

Utjecaj vlage iverja i temperature prešanja u proizvodnji troslojnih ploča iverica na vrijeme prešanja i fizičko-mehanička svojstva gotovih ploča

Bruči, Vladimir

Source / Izvornik: **Glasnik za šumske pokuse:Annales pro experimentis foresticis, 1980, 20, 149 - 230**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:236098>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-18**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



DR VLADIMIR BRUČI

UTJECAJ VLAGE IVERJA I TEMPERATURE PREŠANJA U PROIZVODNJI TROSLOJNIH PLOČA IVERICA NA VRIJEME PREŠANJA I FIZIČKO- MEHANIČKA SVOJSTVA GOTOVIH PLOČA

EFFECTS OF PARTICLE MOISTURE AND PRESSING
TEMPERATURE IN THE PRODUCTION OF THREE-LAYER
PARTICLE BOARDS ON THE PRESSING TIME AND
PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF FINISHED
BOARDS

UDK 634.0.862.2 : 634.0.812/.813.001.5

Sadržaj — Contents

1. Uvod — *Introduction*
2. Sirovine za izradu ploča iverica — *Raw materials for particle board manufacture*
 - 2.1 Drvo — *Wood*
 - 2.2 Ljepila — *Adhesives*
3. Neki osnovni tehnološki uvjeti kod izrade ploča iverica — *Some basic technological conditions in the manufacture of particle boards*
 - 3.1 Sadržaj vlage iverja u čilimu prije prešanja — *Moisture content of particles in the mat before pressing*
 - 3.2 Temperatura prešanja — *Pressing temperature*
 - 3.3 Pritisak kod prešanja — *Pressing pressure*
4. Zadatak — *Problem*
5. Metoda rada — *Working method*
 - 5.1 Prethodna ispitivanja — *Preliminary investigations*
 - 5.2 Glavna ispitivanja — *Main tests*
 - 5.21 Sirovine — *Raw materials*
 - 5.211 Fizikalno-morfološka svojstva drvnog iverja — *Physico-morphological properties of wood particles*
 - 5.22 Ljepilo — *Adhesive*
 - 5.23 Priprema iverja — *Preparation of wood particles*
 - 5.231 Nanošenje ljepila — *Application of adhesive*
 - 5.24 Formiranje čilima — *Formation of particle mat*
 - 5.25 Ispitivanje gotovih ploča — *Testing of finished boards*
 - 5.26 Mjerenje temperature — *Temperature measuring*
 - 5.27 Dijagram pritiska i specifični pritisak prešanja — *Pressure diagram and the specific pressing pressure*
 - 5.3 Snimanja u tvornici ploča iverica — *Recordings in the particle board plant*
6. Rezultati mjerenja temperature u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja — *Results of temperature measuring in the middle of the particle board during pressing*

Primljeno 16. IX. 1976. Ovaj rad dio je projekta Istraživanja svojstava drva i proizvoda iz drva kod mehaničke prerade, teme 3, zadatka 1, koji zajednički financiraju SIŽ-IV i Zajednica šumarstva, prerade drva, prometa drvnim proizvodima i papirom, Zagreb.

- 6.1 Prethodna ispitivanja — *Preliminary tests*
- 6.2 Glavna ispitivanja — *Main tests*
- 6.3 Pogonska ispitivanja — *Tests in the plant*
- 7. Rezultati ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava ploča iverica — *Results of testing of the physical and mechanical properties of particle boards*
 - 7.1 Prethodna ispitivanja — *Preliminary tests*
 - 7.2 Glavna ispitivanja — *Main tests*
 - 7.21 Volumna težina — *Density*
 - 7.22 Vлага ploča iverica — *Moisture content of particle boards*
 - 7.221 Relativna vлага ploča iverica — *Relative moisture content of particle boards*
 - 7.222 Normalna vлага ploča iverica — *Normal moisture content of particle boards*
 - 7.23 Debljina — *Thickness of particle boards*
 - 7.24 Upijanje vode i bubrenje debljine — *Absorption of water and thickness swelling*
 - 7.25 Čvrstoća savijanja — *Bending strength*
 - 7.26 Čvrstoća raslojavanja — *Delamination strength*
 - 7.27 Sposobnost držanja vijaka — *Screw-holding power*
 - 7.271 Sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploča iverica — *Screw-holding power perpendicular to the plane of particle boards*
 - 7.272 Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploča iverica — *Screw-holding power parallel to the plane of particle boards*
 - 7.28 Sposobnost držanja čavala — *Nail-holding power*
 - 7.281 Sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploča — *Nail-holding power perpendicular to the plane of boards*
 - 7.282 Sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploča — *Nail-holding power parallel to the plane of boards*
 - 7.29 Kvaliteta površine — *Surface quality of boards*
 - 7.291 Gustoća vanjskih slojeva ploča iverica — *Density of outer layers of particle boards*
 - 7.292 Gustoća unutarnjeg sloja ploča iverica — *Density of middle layer of particle boards*
 - 7.3 Pogonska snimanja — *Recordings in the plant*
- 8. Zaključci — *Conclusions*
 - Literatura — *References*
 - Summary

1. UVOD — INTRODUCTION

Historijat proizvodnje ploča na bazi drva možemo u najkraćim crtama prikazati slijedećim kronološkim redom:

Po prilici od 1910. godine proizvode se u većim količinama furnirske i stolarske ploče. Iskorištenje drva u toj proizvodnji je malo, a zahtijeva se vrlo kvalitetno drvo. Bolje iskorištenje drva, povezano istovremeno s mogućnošću korištenja manje vrijednih drvnih sortimenata, postignuto je proizvodnjom vlaknatica koje se u većim količinama industrijski proizvode od 1930. godine. Ta proizvodnja zahtijevala je utrošak velike količine energije, pa su predstavljale problem velike količine vode, potrebne za tu proizvodnju. Budući da su vlaknatice zbog jakog ugušćenja ograničene na određene debljine, nisu mogle zadovoljiti neka područja primjene koja koriste drvo i ploče na bazi drva. Proizvodnjom iverica uz vrlo veliko iskorištenje drva — u prvom redu manje vrijednih sortimenata — omogućeno je suhim postupkom dobivanje ploča na bazi drva, koje su svojim svojstvima mogle zadovoljiti široko područje primjene. Iverice se u većim količinama industrijski proizvode od godine 1950.

1967. godine slojevito se drvo (furnirske i stolarske ploče) proizvodilo u 84 zemlje, iverice u 69, a vlaknatice u 46 zemalja. Više od polovice svih kapaciteta otpadalo je na slojevito drvo, četvrtina na iverice i ca petina na vlaknatice. Sjeverna Amerika je 1967. god. imala 45% svjetskih kapaciteta za proizvodnju te je bila na prvom mjestu; dalje su slijedili: Evropa s 28%, Azija i Daleki Istok s 14%, Sovjetski Savez s otprilike 8%, Latinska Amerika s 3%, Afrika i Oceanija s 1%. U Tab. 1. nalaze se podaci o kapacitetima (u %) za proizvodnju pojedinih vrsta ploča.

Tab. 1. Kapaciteti za proizvodnju ploča u svijetu 1967. godine (u %) /2/

— Board production capacities in the world in 1967 (in %) /42/

Regija — Region	Slojevito drvo — Plywood	Iverice — Particle boards	Vlaknatice — — Fibre boards
	u % — In %		
Evropa — Europe	22	50	28
SSSR — USSR	47	31	22
Sjev. Amerika — North America	68	12	20
Lat. Amerika — Latin America	51	31	18
Afrika — Africa	46	25	29
Azija i Daleki Istok — Asia and Far East	85	6	9
Oceanija — Oceania	26	27	47
Ukupno — Total	55	24	21

Iz Tab. 1 vidimo da su u većini područja na zemlji kapaciteti za proizvodnju slojevitog drva najveći. To vrijedi i za Sovjetski Savez, dok u Evropi kapaciteti za proizvodnju iverica predstavljaju 50% kapaciteta za proizvodnju ploča. Vrlo visoki postotak kapaciteta za proizvodnju slojevitog drva u Aziji i Dalekom Istoku posljedica je u prvom redu velike proizvodnje slojevitog drva u Japanu. Jedino područje gdje su kapaciteti za proizvodnju vlaknatica najveći je Oceanija, no ukupna proizvodnja tog područja vrlo je mala (ispod 1% ukupne svjetske proizvodnje).

Prema podacima F.A.O. (44) vidljivo je da je proizvodnja ploča postigla u zadnjih 10 godina veliki porast. Od 1963. do 1972. god. svjetska proizvodnja se više nego udvostručila te je 1972. iznosila 80. mil. m³. Od toga otpada na slojevito drvo 37,9 mil. m³ (47,4%), na iverice 25,8 mil. m³ (32,2%) i 16,3 mil. m³ (20,4%) na vlaknatice. Pro-

sječni porast za čitavu industrijsku granu proizvodnje ploča bio je 6—7% godišnje. Industrija iverica, kao najmodernija grana s najvećim porastom, rasla je s 14% godišnje; ta je brzina porasta jednaka onoj koju ima industrija umjetnih masa.

2. SIROVINE ZA IZRADU PLOČA IVERICA — RAW MATERIALS FOR PARTICLE BOARD MANUFACTURE

Sirovine za iverice su drvo ili odrvenjeni dijelovi jednogodišnjih biljaka, vezna sredstva i dodaci.

Iverice su se najprije počele proizvoditi od drva četinjača, a zatim i od drva listača male volumne težine. Na osnovi istraživanja utjecaja volumne težine drva na volumnu težinu, čvrstoću, postojanost oblika i druga svojstva iverica došlo se do zaključka, da je često najekonomičnije za vanjske slojeve troslojnih iverica upotrijebiti drvo četinjača i mekih listača, a za srednje tvrdo drvo veće volumne težine. Pri izboru drva za iverice najvažnija je njegova volumna težina, jer o njoj zavisi stješnjivost iverja za vrijeme prešanja. Iverje treba dobro stisnuti za vrijeme prešanja, da bude naročito u vanjskim slojevima što manje šupljina. To je manje važno ako se iverice upotrebljavaju za srednjice. Kod nas drvo četinjača danas uglavnom i ne dolazi u obzir za iverice, jer za njega tvornice papira plaćaju cijenu koju ne podnosi proizvodnja iverica. Iverice ne mogu konkurirati tvornicama papira u nabavci drva. U nas će se iverice morati orijentirati na drvo mekih, pa i tvrdih listača.

Za iverice se upotrebljuju otpaci iz industrijske prerade drva, šumski otpaci, tanka oblovinna i drvo koje se ne koristi u druge svrhe. Od otpadaka iz industrijske prerade drva dolaze u obzir krupniji pilanski otpaci, središnji valjci koji preostaju nakon ljuštenja, otpaci furnira, otpaci iz proizvodnje namještaja te ostali. Iverice se mogu proizvoditi i od piljevine ukoliko se ne traži da imaju veliku čvrstoću, ali ta proizvodnja obično nije ekonomična jer se troši više ljepila nego za iverje dobre kvalitete. Dodavanjem veće količine ljepila smanjuje se donekle utjecaj loše sirovine na kvalitetu ploča. Udio sitnih otpadaka zavisi o vrsti i kvaliteti ploča. Za vanjske slojeve troslojnih iverica upotrebljuje se okorano, a za srednje neokorano drvo. Na kvalitetu ploča ne utječe nepovoljno do 5% kore. Pilanski otpaci četinjača (ukoliko dolaze u obzir za iverice) gube znatan dio kore za vrijeme prerađivanja na iverje. Za iverice koje se proizvode pod pritiskom u smjeru duljine ploče bolje odgovara sirovina lošije kvalitete nego za ploče koje se proizvode pod pritiskom u smjeru debljine, jer im je iverje pretežno usmjereno okomito na ravninu ploče. Te bi ploče zbog orijentacije iverja imale malu čvrstoću na savijanje kad bi se izrađivale i od kvalitetnog iverja. To su srednjice koje treba furnirati.

