrže uglavnom kalcijev karbonat, silicijev dioksid, te aluminijev i željezni oksid. Zagrijavanjem ove mješavine do sinteziranja stvaraju se novi spojevi, tzv. klinker faze, koje nakon dodataka vode stvaranjem hidratne faze otvrdnjavaju. Njemačka norma DIN 1169 razvrstava cimente s obzirom na njihovu čvrstoću na pritisak nakon 28 dana u više klasa čvrstoće. U donjem području klasa čvrstoće nalaze se

pretežno cementi s niskom toplinom hidratacije i laganim porastom čvrstoće. U gornjem području leže cementi s visokom početnom čvrstoćom. Dobivene čvrstoće slijede slučajnu raspodjelu, kao što je prikazano na sl. 1. Raspodjela u postojećoj klasi kvalitete vrši se prema najmanjim vrijednostima postignute čvrstoće na pritisak. S obzirom da su, ovisno o karakteristikama otvrdnjavanja cementa, s gotovo istom čvrstoćom na pritisak nakon 28 dana često prisutne različite početne čvrstoće, to su u tablici I srednje klase podijeljene u one s polaganim početnim otvrdnjavanjem (L) i takve s višom početnom čvrstoćom (F). Zbog visoke početne čvrstoće, koja omogućuje ranije odvajanje limova od ploče, proizvodnja iverica vezanih cementom vrši se gotovo isključivo s portland cementom klase čvrstoće PC 45 F.



Slika 1. Raspodjela učestalosti normirane čvrstoće različitih vrsta cementa (prema Wischersu 1974.).

KLASE ČVRSTOĆE CEMENTA (PREMA WISCHERSU 1974.)

Tablica I

Klasa čvrstoće	Čvrstoća na pritisak u daN/cm ² nakon			
	2 dana		7 dana	
	min.	max.	min.	max.
250	—	100	250	450
350 L	—	175	350	550
F	100	—	—	—
450 L	100	—	450	650
F	200	—	—	—
550	300	—	550	—

3. TEHNOLOŠKI PROCES

Tok tehnološkog procesa vidljiv je iz sheme na sl. 2, a sastoji se od slijedećih faza:

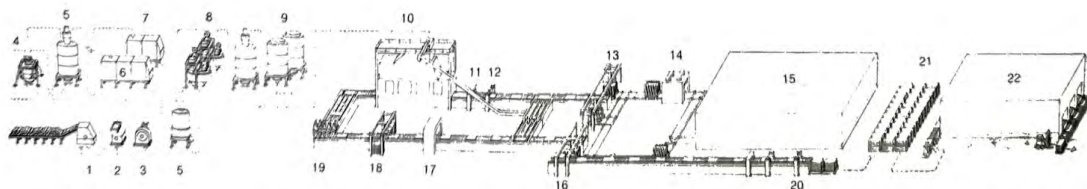
1. uskladištenje sirovina (stovarište drva, silos za cement, skladište za kemikalije)
2. proizvodnja iverja
3. mljevenje
4. uskladištenje
5. frakcioniranje u vanjski i srednji sloj
6. miješanje vanjskog i srednjeg sloja s cementom i kemikalijama
7. formiranje ploče
8. prešanje
9. otvrdjivanje
10. dozrijevanje
11. klimatiziranje
12. konfekcioniranje.

Okorano drvo uskladištuje se približno 2 mjeseca na stovarištu, ali tako da ne dolazi do napada truleži i gjiva. Svrha uskladištenja je ujednačavanje vlage i razgradnja tvari koje negativno utječu na proces vezanja cementa.

Priprema iverja obavlja se na uobičajeni način strojevima kao u proizvodnji normalnih iverica. Dobiva se tanko iverje, debljine 0,2 — 0,3 mm i dužine 10—30 mm. Mljevenje, odnosno, homogeniziranje iverja obavlja se u mlinu čekićaru. Dio iverja predviđen za vanjski sloj naknadno se usitnjava u finu frakciju. Homogenizirano iverje uskladištuje se zatim u bunker odgovarajućeg volumena koji je snabdjeven uređajem za kontinuirano i precizno doziranje.

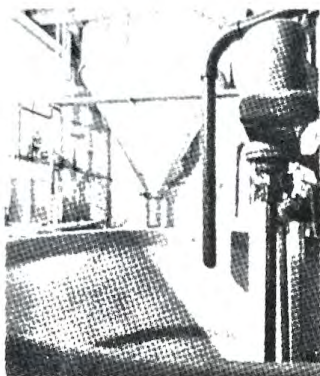
Nakon uskladištenja, iverje se prosijavanjem na situ razdvaja u frakciju za vanjski i frakciju za srednji sloj ploče. Iverje veće granulacije vraća se u mlin za pripremu finog iverja na naknadno usitnjivanje.

Proizvedeno iverje uskladištuje se u bunkere za vanjski i srednji sloj, odakle se dozira u mješalicu za pripremu mase (sl. 3). Za postrojenja kapaciteta većeg od 100 m³/dan, materijal za vanjski i srednji sloj priprema se odvojeno. Doziranje pojedinih komponenti obavlja se u odnosu na težinu apsolutno suhog drva. Vlaga iverja mje-



Slika 2. Shema postrojenja za proizvodnju iverica vezanih cementom prema sistemu Bison-Werke. 1 — U-iverjač, 2 — mlin čekićar, 3 — mlin za fino iverje, 4 — sito, 5 — bunker, 6 — bunker za normalno iverje, 7 — bunker za fino iverje, 8 — miješalica, 9 — bunker za cement, 10 — stroj za natresanje, 11 — uređaj za razdvajanje, 12 — uređaj za kontrolu površinske težine izotopima, 13 — uređaj za odlaganje, 14 — preša, 15 — kanal za otvrdnjavanje, 16 — uređaj za slaganje ploča, 17 — čišćenje limova, 18 — skladište limova, 19 — okretač limova, 20 — formatna pila, 21 — skladište za dozrijevanje, 22 — klimakanal.

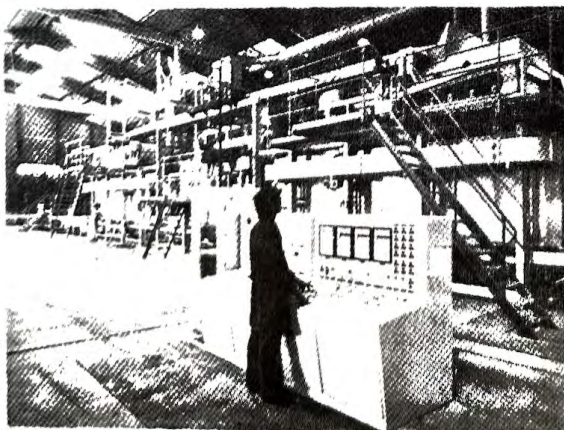
ri se kontinuirano. Uobičajeni odnos komponenta u recepturi (60% cement, 20% iverje i 20% voda kemijski i fizikalno vezana) može se mijenjati, no pritom treba računati s određenom promjenom svojstava.



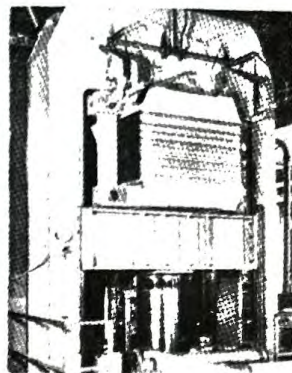
Slika 3. Uređaj za miješanje. U prednjem planu posuda za pripremu mješavine, otraga desno vaga za odvagu komponenta.