Iverice se mogu proizvoditi i od šumskih otpadaka od sječe i izrade, od ovršina grana, rašljastih i drugih komada koji otpadaju kod prikrajanja debala. Sabiranje šumskih otpadaka može biti i skupo.

Iverice se proizvode od pozdera lana i konoplje, odrvenjenog dijela jute i od vlakanača ekstrahirane šećerne trske — bagase. Lan je jednogodišnja biljka koja se uzgaja zbog dobivanja vlakna i sjemena iz kojeg se proizvodi ulje. Naraste oko 1 m visine. Konoplja je jednogodišnja biljka koja naraste do 3 m visine. Unutrašnjost lana i konoplje sastoji se na poprečnom presjeku uglavnom od valjkastoga odrvenjenog dijela, okruženoga korom. U parenhimskom tkivu kore nalazi se sklerenhimsko tkivo od kojega se sastoji vlakno u snopićima, povezanima s okolnim tkivom biljnim ljepilom od polioza (pentošana i heksošana). Vlakno se oslobađa biokemijskom razgradnjom biljnog ljepila. To se postiže močenjem stabljika lana i konoplje, pri čemu se razvijaju bakterije (mikroorganizmi) koje enzimatski razgrađuju biljna ljepila. Stabljike se prirodno suše nakon močenja. Vlakno se oslobađa lomljenjem suhih stabljika u stroju između izbrazdanih valjaka, povija se između brazdica valjaka i ostaje neoštećeno. U drugom stroju strese se najveći dio izlomljenoga odrvenjenog dijela koji se zove pozder. Pozder se čisti od zemlje, korijenja, prašine i sitnih čestica te prerađuje dodavanjem ljepila u iverice volumne težine 0,30, 0,45 i 0,70 p/cm³. Ako se razvrstava prema kvaliteti, mogu se od njega izrađivati i troslojne iverice. Kvaliteta iverica zavisi o kvaliteti pozdera.

Istraživanja su pokazala da su i ostale jednogodišnje biljke i njihovi otpaci upotrebljive sirovine za iverice, ali se, kako je već spomenuto, ne koriste zbog pro-

blema u vezi s prikupljanjem, transportom i uskladištenjem. Kad bi se riješili ti problemi, proširila bi se sirovinna baza za proizvodnju iverica. Slama žitarica nije dobra sirovina za iverice jer se na nju slabo rasprostire ljepilo.

Vezna sredstva su važna sirovina za iverice jer utječu na njihova svojstva i na njih otpada znatan dio ukupnih troškova proizvodnje.

Za iverice postoji veliki broj ljepila koja se mogu jednolično raspodijeliti na iverje. Od svih ljepila za iverice koja se upotrebljavaju u Evropi otpada preko 90% na ljepila od karbamidne smole. Malo se upotrebljavaju ljepila od fenolne smole, melaminske smole, mješavine melaminske i karbamidne smole, jer su skuplja od ljepila od karbamidne smole. Za iverice najbolje odgovaraju ljepila od umjetne smole koja pod djelovanjem topline prelaze u čvrsto stanje. Ona su trajnija, otpornija protiv vode, topline, gljiva i insekata nego druge vrste ljepila.

2.1. Drvo — Wood

Vrsta drva odnosno volumna težina drva važan je čimbenik kod izrade iverica. Osim vrste drva i volumne težine važni su oblik i dimenzije drvnog iverja.

Institut für Holzforschung u Braunschweigu obavio je (1946—1952.) fundamentalna ispitivanja čvrstoće i kvalitete iverica, tehničko-ekonomskih čimbenika proizvodnje iverica u odnosu na svojstva sirovine, fizikalno-morfoloških svojstava drvnog iverja, količine i vrste ljepila te volumne težine ploča. Za buduću razvoj iverica ta su istraživanja kao najvažniji rezultat istakla značenje oblika, svojstava i dimenzija drvnog iverja (29). Ta ispitivanja kojima je rukovodio Klauditz također su omogućila stvaranje kriterija određivanja prikladnosti drvnog iverja za proizvodnju iverica. Naročito su važni odnosi između debljine, duljine i širine iverja kao i time definirane specifične površine iverja i površine lijepljenja (13).

Čvrstoća ploče iverice zavisi o mnogim faktorima koji djeluju za vrijeme izrade ploča, no ipak čvrstoća uglavnom zavisi o (15):

— čvrstoći drvnog iverja i

— stupnju prijenosa te čvrstoće na čvrstoću ploče iverice.

Iako se na čvrstoću drva ne može utjecati, odnosno može vrlo malo, treba davanjem ispravnog oblika iverju postići da dođe do punog izražaja čvrstoća drva u smjeru vlakana. Opsežna istraživanja najpovoljnijeg oblika iverja u odnosu na debljinu obavljena u Institutu u Braunschweigu 1946—1952. godine, dala su i definiciju vitkosti iverja (»vitkost L/D «) te definiciju specifične površine (13), (15), (35). Primjer: Iver debljine 0,5 mm i dužine 30 mm ima vitkost L/D 60. Jednako dug iver debljine 0,1 mm ima, naprotiv, vitkost L/D 300. Treba li iver deo 0,5 mm također imati vitkost L/D 300, mora biti dug 150 mm. Da bi se u tu zakonitost uvrstila još i čvrstoća iverja, stavlja se vitkost L/D u zavisnost o volumnoj težini vrste drva od koje se izrađuje iverje. Budući da su mehaničke čvrstoće drva iskustveno proporcionalne volumnoj težini, dolazimo do izraza (35):

$$\text{vitkost } L/DW = \frac{\text{dužina ivera (mm)}}{\text{debljina ivera (mm)} \cdot W}$$

Vitkost iverja smrekovine, prema (35), u okviru spomenutih ispitivanja bila je podešena na 150, a kod bukovine s obzirom na veću volumnu težinu vitkost treba biti veća. Kod bukovine treba raditi s vitkošću 237. Vitkost 237 za bukovinu dobivena je uvrštenjem u jednadžbu za računanje vitkosti L/DW , vrijednosti za smrekovinu $r_0 = 0,43$ (p/cm^3), a za bukovinu $r_0 = 0,68$ (p/cm^3). Kako je kod smrekovine vitkost L/D postignuta s 0,2 mm debelim i 30 mm dugačkim iverjem, može se odgovarajuća vitkost L/DW kod bukovine postići s dužinom iverja 47,4 mm (uz istu debljinu) ili smanjenjem debljine na 0,127 mm (s nepromjenjenom dužinom).

Opsežna istraživanja Instituta u Braunschweigu (35) pokazala su da se maksimum čvrstoće postiže kod vitkosti L/D oko 300, no kod povećanja vitkosti od 200 na 300 ne postiže se bitno povećanje čvrstoće savijanja ispitivanih ploča. Također treba primijetiti da povećanje duljine ivera ima granicu preko koje se predugo iverje ne može mehanički natresati, da se pri tome ne lomi. Ta razmatranja pokazuju važnost davanja oblika drvnom iveru za stvaranje mogućnosti uspješnog prenošenja čvrstoće pojedinih vrsta drva na čvrstoću iverice. S obzirom na utjecaj vitkosti

iverja na čvrstoću savijanja ploča iverica u okviru spomenutih istraživanja možemo zaključiti, da se optimalna vitkost iverja, već prema vrsti drva, kreće u granicama oko 150—200. Optimalna vitkost s obzirom na druge zahtjeve, npr. zatvorenost površine i sl. trebala bi se odrediti za svaki zahtjev posebno. Da bi se postigla maksimalna čvrstoća iverice, trebalo je još, uz posve tehnička pitanja, riješiti uzajamni utjecaj površine iverja i količine ljepljivosti koje se nanosi na iverje i to usporediti, da bi se dobila maksimalna čvrstoća s minimalnim utroškom ljepljivosti. Udio ljepljivosti koji se kao tehničko-ekonomska veličina općenito daje u odnosu prema težini apsolutno suhe drvene mase može se kod proizvodnje staviti samo u odnos površini ploha koje se lijepe. Specifična površina iverja definirana je kao površina u m², koju ima 100 p apsolutno suhoga drvnog iverja (m²/100 p). Specifična površina može se odrediti prema formuli koju je dao *Klauditz* (35).

$$\text{Specifična površina iverja} = \frac{0,2}{r_0 \times d}, \text{ gdje je}$$

r_0 ... volumna težina apsolutno suhoga drvnog iverja (p/cm³)

d ... debljina iverja u mm.

Vidimo da se specifična površina iverja povećava smanjenjem debljine iverja i volumne težine drva. Specifična površina 100 p iverja smrekovine odnosi se prema specifičnoj površini 100 p iverja bukovine iste težine kao 0,68 : 0,43, odnosno kao 1,58 : 1 (15). Širina i duljina iverja ne utječe na specifičnu površinu dobivenu prema gornjoj formuli, jer prema toj formuli dobivena specifična površina predstavlja samo gornju i donju površinu iverja, dobivenoga rezanjem paralelno sa smjerom vlaknaca (15).

Budući da se količina ljepljivosti koja se koristi kod izrade iverica daje u postocima suhe tvari ljepljivosti u odnosu na apsolutno suho drveno iverje, možemo vrlo brzo izračunati nanos ljepljivosti u p/m². Vrlo često dodaje se iverju 8% ljepljivosti; to znači na 100 p apsolutno suhog iverja dodaje se 8 p ljepljivosti (suhe tvari). Kako je specifična površina iverja prema gornjoj definiciji površina u m²/100 p apsolutno suhoga drvnog iverja, možemo staviti količinu ljepljivosti u odnos prema specifičnoj površini, i dobit ćemo nanos ljepljivosti (35).

$$\text{Nanos ljepljivosti (p/m}^2\text{)} = \frac{\text{količina ljepljivosti (\%)}}{\text{spec. površina iverja (m}^2\text{/100 p)}}$$

odnosno, u našem slučaju, možemo reći:

$$\text{nanos ljepljivosti (p/m}^2\text{)} = \frac{8 \times r_0 \times d}{0,2}$$

Prema formulama za određivanje specifične površine iverja i nanosa ljepljivosti izračunate vrijednosti specifičnih površina i nanosa ljepljivosti za različite vrste drva i količinu ljepljivosti 8% nalaze se u Tab. 2 i 3.

Tab. 2. *Specifična površina iverja, izrađenoga od različitih vrsta drva /35/ — Specific surface of particles produced from various tree species /35/*

Debljina iverja — Thickness of particles mm	Vrst drva — Tree species					
	Musan- ga	Topola Poplar	Smreka Spruce	Breza Birch	Bukva Beech	Bon- gossi
	Volumna težina — Density, p/cm ³					
	0,20	0,36	0,43	0,60	0,68	1,0
1	1,0	0,55	0,47	0,33	0,29	0,20
0,5	2,0	1,1	0,94	0,66	0,59	0,40
0,25	4,0	2,2	1,88	1,32	1,18	0,80
0,1	10,0	5,5	4,7	3,3	2,9	2,0
0,05	20,0	11,0	9,4	6,6	5,9	4,0

Iz podataka u Tab. 2 vidimo da 100 p apsolutno suhoga drvnog iverja debljine 0,5 mm, izrađenoga od bukovine ima površinu 0,59 m²; naprotiv, 100 p apsolutno suhoga drvnog iverja debljine 0,5 mm, izrađenoga od smrekovine ima površinu 0,94 m².