Formiranje natresnog tepiha vrši se u natresnoj stanici (sl. 4), koja radi na principu separacije u struji zraka. S obzirom da je pripremljeni materijal vrlo vlažan natresna stanica mora biti prilagođena ovim specijalnim uvjetima. Kvaliteta natresanja kontrolira se i regulira izotopima na osnovi mjerenja površinske težine. Natresanje se provodi kontinuirano na transportne limove, na kojima se još jednom kontrolira težina natresnog materijala. Ako težina ne odgovara, natresni tepih se izdvaja iz procesa i vraća u natresnu stanicu. Kvalitetno natreseni kontinuirani tepih razdvaja se sistemom faznog ubrzanja trake, a zatim čeonu obrezuje na uređaju za obrezivanje. Trake od obrezivanja vraćaju se također u natresnu stanicu.

Nakon natresanja, formira se paket natresnih tepiha u uređaju za stezanje, koji se potom u preši (sl. 5) preša na konačnu debljinu. Pritisak prešanja iznosi do 25 daN/cm². Prije otpuštanja



Slika 4. Natresna stanica tvrtke Bison-Werke.



Slika 5. Preša sa zatvorenom konstrukcijom za pritezanje.

stisnuti paket se fiksira uređajem za stezanje, i ostaje u tom položaju sve do završetka procesa vezanja cementa. S obzirom na to, kolica u kojima se vrši ukrućivanje paketa vrlo su precizna i stabilna. Ukrućivanje, odnosno oslobađanje paketa, vrši se u istoj preši. Za veće kapacitete predviđena je posebna preša za rasterećenje paketa.

Proces vezanja cementa u paketu provodi se u kontroliranim uvjetima u kanalu za otvrdnjivanje. Pod djelovanjem topline, za vrijeme od 6—8 sati cement toliko veže da se ploče mogu odvajati od limova. Limovi se sistemom povratnog transporta, nakon čišćenja i premazivanja sredstvom za razdvajanje, vraćaju do natresne stanice. Ploče se nakon razdvajanja od limova obrezuju i paletiziraju. Otpadak na obrezivanju vraća se ponovo u proces i dodaje iverju za srednji sloj u fazi miješanja.

Nakon obrezivanja, ploče se uskladištuju radi dozrijevanja, koje traje najmanje 18 dana. Tek nakon toga vremena ploče dostižu konačnu čvrstoću.

Prije otpreme vrši se klimatiziranje ploča da bi se osigurala stabilnost oblika. Klimatiziranje se vrši u protočnoj klima komori. Svaka ploča prolazi pojedinačno u stojećem položaju kroz komoru.

Nakon klimatiziranja, ovisno o namjeni ploča ili želji kupaca, vrši se završna obrada ploča. U tu svrhu primjenjuje se ista tehnika koja je već uobičajena u proizvodnji iverica.

Postrojenja ovog tipa proizvode u Evropi tvrtke »Bison-Werke«, »Springe« — S. R. Njemačka i »Fama« — Austrija. Ploče se proizvode obično u formatu dužine 3,20 m i širine 1,25 m, ili se format podešava prema namjeni. Za proizvodnju 1 m³ ploče potrebni su približno slijedeći normativi:

- cement: oko 770 kg
- iverje: oko 280 kg
- kemikalije: oko 50 kg
- elektroenergija: 140—290 kWh ovisno o kapacitetu
- toplinska energija: oko 400.000 kcal
- radni sati: 2—7 sati ovisno o kapacitetu.

4. SVOJSTVA PLOČA

Iverice vezane cementom ujedanjuju u sebi dobra svojstva cementa i drva. Cement im daje visoku otpornost na djelovanje vode i vatre, malo bubrenje, postojanost na smrzavanje, te visoku otpornost prema napadu gljiva i termita. Drvo, opet, pozitivno utječe na elektromehanička svojstva, manju težinu, toplinsku izolaciju, dobru obradljivost normalnim alatima, te primjenu jednostavnih tehnika spajanja čavlima, vijcima i lje-pilom.

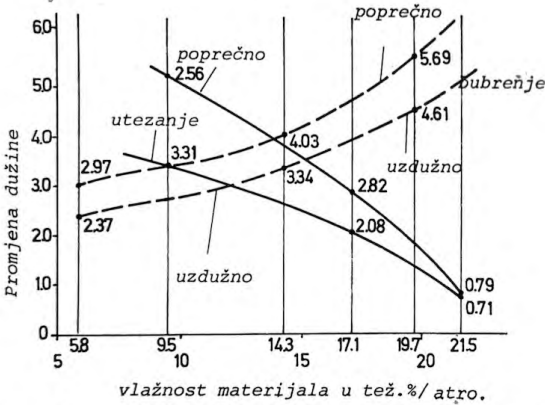
U pogledu elastomehaničkih svojstava i ponašanja kod promjene temperature i vlage, ove ploče se ponašaju izotropno. Neka mehanička i fizička svojstva jednoslojnih iverica vezanih cementom (tip Duripanel) prikazana su komparativno u odnosu na svojstva troslojnih iverica [2] u tablici II.

Međusobne ovisnosti nekih mehaničkih i fizičkih svojstava prikazane su na slikama 6, 7, 8, i 9.

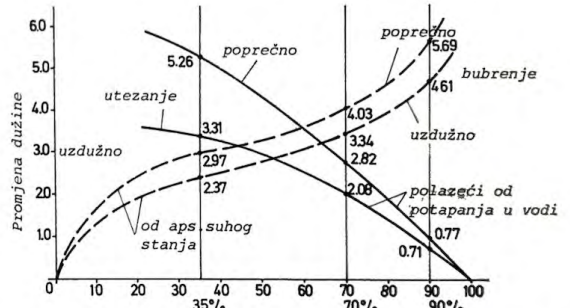
U odnosu na DIN 1052 »Holzhäuser in Tabelbauart« i postojeće propise za drvene ploče, utvrđene su slijedeće dopuštene računске vrijednosti:

- Dopušteno savijanje kod opterećenja okomito na ravninu ploče 18 daN/cm²
- Dopušteno istezanje u ravnini ploče 8 daN/cm²
- Dopušteni pritisak u ravnini ploče 25 daN/cm²
- Računska vrijednost za modul elastičnosti kod opterećenja na ravninu ploče 20.000 daN/cm²
- Cvrstoća na savijanje okomito na ravninu ploče min. 90 daN/cm²
- Modul elastičnosti kod savijanja min. 30.000 daN/cm²

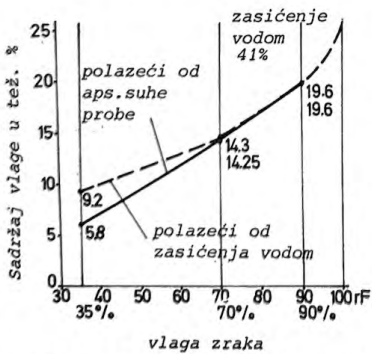
Praktična višegodišnja iskustva u primjeni ovih ploča, kao fasadnih elemenata i unutarnjih pregradnih zidova u prostorijama s vrlo visokom relativnom vlagom (npr. praonica rublja), pokazala su da se ove ploče bez dodatne obrade mogu okarakterizirati kao otporne na klimatske utjecaje. Tu konstataciju potvrđuju i rezultati ispitivanja bubrenja u debljinu i linearnog istezanja (tablica II). Pritom promjene dimenzija iverica vezanih cementom nisu ovisne o udjelu iverja, već o bubrenju i utezanju poroznog portland ce-



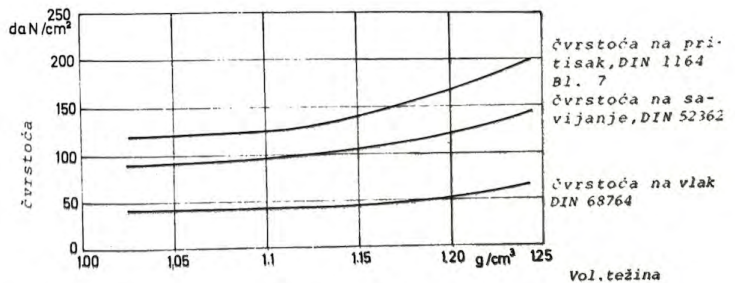
Slika 6. Bubrežje i utezanje iverica vezanih cementom u ovisnosti o vlažnosti materijala (prema EMPA Zürich — Dübendorf).