Tab. 3. *Nanos ljepila u zavisnosti o debljini iverja i volumnoj težini drva. Količina ljepila uvijek je 8% /35/ — Application of adhesive in dependence on particle thickness and wood density. The amount of adhesive is always 8% /35/*

Debljina iverja — Thickness of particles mm	Vrst drva — Tree species					
	Musan- ga	Topola Poplar	Smreka Spruce	Breza Birch	Bukva Beech	Bon- gossi
	Volumna težina — Density, p/cm ³					
	0,20	0,36	0,43	0,60	0,68	1,0
1	8,0	14,4	1,72	24,0	27,2	40,0
0,5	4,0	7,2	8,6	12,0	13,6	20,0
0,25	2,0	3,6	4,3	6,0	6,8	10,0
0,1	0,8	1,44	1,72	2,4	2,72	4,0
0,05	0,4	0,72	0,86	1,2	1,36	2,0

Ako se pri izradi iverica dodaje 8% ljepila, iz Tab. 3 možemo vidjeti koliki će nanos ljepila biti za pojedine vrste drva i debljine iverja. Npr. ukoliko se izrađuje iverje debljine 0,5 mm od bukovine, nanos će biti 13,6 p/m², a ako se izrađuje iverje debljine 0,1 mm od smrekovine, nanos će biti samo 1,72 p/m². To naravno vrijedi ako nam uređaj za nanošenje ljepila na iverje omogućuje usitnjavanje ljepila na dovoljno sitne kapljice te ukoliko se ljepilo može ravnomjerno raspodijeliti na iverje.

Usporedimo li nanos ljepila kod izrade furnirskih ploča s nanosom ljepila kod izrade iverica, vidimo da tu postoje velike razlike. Kod izrade furnirskih ploča može se računati sa 100 p/m², kod izrade iverica 4,3—8,6 ako se iverice izrađuju od smrekova iverja debljine 0,25 mm odnosno 0,5 mm. Upravo činjenica da se pri izradi iverica radi s malim nanosom ljepila, nanošenje ljepila na iverje vrlo je važna radna operacija. Istraživanja koja su obavili *Meinecke* i *Klauditz* (30) ukazala su na značenje usitnjavanja i raspodjele ljepila za formiranje neprekinutog sloja ljepila na iverju. Da bi se postizalo dobro lijepljenje potrebno je pridržavati se jednoga određenog nanosa. Količinu ljepila treba podesiti prema srednjoj debljini iverja i vrsti drva.

Količina ljepila pri upotrebi tanjeg iverja mora biti veća nego pri upotrebi krupnijeg, jer se od vanjskih slojeva iverica koje su izrađene od tanjeg iverja traži visoka čvrstoća. Promjena vrste drva uz istu debljinu iverja zahtijeva također promjenu količine ljepila ako želimo da nanos ostane jednak.

Kod iste količine ljepila može se znatno utjecati na stvaranje neprekinutog sloja ljepila na površini iverja raspršivanjem ljepila u fine kapljice prilikom nanošenja na iverje. Promjerom kapljica od 35 μm postižu se već skoro maksimalne vrijednosti čvrstoće. U praksi se međutim rijetko postiže veličina kapljica ispod 100 μm. Vrijednosti za veličinu kapljica koje se ovdje navode odnose se na promjer δ rotacijskog elipsoida koji formira kapljica kada padne na čvrstu podlogu.

Sijanjem iverja i analizom pojedinih frakcija sijanja s obzirom na količinu ljepila može se kod finijih frakcija utvrditi daleko veća koncentracija ljepila. Prašina npr. sadrži do 4 puta veću količinu ljepila.

2.2. Ljepila — Adhesives

Već je spomenuto da se u proizvodnji iverica najčešće upotrebljavaju ljepila na bazi karbamidne smole.

Karbamid-formaldehidna ljepila (KF) pripadaju grupi ljepila koja otvrdnjavaju kemijskom reakcijom i otcjepljenjem vode. Ljepila iz ove grupe otvrdnjavaju umre-

žavanjem jednoga za kondenzaciju sposobnog osnovnog spoja. Pri tome se stvaraju čvrsti, najčešće krti konačni proizvodi. Budući da se kod reakcije kondenzacije odvaja voda, nastupaju znatna naprezanja, a naročito u debljim sljubnicama.

Primjena tih ljepila ograničuje se uglavnom na tvrde i porozne materijale, prije svega na drvo gdje kao ljepila imaju najveće značenje.

Ljepila iz grupe aminoplasta su ljepila od umjetnih masa koja se stvaraju kod reakcije između organskih aminospojeva (—C—NH_2) s formaldehidom. Aminoplasti se stvaraju u 2 stupnja (1):

— stvaranjem spoja koji je sposoban za kondenzaciju vezanjem formaldehida na amino-grupu;

— kondenzacijom spoja koji već ima vezan formaldehid.

Iz praktičnih razloga reakcija kondenzacije podijeljena je u dvije faze. Ona se kod proizvodnje ljepila vodi samo tako daleko dok ne nastanu niskopolimerizirani proizvodi koji su još topivi u vodi. Konačna kondenzacije, kod koje se stvaraju prostorno umrežene netopive makromolekule, nastupa tek u sljubnici djelovanjem katalizatora (otvrdnjivača), najčešće pri povišenoj temperaturi. Od različitih aminospojeva koji mogu vezati formaldehid tehnički se u većim količinama upotrebljuje samo karbamid i melamin.

Uobičajeni način proizvodnje karbamid-formaldehidnih ljepila može se, približno, ovako opisati:

a) otapanje krutog karbamida u ca 40%-tnoj otopini formaldehida (pri pH 7 i sobnoj temperaturi; približni molarni odnosi — karbamid:formaldehid = 1:2);

b) odstranjivanje metanola destilacijom;

c) kondenzacija (u kiselom području) pri pH 4,5 i 85–90°C;

d) prekid kondenzacije neutralizacijom (pH 7–8) i povećanje koncentracije tekućeg ljepila na 67% destilacijom u vakuumu ili, kod čvrstog ljepila, proizvodnja ljepila u prahu.

Uz navedene pretpostavke (koncentracije otopine formaldehida 40%, molarni odnos 1:2) stvara se 50%-tna otopina umjetne smole, koje je viskozitet zbog nisko polimerne prirode umjetne smole prilično nizak i za potrebe lijepljenja nedostatan. Otopina se zato polaganim isparivanjem u vakuumu koncentrira i zatim ohladi. Vrijeme uskladištenja 67%-tnog KF ljepila iznosi pri normalnoj temperaturi (18°C) oko 3 mjeseca. S obzirom na polaganu, no neizbježno ugušćivanje otopine karbamid-formaldehidne smole, svrsishodno je da se viskozitet koncentriranog ljepila ne drži previsoko. Korektura viskoziteta može se lako provesti dodatkom manje količine sredstva za ugušćivanje.

Raspršivanjem u toplom zraku može se otopina prevesti u suhi prah. Vrijeme uskladištenja praha iznosi kod normalnog uskladištenja oko 1 godinu.

Prethodni kondenzat neutralnog KF ljepila otvrdnjuje kod dovoljnog sniženja pH vrijednosti. Slobodne metilolne i amino-grupe nisko polimeriziranih molekula ljepila reagiraju tada međusobno jako i stvaraju prostorno umrežene makromolekule, kojih točna struktura do sada nije poznata.

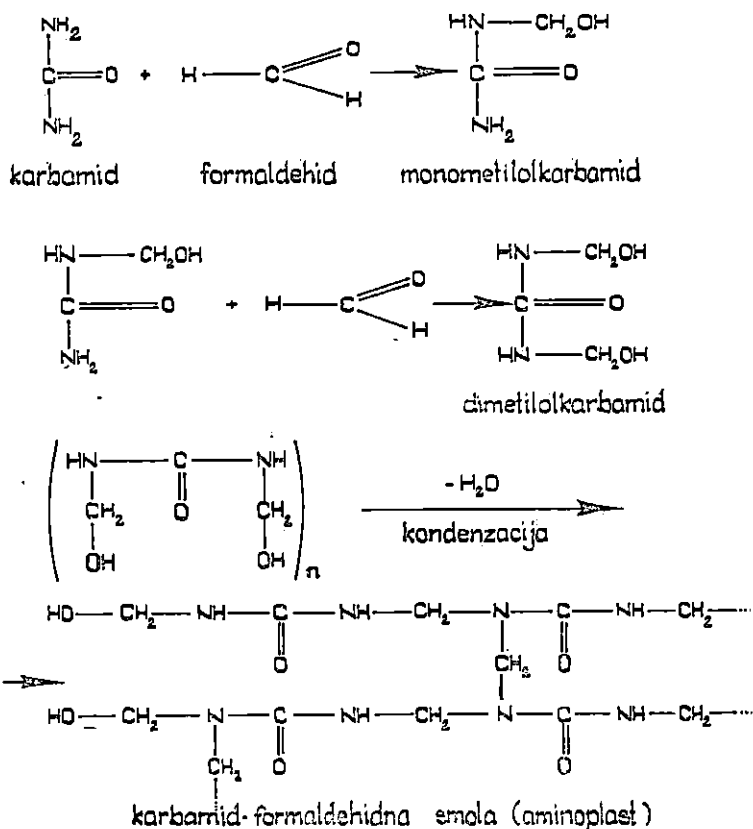
Direktno dodavanje kiselina KF ljepilu vrlo je nepogodno jer zakiseljeno ljepilo prebrzo otvrdne. Ta poteškoća može se zaobići ako se umjesto slobodne kiseline upotrijebe amonijeve soli jakih kiselina, npr. (najjeftiniji je) amonijev klorid.

Dodatak 1% amonijevog klorida (računato na 67%-tnu otopinu ljepila) snižuje pH vrijednost ljepila u sljubnici (pri temperaturi prešanja od 100°C) najčešće na vrijednost 2–1 i izaziva zbog toga, unutar 1–2 minute, jako otvrdnjivanje. Pri sobnoj temperaturi naprotiv amonijev klorid ponaša se kao slaba kiselina koja treba dugo vremena da dovede ljepilo do otvrdnjivanja, a njezino kiselo djelovanje može još više umanjiti dodavanje nekih pufera.

Neutralne otopine KF ljepila molarnog odnosa 2:1 sadrže obično 1–2% slobodnog formaldehida. U tijeku reakcije otvrdnjivanja oslobađa se više formaldehida, pa zato pH vrijednost ljepila, izmiješanoga s otvrdnjivačem stalno opada. Kod pH vrijednosti > 4 može se računati s radnim vremenom od oko 8 sati, a taj je vremenski razmak potpuno dovoljan za većinu praktičnih primjera. Ako se, naprotiv, pH vrijednost bitno spusti ispod 4, ljepilo otvrdnjuje vrlo brzo. Dodatak karba-

mida ili male količine amonijaka prolazno smanjuje koncentraciju slobodnog formaldehida zbog stvaranja metilolkarbamida odnosno hexametilentetraamina. S njima ipak treba štedljivo rukovati da se vrijeme prešanja ne bi nepotrebno produljilo.