Slika 7. Bubrežje i utezanje iverica vezanih cementom u ovisnosti o relativnoj vlažnosti zraka (prema EMPA Zürich — Dübendorf).



Slika 8. Vлага ravnoteže kod iverica vezanih cementom u ovisnosti o vlazi zraka.



Slika 9. Ovisnost modula elastičnosti i čvrstoće na savijanje o debljini i volumnoj težini ploče.

menta (Bröker 1973). Osim toga, i u vrlo nepovoljnim klimatskim uvjetima ove ploče, iako nezaštićene, nisu pokazale tragove napada gljiva.

Od naročito je značaja za građevinske materijale njihovo ponašanje u uvjetima požara. S obzirom na to, građevinske materijale dijelimo na negorive (A_1 i A_2) i gorive materijale (B). Pritom B_1 znači teško zapaljive materijale, B_2 — normalno zapaljive i B_3 lakozapaljive materijale. Na osnovi ispitivanja provedenih u Institutu za teh-

niku građenja u Berlinu, iverice vezane cementom razvrstane su u klasu B_1 . Dosadašnjim pokusima s normalnom recepturom nije se uspjelo ove ploče razvrstati u klasu A_2 prema DIN-u 4102 dio I. Ispitivanjem građevnih elemenata proizvedenih od iverica vezanih cementom pokazalo se da oni udovoljavaju zahtjevima, prema DIN-u 4102 dio 2, u pogledu otpornosti na vatru. Na slici 10. prikazana je u odnosu na druge materijale relativno jednostavna i jeftina konstrukcija zida,

Tablica II

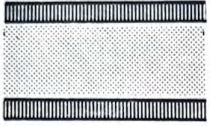
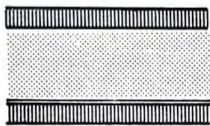
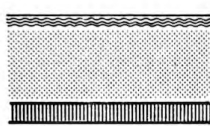
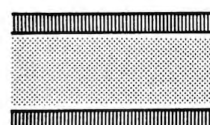
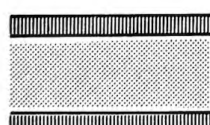
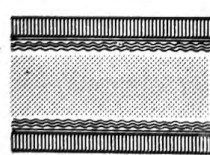
Red. broj	Svojstvo	Dimenzija	Uvjeti ispitivanja	Rezultati ispitivanja $\bar{X} \pm \sigma$	
				iverice vezane cementom	troslojne iverice tip V100 po DIN-u 68763
		3	4	5	6
1.	Debljina	mm	DIN 52361	$11,5 \pm 0,4$	$13 \pm 0,3$
2.	Vol. masa	kg/m ³	"	$1100 \pm 26,3$	750 ± 25
3.	Modul elast. kod savijanja	daN/cm ²	uzdužno poprečno cijele ploče	50.000 20.000 35.000	32.000
4.	Čvrstoća na savijanje	daN/cm ²	uzdužno poprečno	150 ± 10 100 ± 8	220 ± 12 —
5.	Čvrstoća na istezanje	daN/cm ²	uzdužno poprečno	49 ± 4 46 ± 3	— —
6.	Čvrstoća na pritisak	daN/cm ²	uzdužno poprečno	130 ± 9 121 ± 8	— —
7.	Čvrstoća na raslojavanje vanjskog sloja	daN/cm ²	Fahrni metoda	6 ± 1	10 ± 1
8.	Čvrstoća na raslojavanje	daN/cm ²	DIN 52365	5 ± 1	4 ± 1
9.	Bubrenje u debljinu	%	DIN 52364 nakon 2 h " 24 h " 4 d	1,5 2,7 2,9	5 ± 1 11 ± 1 22 ± 2
10.	Sadržaj vlage	%	kond. kod 35% r. v. kond. kod 60% r. v. kond. kod 90% r. v.	7,5 13,5 20,0	— — —
11.	Bubrenje i utezanje	%	zračno suho u vodi	0,15 0,45	$0,25-0,40$ —
	poprečno		zračno suho u vodi	0,20 0,60	— —
	okomito		zračno suho	3,10	—
12.	Upijanje vode	%		40	—
13.	Sposobnost držanja vijaka	daN/cm	okomito ¹ paralelno	98 50	118 56
14.	Sposobnost držanja čavala	daN/cm	okomito ² paralelno	40 13	70 12
15.	Provodljivost topline	kcal mh°C		0,155	0,12
16.	Otpornost prolazu topline jedan sloj (4) ploče	mh°C	9,9—30,4° C	0,31	—
	jedna ploča	kcal		0,077	0,17
17.	Stupanj otpornosti na difuziju vodene pare	"	postupak na (3) suho (dry-cup-method) postupak na mokro (wet-cup-method)	23 48	— —

(1) Okomito na ravninu ploče računano na debljinu ploče računano na ravninu ploče računano na dužinu navoja

(2) Okomito na ravninu ploče računano na debljinu ploče, paralelno u odnosu na ravninu ploče računano na presjek F ($d_{\pi}L_N-10$), L_N — dužina vijka, d — promjer vijka

(3) Veza DIN 52615 »Određivanje sposobnosti provođenja topline građevnih i izolacijskih materijala«.

Slika 10. Primjeri konstrukcija zida otpornog na vatru do F90 po DIN-u 4102.

KONSTRUKCIJA ZIDA * Izračunate odnosno procjenjene vrijednosti na osnovu kombinacija materijala, uzevši u obzir svojstvo gorenja i svojstvo zvučne izolacije R'm = srednja zvučna izolacija R'w = prosječna mjera zvučne izolacije LSM = mjera zaštite od zračne buke	Debljina zida u mm	Težina kp/m ²	Zaštita od požara, DIN 4102	Zaštita od buke, DIN52210	Zaštita od buke, DIN52210	Mjera zaštite od zrač. buke DIN 4109
				R'm	R'w	
 19 mm iverica 60 mm mineralna vuna □ 19 mm iverica	107	28	F30	44dB	47	-5
 19 mm iverica 60 mm mineralna vuna □ 1 mm čel. lim 19 mm iverica	107	43	F30	47dB	49	-2
 1 mm čelični lim 12,5 mm gipskarton 60 mm mineralna vuna □ 19 mm iverica	103	49	F30	47	50	-1
 18 mm iverica s cem. 19 mm mineralna vuna □ 16 mm iverica s cem.	107	54	F90	*	52	±0
 18 mm iverica s cem. 19 mm mineralna vuna 19 mm iverica	107	40	F60	*	50	-1
 19 mm iverica 1 mm čelični lim 12,5 mm gipskarton 60 mm mineralna vuna 12,5 mm gipskarton 1 mm čelični lim 19 mm mineralna vuna	109	67	F60	*	54	+2

kojom se može postići otpornost na vatru u trajanju od 90 min.

Iverice vezane cementom mogu se mehanički lako obrađivati alatima od tvrdog metala, čiji vi-

jek trajanja odgovara onima kao kod mehaničke obrade normalnih iverica.

U pogledu površinske obrade, na raspolaganju stoje iste mogućnosti kao kod normalnih iveri-

ca [5]. Površine se mogu furnirati, kaširati, lakirati itd., ali pritom treba voditi računa o uputama proizvođača ploča.

5. PODRUČJE PRIMJENE

Za ocjenu mogućnosti primjene nekog pločastog materijala u građevinarstvu vrijede danas slijedeći kriteriji: ponašanje u vatri, postojanost u vodi i vlazi, uključujući i test s promjenjivom klimom, sigurnost u pogledu napada gljiva i truleži, zvučna i toplinska izolacija, obradljivost, površinska obrada i elastomehanička svojstva. Što se više ovih svojstava koncentrira u jedan proizvod, to je veće njegovo područje primjene.