Mehanizam reakcije kondenzacije karbamida i formaldehida u stvaranju prostorno umreženih aminoplasta (4):



3. NEKI OSNOVNI TEHNOLOŠKI UVJETI KOD IZRADE PLOČA IVERICA — SOME BASIC TECHNOLOGICAL CONDITIONS IN THE MANUFACTURE OF PARTICLE BOARDS

3.1. Sadržaj vlage iverja u čilimu prije prešanja — Moisture content of particles in the mat before pressing

Već od *Fahrnija* (1942. g.), prema (18), potječe saznanje da je voda koja se prije prešanja koncentrira u vanjskim slojevima čilima najjeftinije sredstvo za povećanje čvrstoće i kvalitete površine kao i za skraćanje vremena prešanja. Kasnije se *Klau-ditz*, prema (18), bavio pitanjem nejednolične raspodjele vlage u čilimu te predložio da sadržaj vlage srednjeg sloja čilima bude 9—11%, a sadržaj vlage vanjskih slojeva 12—13%. Pri tom je bilo preporučeno da se limovi, na kojima se formira čilim, prethodno navlaže, a poslije formiranja čilima da se navlaži i gornja površina čilima prskanjem finih kapljica vode (80—120 p/m²). Na taj način nejednoliko raspoređenom vlagom u pojedinim slojevima čilima postignuto je bitno skraćanje vre-

mena prešanja. *Klauditz* je, prema (18), kasnije uveo pojam »udar pare«. Udar pare postiže se isparivanjem određene količine vode koja se dodaje prskanjem finih kapljica na čilim. Cilj toga postupka (udara pare) jest brže zagrijavanje čilima i time skraćivanje potrebnog vremena prešanja. Prema nekim autorima (npr. *Brachmann-Nagel* (18) primjenom postupka udara pare čvrstoća se iverica ne povećava niti smanjuje. Prema drugim autorima (npr. *Fahrni* (18) primjenom udara pare, uz skraćivanje vremena prešanja i kvalitetniju površinu, poboljšavaju se i mehanička svojstva iverica.

S obzirom na protivurječnosti *Kollmann* (18) je proveo ispitivanja da bi utvrdio, kako sadržaj vlage iverja u čilimu utječe na svojstva gotovih ploča iverica.

Kollmann (18) je izrađivao troslojne ploče iverice s razlikom i bez razlike u sadržaju vlage iverja vanjskih i unutarnjih slojeva čilima. Povećanje sadržaja vlage bilo je obavljeno na dva načina:

- prskanjem vode na čilim (prethodno ugušćen) neposredno prije prešanja i
- klimatiziranjem iverja prije nanošenja ljepila, odnosno dodatkom potrebne količine vode i izjednačenjem vlage.

Sve gotove ploče iverice, odnosno izrađeni uzorci za ispitivanje bili su klimatizirani (pri temperaturi $20 \pm 1^\circ\text{C}$, relativne vlage $65 \pm 5\%$) do konstantne težine i zatim su ispitana neka fizička i mehanička svojstva ploča iverica.

Ispitivanja su se odnosila na slijedeća svojstva:

- debljinu i volumnu težinu ploča, -
- čvrstoću savijanja,
- čvrstoću raslojavanja,
- kvalitetu površine.

U okviru prethodnih ispitivanja određeno je trajanje prešanja i sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja čilima ispitivanjem čvrstoće raslojavanja (čvrstoće na vlak okomito na površinu ploče).

Na osnovi tih ispitivanja odlučeno je da sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja čilima bude 17,5%. Ispitivanja čvrstoće raslojavanja u odnosu jedino na vrijeme prešanja obavljena su izradom i ispitivanjem čvrstoće raslojavanja iverica, kojih je vlaga iverja unutarnjeg i vanjskih slojeva bila 17,5%. Rezultati tih ispitivanja pokazali su da se maksimalna čvrstoća raslojavanja postiže kod vremena prešanja 12,5 minuta. S obzirom na rezultate mjerenja temperature u sredini debljine ploče iverice, koji su pokazali da se prskanjem vode na čilim skraćuje vrijeme zagrijavanja čilima za oko 2 minute, vrijeme prešanja za sve ploče, kojih je čilim neposredno prije prešanja prskan vodom, u okviru glavnih pokusa bilo je 10,5 minuta. (Vrijeme zagrijavanja je vrijeme za koje temperatura u sredini ploče iverice postigne vrijednost 100°C). Željena debljina ploča iverica bila je postignuta umetanjem odstoynih letava

Volumna težina svih proizvedenih ploča za sva ispitivanja iznosila je (srednja aritmetička vrijednost) $0,6\text{ p/cm}^3$, a varirala je između $0,59$ i $0,61\text{ p/cm}^3$. Srednja vrijednost debljine bila je $18,8\text{ mm}$, a kretala se između $18,7$ i $18,9\text{ mm}$.

Kod ploča iverica, kojih je vlaga iverja vanjskih slojeva povećavana prskanjem, čvrstoća savijanja se najprije povećavala, a zatim daljnjim povećanjem vlage iverja vanjskih slojeva — smanjivala. Maksimalna vrijednost čvrstoće savijanja postignuta je kod ploča iverica kojih je sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva povećan za 18%. Povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva za 18% povećala se čvrstoća savijanja od $170,4\text{ kp/cm}^2$ na $184,5\text{ kp/cm}^2$, odnosno za 8,3%. Kod povećanja vlage iverja vanjskih slojeva za 43% čvrstoća savijanja ploča iverica bila je jednaka čvrstoći savijanja ploča iverica kojih je sadržaj vlage iverja vanjskih i unutarnjih slojeva bio jednak (oko 17%). Daljnjim povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva prskanjem čvrstoća se savijanja smanjivala.

Kod ploča iverica kojih je vlaga vanjskih slojeva povećavana kondicioniranjem sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva bio je povećan maksimalno za 35,3%. Daljnje povećanje sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva kondicioniranjem bilo je praktički teško izvodivo, a rezultati ispitivanja čvrstoće savijanja nepouzdati. Vidimo da se i kod povećanja sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva kondicioniranjem za 18% postiže maksimalna vrijednost čvrstoće savijanja. Čvrstoća savijanja skoro se ne mijenja u području povećanja vlage iverja vanjskih slojeva kondicioniranjem za

5–22%. Povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva za oko 18% povećala se čvrstoća savijanja od 170,4 kp/cm² na 188,4 kp/cm², odnosno za ca 10,6%.

Povećanje sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima (i prskanjem, i kondicioniranjem) utječe na čvrstoću savijanja ploča iverica. Povećanjem sadržaja vlage iverja kondicioniranjem u području sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva, koje je najinteresantnije za izradu iverica, takav način povećanja vlage iverja vanjskih slojeva daje veću čvrstoću savijanja i veću sigurnost u kvalitetu iverica budući da se čvrstoća savijanja skoro ne mijenja, ako se sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva na ovaj način poveća za 5–22%.

Kod ploča kojih je vlažnost iverja vanjskih slojeva ćilima povećavana prskanjem rezultati ispitivanja čvrstoće raslojavanja jednoznačno su potvrdili rezultate ispitivanja čvrstoće savijanja. Srednja vrijednost čvrstoće raslojavanja bila je 9,4 kp/cm², najmanja 8,0, a najveća 10,8 kp/cm².

Kod ploča iverica kojih je sadržaj vlage vanjskih slojeva ćilima povećavan kondicioniranjem srednja čvrstoća raslojavanja bila je 6,6 kp/cm², uz razmjerno jako kolebanje između 4,6–11 kp/cm².

Ispitivanje utjecaja sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima na svojstva gotovih ploča iverica koja je obavio Kollmann (18) i koju smo opisali, nesumnjivo potvrđuju veliko značenje navlaživanja iverja vanjskih slojeva ćilima kod izrade troslojnih ploča iverica.

Povećanjem sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima postignuto je brže zagrijavanje za vrijeme prešanja. Kod ploča kojih je sadržaj vlage vanjskih slojeva ćilima povećavan prskanjem zagrijavanje je skraćeno za dvije minute. Ne navode se, međutim, podaci za koliko se skraćuje zagrijavanje, ako se navlaživanje vanjskih slojeva ćilima obavlja kondicioniranjem. Volumna težina ploča iverica bila je 0,6 p/cm³, a varirala je između 0,59 i 0,61 p/cm³. Debljina iverica bila je 18,8 mm, a varirala je između 18,7 i 19,9 mm. Nije se posebno ispitivao utjecaj različitog sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima na volumnu težinu ploča (vjerojatno zato što su kolebanja volumne težine bila u vrlo uskim granicama, što je posljedica vrlo dugog vremena prešanja koje je bilo određeno na osnovi maksimalne čvrstoće raslojavanja). U glavnim pokusima nije se posebno ispitivao ni utjecaj različitog sadržaja vlage na debljinu ploče iverice.

Gustoća vanjskih slojeva ploča iverica povećavala se povećavanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima. Kod ploča kojih je sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva povećavan prskanjem povećanjem vlage vanjskim slojevima za 24,6% povećala se gustoća vanjskih slojeva za 20%. Porast gustoće bio je skoro linearan. Kod ploča kojih je sadržaj vlage vanjskih slojeva povećavan kondicioniranjem, povećanjem sadržaja vlage za 21,5%, povećala se gustoća za oko 40%. Porast gustoće bio je mnogo strmiji, skoro paraboličan.

Povećavanjem sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima povećavala se čvrstoća savijanja do određene granice. Čvrstoća savijanja ploča kojih je vlaga vanjskih slojeva ćilima povećavana prskanjem postigla je maksimalnu vrijednost kod povećanja sadržaja vlage vanjskih slojeva za 18%. Kod ploča iverica kojih je sadržaj vlage vanjskih slojeva povećavan kondicioniranjem maksimalna vrijednost čvrstoće savijanja postignuta je također kod povećanja sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima za 18%. Prednost je ako se sadržaj vode povećava kondicioniranjem. Povećanje vlage kondicioniranjem ima prednost u okviru opisanih ispitivanja, jer je u području povećanja sadržaja vlage vanjskih slojeva za 5–22% čvrstoća savijanja bila skoro jednaka maksimalnoj vrijednosti. Rezultati ispitivanja čvrstoće raslojavanja ploča kojih je sadržaj vlage vanjskih slojeva bio povećavan prskanjem potvrdili su rezultate ispitivanja čvrstoće savijanja. Kod ispitivanja čvrstoće raslojavanja ploča iverica kojih je sadržaj vlage vanjskih slojeva bio povećavan kondicioniranjem teško je bilo točno utvrditi utjecaj vlage vanjskih slojeva ćilima zbog jakog kolebanja vrijednosti čvrstoće raslojavanja kao i zbog nastajanja loma u vanjskim slojevima neposredno ispod površine iverice. Kvaliteta površine ocijenjena je vizuelno i mjerenjem hrapavosti površine. Kod tih ispitivanja pokazalo se, da je hrapavost površine najveća kod ploča kod kojih je jednak sadržaj vlage unutarnjega i vanjskih slojeva ćilima.