Iverice vezane cementom ispunjavaju prije navedene zahtjeve na pločaste građevinske materijale. Štoviše, one imaju prednost onda kada su građevinski materijali izloženi visokoj vlazi ili

biološkim, kemijskim i termičkim opterećenjima. S obzirom na prije navedena svojstva, ovaj tip ploča pogodan je kako za unutrašnje pregradne zidove tako i za vanjske. Njihovo područje primjene detaljnije je prikazano u tablici III.

6. ZAKLJUČAK

Na osnovi iznesenih podataka u prethodnim točkama, nameće se zaključak da iverice vezane cementom predstavljaju vrlo interesantan građevinski materijal. Razvoj ovog proizvoda sigurno nije dostigao svoj optimum. Kod proizvodnje ostaju još uvijek neki problemi otvoreni, kao npr. relativno dugo vrijeme otvrđivanja koje znatno utječe na ekonomičnost proizvodnje.

No proizvodnja ovog tipa ploča novijeg je datuma, pa treba očekivati da će daljim razvojem tehnike i tehnologije neki današnji problemi u skorju budućnosti biti riješeni.

PODRUČJE PRIMJENE IVERICA VEZANIH CEMENTOM

Tablica III

Primjena	Mogućnost primjene									
	Uređske zgrade	Upr. zgr. bolnica	Škole i vrtići	Stambene zgrade	Montažne zgrade	Industrijska gradnja	Restorani	Hale za skladišta i izložbe	Provizorna gradnja	Inženjerska gradnja
Jedno i dvostruko obloženi zidovi	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Fasadni elementi	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Elementi za ograde	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Oblaganje fasada izolir./neizolir.	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Hladne ili tople podloge, pokrov	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Oplata, zablata	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Okapnice, pokrov, strehe	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Unutarnja gradnja	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Jedno i dvostruko oblož. pregr. zidovi	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Podjela vlažnih prostor. na razdjeljke	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Protupožarna vrata	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Oblaganje zidova i stupova	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Oblaganje stropova	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Ovješeni stropovi	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Zvučna izolacija stropova	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Podovi	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Podno/stropni elementi	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Podovi u računskim i komandnim prostorijama	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Balkonske ograde i balkonski završeci	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Kanali za bacanje otpada	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Ventilacioni kanali	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

LITERATURA

- [1] CZIESICKI, E.: Beton mit Fasern aus Holz. Holz als Roh- und Werkstoff 33 (1975), S. 303-307.
- [2] DEPPE, H. J.: Zur Herstellung und Anwendung zementgebundener Holzspanplatten, Holz - Zbl. 49/50 (1973), S. 737-739.
- [3] KNUBLAUCH, E.: Untersuchungen zum Brandverhalten von zementgebundener Holz/Spanplatten, Holz als Roh- und Werkstoff 31 (1973), S. 377-385.
- [4] KOLLMAN, F.: Technologie des Holzes und der Werkstoffe. Bd. 2. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1955.

- [5] PAMPEL, H., SCHWARZ, H. G.: Technologie und Verfahrenstechnik zementgebundener Spanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 37 (1979), S. 195-202.
- [6] PETROVIĆ, S.: Drvne ploče u građevinarstvu. Simpozij »Drvne inženjerske konstrukcije i njihova sigurnost«, Cavtat 1977, g.
- [7] SIMATUPANG, M. H.: Zu Eignung verschiedener Holzarten für die Herstellung zementgebundener Holzwerkstoffe. Holz-Zbl. 31 (1975), S. 415.
- [8] Prospekt tvrtke Bison Werke Bähre & Greten GmbH, Springe 1974. »Bison - Duripanel«.
- [9] Prospekt tvrtke Fama Maschinenbau GmbH - Austria »Famapanel«.