3.2 Temperatura prešanja — Pressing temperature

Pod temperaturom prešanja podrazumijeva se temperatura vanjskih izvora topline, tj. temperatura ploča vruće hidraulične preše (1). Osnovni razlog da se u proizvodnji iverica obavlja lijepljenje na vruće jest u tome, što karbamid-formaldehidno ljepilo kod više temperature brže otvrdnjuje. Vezanje (otvrdnjivanje) karbamid-formaldehidnog ljepila regulira se dodavanjem otvrdnjivača (katalizatora) koji ubrzava reakciju kondenzacije smanjenjem pH vrijednosti i povišenjem temperature u sljubnici, što također djeluje na ubrzanje reakcije kondenzacije, a u kasnijoj fazi na sušenje čilima, odnosno ploče iverice. Budući da se određena temperatura, koja je potrebna da ljepilo brzo veže, najkasnije postiže u sredini ploče iverice (ukoliko se zagrijavanje čilima obavlja kontaktno preko zagrijanih ploča hidraulične preše), postaje pitanje temperature u sredini debljine iverice za vrijeme prešanja vrlo važno za pravilno upravljanje prešanjem. Također je važno poznavanje faktora koji utječu na tijek temperature u sredini debljine iverice za vrijeme prešanja.

O temperaturi u ivericama za vrijeme procesa prešanja postoji već čitav niz radova. Kod *Pungsa i Lamberts*a (24) nalazimo podatke o temperaturi za vrijeme prešanja u 20 i 40 mm debelim ivericama koje su izrađene u laboratoriju. Zagrijavanje čilima obavljeno je kontaktno preko vrućih ploča preše te kombinacijom visokofrekventnoga i kontaktnog zagrijavanja. Daljnje radove na tom području učinili su, prema *Graseru* (7), *Klauditz* i suradnici. *Klauditz* i suradnici bavili su se uglavnom pitanjem utjecaja vlage iverja, posebno vlage iverja vanjskih slojeva na brzinu zagrijavanja čilima. Od *Klauditza* potječe tzv. »postupak udara pare«.

Budući da su spomenuti autori radili s ivericama relativno malih dimenzija, koje su izrađivane u laboratoriju gdje je bilo moguće točno kontrolirati uvjete kod izrade ploča, odlučio je *Graser* (7) obaviti mjerenja temperature na raznim mjestima u i na ivericama, a za vrijeme prešanja u pogonskim uvjetima pri redovnoj proizvodnji. Ispitivanja su dala slijedeće rezultate, od kojih neke navodimo:

Za vrijeme prešanja iverica mogu se razlikovati pet područja tijeka temperature u sredini debljine ploča iverica (7):

- progrijavanje (bez porasta temperature),
- zagrijavanje do isparivanja (brz porast temperature),
- isparivanje (spor porast temperature),
- jako izlaženje pare (temperatura konstantna) i
- pregrijavanje ploče iverice (spor porast temperature).

U normalnoj proizvodnji prešanje se prekida u četvrtome, a ponekad i u trećem području opisanog tijeka temperature u sredini debljine ploča iverica za vrijeme prešanja.

Na osnovi rezultata mjerenja *Graser* (7) je u pogledu temperature koja se postiže u četvrtom području tijeka temperature u sredini debljine ploča iverica zavisno o pritisku pare zaključio slijedeće:

a) što je mjerna točka dalje od rubova ploča iverica, to više poraste pritisak pare u iverici i time temperatura u sredini debljine iverice. Ne može se, dakle, računati s ravnomjernom razdiobom temperature preko čitave površine iverica. Koliko su velike razlike, treba utvrditi posebnim ispitivanjem;

b) temperatura koja vlada u unutrašnjosti ploče iverice zavisi na isti način o temperaturi prešanja i gustoći iverice.

Također kod veće gustoće iverica povišenje temperature prešanja mnogo jače djeluje na temperaturu koja se postiže u četvrtom području tijeka temperature u sredini debljine ploča iverica nego kod laganih iverica.

Da bi utvrdio učinak udara pare u pogonskim uvjetima, *Graser* je obavio mjerenja temperature u sredini debljine iverice u industrijskim uvjetima kod redovne proizvodnje te zaključio, da voda koja je čvrsto vezana na iverje može ispariti samo uz veći utrošak topline, dok slobodna voda koja se prska na čilim, vrlo polako prelazi u plinovito stanje te se, shodno tome, postiže brže zagrijavanje čilima za vrijeme prešanja, ako se povećanje sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva postiže prskanjem vode na već formiran čilim.

Prilikom mjerenja temperature u sredini 22 mm debelih ploča iverica za vrijeme prešanja, kojih je sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva iznosio 24%, a sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja kod jedne iverice iznosio je 9%, a kod druge 14%,

Graser (7) je primijetio da je zagrijavanje čilima sporije, ukoliko je sadržaj vlage unutarnjeg sloja čilima bio 14%. Graser je, nadalje, zaključio da sadržaj vlage unutarnjeg sloja čilima ne smije prekoračiti 10%. Ako se ta vrijednost prekorači, djelovanje udara pare se djelomično ili potpuno gubi. Graser (7) je dao općeniti zaključak: što je manji sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja i što je viši sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva čilima, to se brže u sredini ploče iverice postiže područje isparivanja.

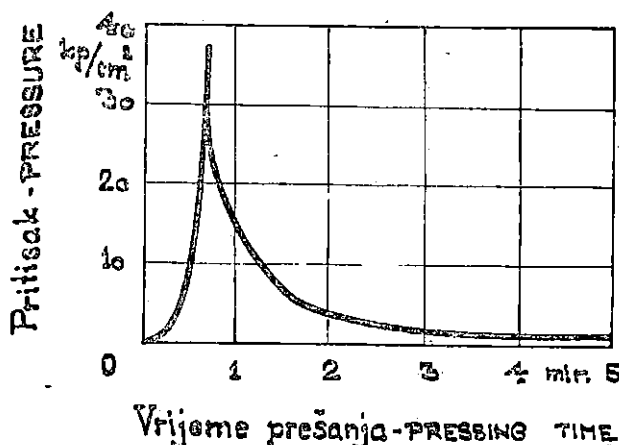
Na osnovi rezultata povremeno obavljenih mjerenja temperature u sredini debljine iverica i rezultata ispitivanja mehaničkih svojstava iverica Graser (7) je zaključio da, nakon što se u sredini debljine iverice za vrijeme prešanja postigne temperatura 100° C, iverica treba ostati u preši još toliko vremena, koliko je potrebno za otvrdnjivanje ljepila. Ukoliko se prije isteka tog vremena (vremena, potrebnog za otvrdnjivanje ljepila) u sredini ploče iverice postigne temperatura 110° C, preša se može unutar 30 sekundi polako otvarati. Kod ploča koje će se koristiti za unutarnju upotrebu može se postaviti drugi kriterij. Budući da u tom slučaju može smetati velika količina slobodnog formaldehida, Graser (7) preporuča prešanje iverice tako dugo dok se u sredini debljine ploča iverica temperatura ne počne polako spuštati. To je znak da je pritisak pare u sredini debljine iverice pao, jer je najveći dio pare izašao iz ploče; a kako je formaldehid uglavnom vezan na vodu, to ujedno znači da su glavne količine formaldehida izašle iz ploče.

3.3 Pritisak kod prešanja — Pressing pressure

Kod lijepljenja drva pritisak ima zadaću da drži zajedno drvene plohe koje se lijepe. Kod proizvodnje iverica, s obzirom na razliku u debljini čilima i gotove ploče iverice, pritiskom se kod prešanja postiže znatno ugušćenje čilima. Debljina čilima je 3—4 puta veća od debljine gotove ploče (23). U nekim pogonima čilim se pretihodno preša na hladno, da mu se smanji debljina i da se omogući sigurnije rukovanje čilimom. Pritisak kod prešanja utječe također na vrijeme zatvaranja preše, a time i na svojstva ploča. Kod kratkih vremena, odnosno pri brzom zatvaranju preše postiže se: velika gustoća vanjskih slojeva iverice, velika čvrstoća savijanja i normalna čvrstoća raslojavanja. Kod dugih vremena, odnosno pri sporom zatvaranju preše postižu se: ravnomjerna gustoća iverica u smjeru debljine, slabi vanjski slojevi iverica i otvrdnjivanje ljepila bez dovoljnog pritiska (19). Uz spomenute probleme, vezane za pritisak kod prešanja, treba još istaći da kod starijih tvornica iverica, u kojima se za vrijeme prešanja debljina iverica određuje umetanjem odstoynih letava u etaže ploča hidraulične preše, najveća dio pritiska po zatvaranju preše preuzimaju odstoynne letve te da nije poznat stvarni pritisak na ploču ivericu za vrijeme prešanja. U takvim tvornicama iverica prešanje se obavlja prema jednom unaprijed određenom dijagramu prešanja. Na dijagram pritiska bilježi se visina pritiska za vrijeme prešanja.

Kako smo prije spomenuli, stvarni pritisak koji djeluje na čilim odnosno na ivericu poznat je samo u prvoj fazi prešanja. Čim gornje ploče preše dođu na odstoynne letve, pritisak koji djeluje na ploču ivericu nije više poznat, jer se u drugoj i trećoj fazi pritisak ploča hidraulične preše raspodjeljuje na odstoynne letve i na ploču ivericu. Da bi odredio stvarni pritisak koji djeluje na ploču ivericu za vrijeme prešanja i mjeru u kojoj pojedini faktori u proizvodnji djeluju na pritisak, poduzeo je Liiri (28) posebna ispitivanja. Ispitivanja su se obavljala za vrijeme prešanja iverica u preši, koja je imala ploče 600×600 mm². Osim uobičajene opreme imala je preša uređaj za postupno, automatsko i od pritiska nezavisno određivanje razmaka između ploča preše. Pomoću tog uređaja bilo je moguće održati konstantan razmak između vrućih ploča preše.

Na Sl. 1 nacrtana je krivulja koja pokazuje stvarni pritisak na ploču ivericu za vrijeme prešanja. Vrijeme zatvaranja iznosilo je 40 sekundi. Pritisak na ploču ivericu u fazi porasta povećavao se najprije sporo, a zatim sve brže, tako da je malo prije zatvaranja preše krivulja koja pokazuje pritisak na ivericu za vrijeme prešanja poprimala skoro vertikalni položaj. Po zatvaranju preše pritisak na ploču ivericu naglo se smanjio, tako da je nakon jedne minute iznosio 1/8 maksimalne vrijednosti. Na silaznom dijelu krivulje koja pokazuje pritisak na ivericu za vrijeme prešanja primjećuju se dva koljena. Prvo koljeno nakon smanjenja pritiska za 25% maksimalne vrijednosti, a drugo na mjestu gdje je pritisak već pao na 1/5—1/8 maksimalne vrijednosti. Poslije tog koljena pad pritiska je vrlo spor, pa na kraju prešanja (5. minuta) pritisak na ploču iznosi 2—5 kp/cm².



Sl. — Fig. 1. Tipična krivulja pritiska prešanja ploča iverica dobivena ispitivanjem; debljina ploča bila je 12 mm, volumna težina 0,658 p/cm³, vrijeme zatvaranja 40 s, temperatura prešanja 160° C, sadržaj ljepila vanjskih slojeva 11%, vlaga vanjskih slojeva 18%, sadržaj ljepila unutarnjeg sloja 7%, vlaga srednjeg sloja čilima 9,2%, vrijeme prešanja 5 minuta (28) — Typical pressure curve during pressing particle boards obtained through testing; board thickness was 12 mm, density 0.658 p/cm³, closing time 40 s, pressing temperature 160° C, amount of adhesive of outer layers 11%, moisture of outer layers 18%, amount of adhesive of inner layer 7%, moisture of middle layer of mat 9.2%, pressing time 5 min (28).

U opisanom istraživanju *Liiri* (28) je uspio odrediti stvarni pritisak prešanja za vrijeme prešanja ploča iverica. Vidi se da na taj pritisak djeluje mnogo različitih čimbenika od kojih, kao najvažnije, treba spomenuti gustoću ploče iverice i vrijeme zatvaranja preše. Oba faktora djeluju na visinu potrebnoga maksimalnog pritiska kao i na konačni pritisak prešanja.

Rezultati *Liirijevih* mjerenja pokazuju, da krivulja otpora koji ploča iverica za vrijeme prešanja pruža vanjskom pritisku, ima na padajućem dijelu približno oblik eksponencijalne funkcije. Prema (40) smanjenje pritiska poslije zatvaranja preše može se predložiti eksponencijalnom funkcijom:

$$P = P_0 \cdot e^{-\lambda \tau}$$

- P_0 maksimalni pritisak
- λ faktor koji zavisi o gustoći, vrsti drva, obliku iverja, sadržaju vlage
- τ vrijeme

Da bismo mogli na osnovi jednadžbe nacrtati eksponencijalnu funkciju, moramo prvo odrediti λ , a on zavisi o mnogo faktora. Na osnovi poznavanja stvarnog pritiska kod prešanja, odnosno otpora koji ploča iverica pruža vanjskom pritisku za vrijeme prešanja, možemo odrediti potrebno vrijeme za prešanje ploča iverica. Mali otpor koji ploča iverica pruža pri kraju prešanja znači (I) da je ljepilo vezalo iverje te da smo dobili jednu čvrstu ploču i (II) da su vođena para i slobodni formaldehid najvećim dijelom izašli iz ploče iverice, pa prešu možemo početi otvarati.

4. ZADATAK — PROBLEM

Iz prikaza nekih osnovnih tehnoloških uvjeta kod izrade ploča iverica (koji smo naveli u točki 3. ovog rada) vidi se, da su vlaga iverja, tempe-

ratura prešanja i pritisak kod prešanja vrlo važni čimbenici koji utječu na potrebno vrijeme prešanja i svojstva gotovih iverica.

U točki 3.1 dan je prikaz ispitivanja koja su imala za cilj pobliže objasniti utjecaj vlage iverja na svojstva gotovih iverica. Rezultati tih ispitivanja pokazuju da se koncentracijom vlage, do nekih granica, u vanjskim slojevima ćilima poboljšavanju mehanička svojstva iverica. Daljnjim povećavanjem vlage vanjskih slojeva mehanička svojstva iverica padaju (18).

Čvrstoća savijanja iverica rasla je povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva. Povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva prskanjem za 18% postignuta je maksimalna čvrstoća savijanja; daljnjim povećavanjem sadržaja vlage čvrstoća savijanja se smanjivala. Sličan trend pokazivala je čvrstoća savijanja i u slučaju kada je povećanje vlage iverja obavljeno kondicioniranjem. Rezultati ispitivanja čvrstoće raslojavanja kod ploča, kojih je sadržaj vlage povećan prskanjem, potvrđuju rezultate ispitivanja čvrstoće savijanja. Kod ploča u kojih je vlaga iverja vanjskih slojeva povećavana kondicioniranjem, uslijed nastajanja loma vanjskih slojeva dolazi do jakog rasipanja vrijednosti za čvrstoću raslojavanja, što otežava donošenje ocjene o utjecaju vlage iverja vanjskih slojeva na čvrstoću raslojavanja. Povećanjem vlage iverja vanjskih slojeva prskanjem skraćeno je vrijeme prešanja za dvije minute (18). U navedenim ispitivanjima sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja ćilima bio je uvijek 17,5%. Vrijeme prešanja je 12,5 minuta, odnosno 10,5 minuta ako se povećavanje sadržaja vlage vanjskih slojeva obavilo prskanjem. Temperatura prešanja bila je uvijek 130° C. Maksimalni pritisak kod prešanja bio je 14,5 kp/cm², a prešanje se odvijalo prema jednom unaprijed određenom dijagramu prešanja.

Utjecaj temperature prešanja obrađen je u točki 3.2. Posebno je razmotrena zavisnost maksimalne temperature u sredini iverice o pritisku pare. Za vrijeme prešanja mogu se razlikovati 5 područja tijeka temperature u sredini debline iverice, a budući da brzina zagrijavanja utječe na trajanje prešanja i svojstva gotovih ploča, analizirani su čimbenici o kojima zavisi promjena odnosno porast temperature (7).

U točki 3.3 dan je prikaz ispitivanja, kojih bijaše cilj određivanje stvarnog pritiska kod prešanja te čimbenika koji na njega utječu (28). Na osnovi ispitivanja stvarnog pritiska kod prešanja (28) i oblika krivulje koja pokazuje smanjenje pritiska za vrijeme prešanja (4) i (40) možemo zaključiti, da nije potrebno održavati visoki pritisak nekoliko minuta jer, u smislu rezultata ispitivanja stvarnog pritiska, to znači očito rasipanje energije. Za vrijeme prešanja u prešama kod kojih se debljina iverica određuje umetanjem odstojnih letava stvarni pritisak na ivericu nije poznat, jer najveći dio pritiska preuzimaju odstojne letve, pa se u tom slučaju ne može odrediti potrebno vrijeme prešanja na osnovi pritiska.

Da bismo dobili potpuniju sliku o utjecaju temperature prešanja i vlage iverja na trajanje prešanja i svojstva gotovih ploča, odlučili smo izraditi troslojne ploče iverice s razlikom i bez razlike u sadržaju vlage između iverja vanjskih i unutarnjih slojeva ćilima te da se pri tom koristimo metodom koju je primjenio *Kollmann* (18), no sadržaj vlage ćilima i temperaturu mijenjali smo prema shemi koju smo prilagodili rezultatima novijih istraživanja.

Mjerenje temperature u sredini ploča iverica obavio je Kollmann (18) uvijek pri jednakoj temperaturi prešanja. Ona je bila 130°C , a to je, za današnje uvjete, preniska temperatura. Prema našoj shemi pokusa temperatura prešanja bila je 145°C , 160°C i 170°C . Graser (7) je mjerio temperaturu prešanja kod različite temperature prešanja i različitog sadržaja vlage iverja, no temperatura prešanja i sadržaj vlage iverja s ljeplom nisu se mogli podešavati potrebama ispitivanja, jer se radilo o pogonskim uvjetima izrade iverica. Prema našoj shemi pokusa sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja iverice prije prešanja bio je uvijek 10%, a sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva bio je povećan u odnosu na sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja za 0, 5, 10, 17 i 22%. To znači da je vlaga iverja vanjskih slojeva prije prešanja bila: 10, 15, 20, 27 i 32%. Debljina ploča iverica bila je određena debljinom odstoynih letava, a prešanje se obavljalo prema unaprijed određenom dijagramu prešanja.

Da bismo ocijenili utjecaj različitog sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva troslojnih iverica na trajanje prešanja i svojstva gotovih ploča, izrađene su probe koje su nakon klimatiziranja služile za određivanje fizičkih i mehaničkih svojstava iverice.

Uticaj temperature prešanja na svojstva iverica i trajanje prešanja dobiven je mjerenjem brzine zagrijavanja ćilima za vrijeme prešanja iverica pod uvjetima koji su predloženi u Tab. 4. Brzina zagrijavanja neposredno djeluje na brzinu otvrdnjivanja ljeplila, a time u izvjesnoj mjeri i na svojstva gotovih ploča.

5. METODA RADA — WORKING METHOD

Eksperimentalni dio ovog rada obavljao se u nekoliko faza:

— U prvoj fazi provedena su prethodna ispitivanja u svrhu provjere metode za glavna ispitivanja. Ta ispitivanja provedena su u laboratoriju Instituta za drvo, Zagreb, Ulica 8. maja. U okviru tih radova izrađene su ploče iverice, ispitana su svojstva tih ploča kao i mogućnosti promjene i kontrole sadržaja vlage iverja, trajanje nanošenja ljeplila, provjeren je dijagram pritiska i temperature prešanja. Isprešano je ukupno 26 ploča. Iz gotovih ohlađenih ploča izrađene su probe za ispitivanje mehaničkih i fizičkih svojstava. Za svaku ploču izračunate su aritmetičke sredine na osnovi vrijednosti, dobivenih za pojedine probe. Npr. čvrstoća savijanja ploče broj 11 ispitana je na 5 proba. Dobivene su čvrstoće savijanja (kp/cm^2): 194, 249, 267, 242, 250, a aritmetička sredina svih dobivenih vrijednosti iznosila je $240,4 \text{ kp}/\text{cm}^2$. Rezultati ispitivanja dani su u poglavlju 7.1.

— Nakon izvršenih promjena u načinu pripreme iverja i nanošenja ljeplila isprešano je 108 ploča iverica s različitim temperaturama prešanja i različitom vlagom iverja vanjskih slojeva. Nakon hlađenja ploča i izrade uzoraka ispitana su fizička i mehanička svojstva ploča. Rezultati ispitivanja su zatim sređeni i obrađeni metodama matematičke statistike.

— Osim laboratorijskih ispitivanja obavljena su snimanja u tvornici iverica. Budući da u pogonskim uvjetima nismo mogli mijenjati temperaturu prešanja i vlagu iverja, odlučili smo mjeriti temperaturu u sredini

ploče iverice za vrijeme prešanja (kod pogonskih uvjeta prešanja trajanje prešanja je 8 min, pritisak prešanja 15 kp/cm^2 , a temperatura prešanja iznosi 145°C) i ispitati fizička i mehanička svojstva gotovih ploča. Rezultati ispitivanja izneseni su u poglavlju 7.3. Potrebne podatke, koje sami nismo mogli kontrolirati, uzeli smo iz podataka pogonske kontrole za taj dan.

5.1 Prethodna ispitivanja — Preliminary investigations

Kao sirovina služilo je iverje, dobiveno iz tvornice iverica kombinata u Spačvi. Iverje za vanjske slojeve izrađeno je iz oblica topolovine. Sadržaj vlage iverja bio je 7%. Iverje za unutarnje slojeve bilo je sastavljeno od iverja, izrađenoga iz oblica i cjepanica johovine, oblica i cjepanica jasenovine i blanjevine četinjača u omjeru 50% : 45% : 5%. Iverje za unutarnje slojeve osušeno je na 3% sadržaja vlage, a dopremljeno je iz tvornice u plastičnim vrećama. U jednoj vreći bilo je ca 8 kg iverja. Budući da je iverje bilo osušeno, a nalazilo se u vrećama koje su ga osiguravale od promjene vlage, stajalo je u njima sve do početka pripreme iverja.

Priprema iverja izvršena je tako da je iverju određena vlaga sušionikom i vagom, a zatim je, prema potrebi, iverju za vanjske slojeve dodana odgovarajuća količina vode prskanjem po iverju za vrijeme postupnog prebacivanja iverja iz jednog plastičnog suda u drugi. Plastične posude zatim su zatvorene, i iverje se drugi dan upotrebljavalo u daljnjoj pripremi. Iverju unutarnjeg sloja nije bilo potrebno dodavati vodu, jer je s obzirom na sadržaj vlage koju je imalo i količinu vode koja se unosila nanošenjem ljepila na iverje dobiven sadržaj vlage iverja 9—11%, a to je vlaga koja je bila predviđena za iverje unutarnjeg sloja.

Kod ploča kojima je povećavanje sadržaja vlage postignuto prskanjem vode na formiran i ugušćen čilim, iverju je dodana količina vode, potrebna da iverje nakon nanošenja ljepila ima sadržaj vlage 10%; voda, potrebna da iverje postigne određeni veći sadržaj vlage, dodana je u tom slučaju prskanjem čilima.

Vlaga iverja određivala se nekoliko puta za vrijeme pripreme iverja. Neposredno prije početka pripreme određena je vlaga iverja iz svake vreće. Ako je bilo potrebno, dodana je odgovarajuća količina vode, i nakon izjednačenja vlage, tj. drugi dan, ponovno je određen sadržaj vlage. Poslije nanošenja ljepila na iverje još jednom je određen sadržaj vlage iverja.

Upotrijebljeno je ljepilo »LENDUR — I«, dobiveno od poduzeća INA — Nafta Lendava, Pogon umjetnih ljepila. Ljepilo je pripremljeno prema jednoj od receptura proizvođača:

100 tež. dijelova ljepila »LENDUR — I«

20 tež. dijelova vode

4 tež. dijela otvrdnjivača »DURIN V«.

Za vanjske i za unutarnje slojeve ploča iverica upotrijebljena je ista receptura, jer se razlika u sadržaju vlage iverja prije prešanja postigla dodavanjem vode iverju prije nanošenja ljepila i izjednačivanjem vlage ili prskanjem vodom. Količina ljepila iznosila je 8% za iverje vanjskih slojeva kao i za iverje unutarnjeg sloja.

Konstrukcija ploče iverice bila je unaprijed određena. Težine iverja vanjskih slojeva zajedno u odnosu na težinu unutarnjeg sloja odnosile su se kao 1:2. To znači: kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva i iverja unutarnjeg sloja s ljepilom 10% trebalo je odvagnuti količine iverja za formiranje čilima u odnosu 1:2. Natresanjem određene količine iverja za vanjske slojeve, a zatim iverja za unutarnje slojeve i još jednom iverja za vanjske slojeve u jedan pravokutni kalup, dobiven je čilim koji je nakon pretprešanja na hladno imao visinu ca 8 cm.

Prešanje ploča iverica izvršeno je pri temperaturama prešanja 145° , 160° i 170°C . Pritisak kod prešanja bio je 20 kp/cm^2 . Dijagram prešanja bio je jednak za sve ploče. Regulacija pritiska na preši bila je ručna. Dijagram pritiska dan je u okviru metode za glavna ispitivanja. Trajanje prešanja u okviru prethodnih ispitivanja bijaše 5, 4 i 3 minute. Na osnovi dobivenih rezultata ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava ploča iverica usvojeno je samo trajanje prešanja od 5 minuta.

Čvrstoća savijanja bila je određena na 5 epruveta. Od pojedinačnih vrijednosti čvrstoće savijanja, dobivenih ispitivanjem 5 proba izračunata je srednja aritmetička vrijednost. Debljinsko bubrenje i upijanje vode dobiveno je mjerenjem 10 proba. Volumna težina i raslojavanje određeni su na 10 istih proba na taj način, da su najprije određeni elementi za izračunavanje volumne težine, a zatim su probe lijepljene između drvenih obloga te se ispitivala čvrstoća raslojavanja. Vлага ploče određena je na 8 proba.

Temperatura u sredini debljine ploče iverice mjerena je za vrijeme prešanja ploča iverica pomoću milivoltmetra za mjerenje temperature. Instrument je upotrijebljen s termoparom Fe-konst. Mjerni (vrući) spoj stavljen je u ploču ivericu nakon što je formiran vanjski i polovica unutarnjeg sloja čilima. U tu svrhu količina iverja za unutarnji sloj podijeljena je u dva jednaka dijela. Mjerni spoj bio je smješten u sredini ploče iverice s obzirom na duljinu i širinu čilima, a zatim i drugi vanjski sloj. Za vrijeme prešanja očitavala se temperatura u °C, jer je instrument baždaren u °C, i to svakih 10 sekundi. Prvo očitavanje temperature obavljeno je u momentu kada bi čilim dotaknuo gornju ploču vruće hidraulične preše. Budući da je trajanje prešanja bilo uvijek 5 minuta, ukupno je izvršeno 31 očitavanje temperature za vrijeme prešanja jedne ploče iverice.

5.2 Glavna ispitivanja — Main tests

U okviru glavnih ispitivanja bilo je planirano isprešati po 4 ploče iverice pri određenoj temperaturi prešanja i određenom sadržaju vlage iverja. Da bi se utvrdio utjecaj temperature prešanja na trajanje prešanja i svojstva ploča, ploče su prešane pri 145°, 160° i 170° C.

Ploče, prešane pri temperaturi prešanja 145° C imaju oznaku »a«, pri temperaturi 160° C imaju oznaku »b«, a ploče prešane pri temperaturi prešanja 170° C imaju oznaku »c«.

Vrijeme prešanja iznosilo je uvijek 5 minuta, dijagram pritiska bio je uvijek jednak, specifični pritisak prešanja bio je 20 kp/cm².

Da bi se utvrdio utjecaj različitog sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva odnosno utjecaj vlažnijih vanjskih slojeva, iverje se pripremalo tako da je sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja poslije nanošenja ljepila bio ca 10%, a sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva s ljepilom 10%, 15%, 20%, 27% i 32%. Znači, postupno je povećavana vlaga iverju vanjskih slojeva. Povećavanje vlage izvršeno je na dva načina: kod ploča serija A vlaga se povećavala dodavanjem vode prskanjem iverja prije nanošenja ljepila (u stroju u kojem je kasnije na iverje nanižeto ljepilo); kod ploča serije B voda je dodana prskanjem na već formiran čilim.

Da bi se postigao sadržaj vlage iverja u određenim granicama, određen je sadržaj vlage iverja po dopremi iz tvornice. Zatim je dodana potrebna količina vode iverju, i iza toga je na njega nanižeto ljepilo. Npr. iverje za unutarnji sloj iverica imalo je sadržaj vlage 2%. Na osnovi iskustva iz prethodnih ispitivanja zaključili smo da količini iverja od 3.000 p treba dodati 30 p vode, da bi iverje poslije nanošenja ljepila imalo sadržaj vlage 9—11%. Na taj način pripremano je iverje za unutarnje slojeve ploča serije A i serije B. Iverju za izradu vanjskih slojeva ploča serije A nije trebalo dodavati vodu, kada je potrebni sadržaj vlage poslije nanošenja ljepila trebao biti 9—11%, jer se nanošenjem ljepila sadržaj vlage iverja povećao i bio je u tim granicama. U slučaju kada je potrebni sadržaj vlage za iverje vanjskih slojeva ploča serije A trebao biti veći, potrebna količina vode dodana je na iverje prije nanošenja ljepila prskanjem vode i izjednačenjem vlage. Kod ploča serije B količina vode, potrebna da se postigne odgovorajuća vlažnost vanjskih slojeva čilima dodana je prskanjem na formiran i ugušćen čilim, najprije na gornju, a nakon okretanja čilima i na donju površinu čilima.

Ploče bez razlike u sadržaju vlage iverja vanjskih i unutarnjeg sloja imaju oznaku I. Ploče izrađene od iverja kojemu je vlaga povećana prije nanošenja ljepila dodavanjem određene količine vode prskanjem i izjednačenjem vlage unutar iverja imaju oznake II (15% vlage), III (20% vlage), IV (27% vlage) i V (32% vlage). S obzirom na način povećanja vlage, ploče sa spomenutim oznakama predstavljaju jednu seriju: seriju A.

Dругу seriju, tj. seriju B predstavljaju ploče kod kojih je vlaga iverja unutarnjih i vanjskih slojeva jednaka i iznosi 10%, a kasnije je prskanjem određene

količine vode na već formiran i na hladno ugušćen čilim postignuta željena vlažnost vanjskih slojeva čilima i to: kod ploča oznake 2 15%, kod ploča oznake 3 20%, kod ploča oznake 4 27% i kod ploča oznake 5 postiže se vlaga 32%.

Sadržaj vlage iverja nakon nanošenja ljepila može odstupati $\pm 1\%$, npr. 9—11% može biti vlaga iverja nakon nanošenja ljepila, ako je planirano da srednji sadržaj vlage iverja bude 10%. U Tab. 4 dana je shema glavnih pokusa; spomenuti su brojevi ploča, isprešanih pri određenoj temperaturi prešanja i pri određenoj vlažnosti iverja vanjskih slojeva.

5.21 Sirovine — Raw materials

Kao sirovina služilo je iverje, izrađeno i osušeno u navedenoj tvornici. Iverje za izradu vanjskih slojeva ploča izrađeno je iz oblica i cjepanica lipovine i topolovine u omjeru 1:1. Sadržaj vlage iverja bio je 4%. Iverje za izradu unutarnjeg sloja ploče bilo je također iz oblica i cjepanica jasenovine i brijestovine (vez) u omjeru 1:1. Sadržaj vlage iverja za unutarnji sloj bijaše 2%. Iverje je dopremljeno u plastičnim vrećama, tako da se njegova vlaga nije mijenjala za vrijeme uskladištenja. Ovo iverje je prije nanošenja ljepila prosijano, da bi se odstranila prašina. To je urađeno jer se udio prašine povećao i za vrijeme transporta, a velika količina prašine stvarala je probleme kod prethodnih pokusa, budući da upravo taj dio veže na sebe, zbog velike specifične površine, veliku količinu ljepila. Kako smo se odlučili da radimo s relativno malom količinom ljepila i taj moment bio nam je važan.

5.211 Fizikalno-morfološka svojstva drvnog iverja — Physico-morphological properties of wood particles

Iverje za izradu ploča iverica bilo je izrađeno u tvornici u redovnoj proizvodnji. Tvornica proizvodi iverice Schnitzler-Siempelkamp postupkom. Iverice su troslojne. Budući da oblik i dimenzije iverja imaju veliku ulogu i od bitnog su značenja za proizvodnju iverica, mi smo na jednom uzorku pokušali dati osnovne karakteristike tog iverja. Mislili smo da to možemo učiniti na osnovi mjerenja na relativno malom uzorku s obzirom na homogenost drvnog iverja koja se traži a i postiže u proizvodnji ploča iverica.

Brojna su različita istraživanja površine iverja, veznog sredstva, količine ljepila koje se nanosi na iverje, čvrstoće i vitkosti drvnog iverja, pa danas o tim problemima u literaturi postoji velik broj informacija. Kratak prikaz rezultata tih ispitivanja dali smo u točki 2.1.

Radi postizanja neprekinutog sloja relativno malog nanosa ljepila (npr. za iverje iz smrekovine debljine 0,25 mm nanos iznosi 4,3 p/m², a 8,6 p/m² za iverje debljine 0,5 mm) potrebno je ljepilo usitniti na fine kapljice promjera (u granicama) 35 — 80 — 100 μ m (30). Mali nanos ljepila u proizvodnji iverica ukazuje i na važnost kemijskih i fizikalnih promjena drva uslijed djelomične razgradnje djelovanjem temperature (12). U okviru naše radnje nismo ulazili u objašnjenje promjena koje nastaju na drvu djelovanjem temperature; ograničili smo se samo na ispitivanje fizikalno-morfoloških svojstava drvnog iverja i veličine kapljica, na koje se usitnjuje ljepilo prilikom nanošenja na iverje prskanjem.

Debljina i duljina iverja mjerena je na uzorku od 100 p. Taj uzorak je sijanjem podijeljen u frakcije, a zatim je iz svake frakcije izmjereno po 400 ivera i za svaku frakciju sijanja izračunata je vitkost, specifična površina i nanos ljepila. Za cijeli uzorak izračunate su srednje vrijednosti (ponderirane težinama).

Tab. 4. Shema glavnih pokusa. Redni brojevi ploča, izrađenih u okviru glavnih ispitivanja u odnosu na različite temperature prešanja i vlagu iverja — Scheme of the main experiments. Serial numbers of boards manufactured within the main testings in relation to different pressing temperatures and particle moisture

Temperatura prešanja — Pressing temperature °C	Sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva nakon nanošenja ljepila (%) — Particle moisture content of outer layers after spreading of adhesive (%)									
	Serija A — Series A					Serija B — Series B				
	10	15	20	27	32	15	20	27	32	
	I	II	III	IV	V	2	3	4	5	
»a« 145	34 35 36 37	38 39 40 41	50 51 52 53	62 63 64 65	74 75 76 77	86 87 88 89	98 99 100 101	110 111 112 113	122 123 124 125	
»b« 160	30 31 32 33	42 43 44 45	54 55 56 57	66 67 68 69	78 79 80 81	90 91 92 93	102 103 104 105	114 115 116 117	126 127 128 129	
»c« 170	27 28 29 26	46 47 48 49	58 59 60 61	70 71 72 73	82 83 84 85	94 95 96 97	106 107 108 109	118 119 120 121	130 131 132 133	

Iz Tab. 4 vidimo da je ploča rednog broja 52 izrađena prešanjem pri temperaturi 145°C i da je iverje vanjskih slojeva imalo sadržaj vlage 20%; oznaka ploče je IIIa, a i ostale ploče te grupe (50, 51 i 53) imaju istu oznaku — From Tab. 4 it is visible that board No. 52 was manufactured by pressing at temperature of 145°C and that the particles of outer layers possessed a moisture content of 20%; the board designation is IIIa, while also other boards of this group (50, 51 and 53) bear the same designation.

Volumne težine drva za računanje specifične površine uzete su iz literature (22).

Srednja aritmetička vrijednost debljine iverja za izradu unutarnjeg sloja cijelog uzorka je 0,38 mm (ponderirana težinama), a vrijednost duljine iverja iznosi 11,99 mm (ponderirane težinama).

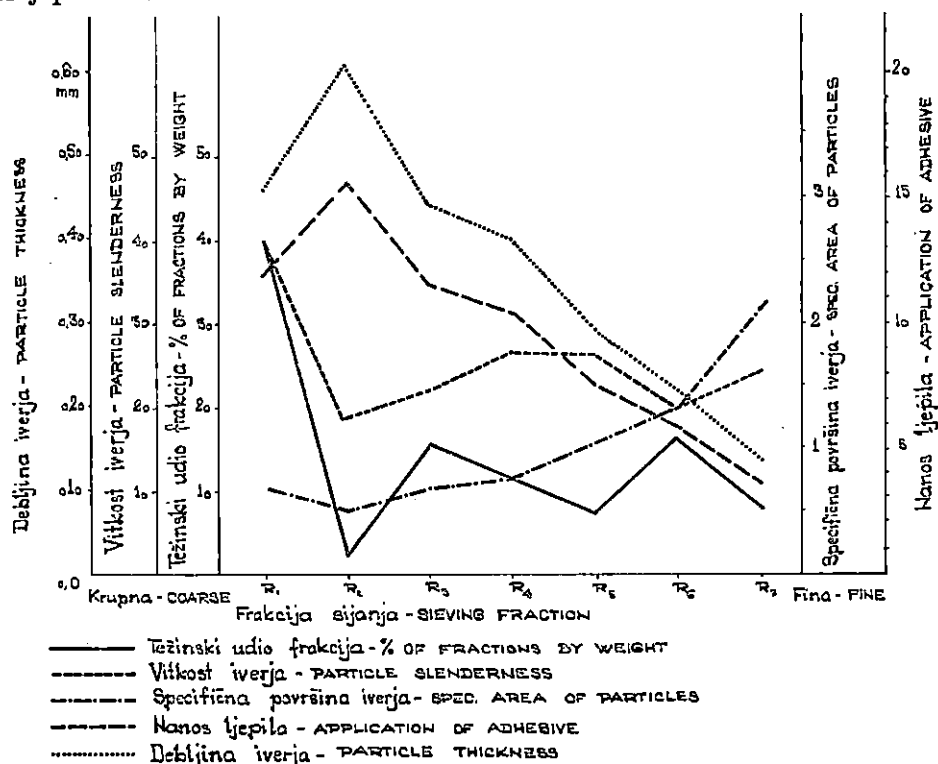
Srednja aritmetička vrijednost vitkosti cijelog uzorka je 29,899 (ponderirana težinama).

Srednja aritmetička vrijednost specifične površine cijelog uzorka je 0,935 m²/100 p, a srednja harmonijska vrijednost iznosi 0,8099 m²/100 p (ponderirana težinama).

Srednja aritmetička vrijednost nanosa ljepljiva cijelog uzorka iznosi 9,878 p/m² (ponderirana težinama).

Vidimo da je debljina iverja za unutarnje slojeve blizu 0,4 mm. Obično se i u praksi i u literaturi nalaze te vrijednosti debljine iverja za unutarnje slojeve. Duljina iverja bila je oko 12 mm, a specifična površina 0,935 m²/100 p apsolutno suhoga drvnog iverja. Vitkost je iznosila skoro 30. Specifična površina je za unutarnji sloj velika, a vitkost je malena. Takav tip iverja danas se vrlo često sreće u praksi. Činjenica da iverje ima veliku specifičnu površinu prisiljuje pogone da rade s većim količinama ljepljiva (obično 10% za unutarnje slojeve ploča).

Na sl. 2 grafički su prikazani rezultati sisanja iverja za unutarnji sloj ploča iverica.



Sl. — Fig. 2. Rezultati sisanja iverja za unutarnji sloj ploča iverica — Results of particle sieving for the inner layer of particle boards.

Mjerenjem iverja za izradu vanjskih slojeva dobiveni su slijedeći rezultati:

Srednja aritmetička vrijednost debljine cijelog uzorka je 0,1533 mm (ponderirana težinama). Srednja aritmetička vrijednost vitkosti cijelog uzorka iznosi 23,41 (ponderirana težinama).

Srednja aritmetička vrijednost specifične površine cijelog uzorka iznosi 3,237 m²/100 p, a srednja harmonijska vrijednost 2,898 m²/100 p (ponderirana težinama). Srednja aritmetička vrijednost nanosa ljepila cijelog uzorka iznosi 2,761 p/m² (ponderirana težinama).

Debljina iverja za vanjske slojeve obično je 0,20 mm. Ovdje je debljina manja, ali je i duljina iverja koje se danas izrađuje u tvornicama vrlo mala, pa zato imamo vrlo malu vitkost iverja (23,41) i vrlo veliku specifičnu površinu (3,237 m²/100 p).

Sitnije iverje danas se upotrebljava, da bi se dobila gusta zatvorena površina ploča iverica. To onda normalno ima za posljedicu veliku specifičnu površinu i potrebu veće količine ljepila. Stoga se vrlo često dodaje 12% ljepila.

Na Sl. 3 grafički su prikazani rezultati sijanja iverja za vanjske slojeve ploča iverica.

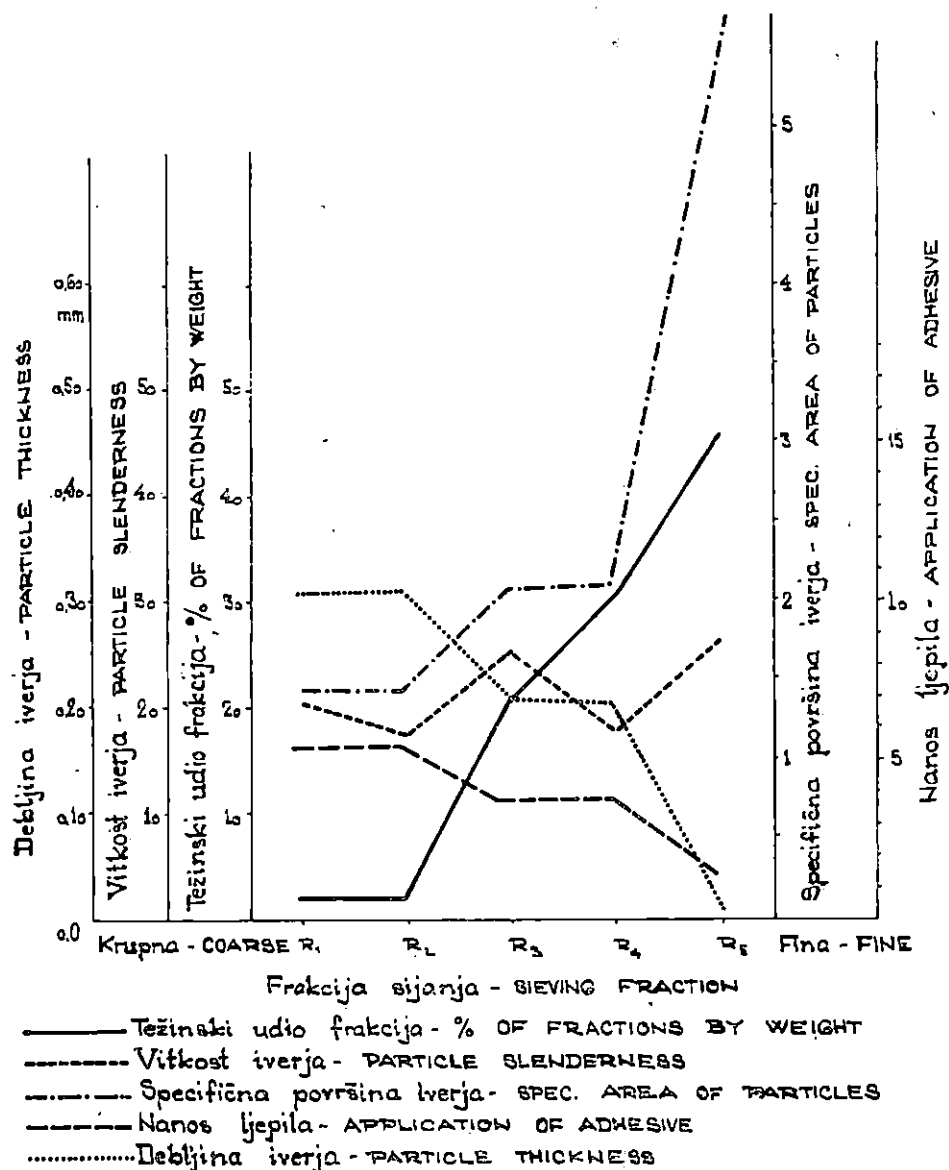
5.22 Ljepilo — Adhesive

Ljepilo za proizvodnju ploča iverica dobiveno je od poduzeća INA — Nafta Lendava, pogon umjetnih ljepila. Za izradu ploča iverica u okviru glavnih ispitivanja upotrijebljeno je također karbamid-formaldehidno ljepilo LENDUR I s otvrdnjivačem Durin V.

U certifikatu br. 4943 od 13. 12. 1972. koji smo dobili od poduzeća INA — Nafta Lendava, pogon umjetnih ljepila dani su rezultati u tvornici obavljene analize ljepila. Ovdje ih navodimo:

1. Sadržaj suhe tvari 66,6% (sušena 2 sata na 120° C u zdjelici promjera 3,5 cm) ili 68,6% po JUS-u H.K.8023 (2—5 g ljepila sušeno u Al posudi promjera 5—6 cm 5 sati na 105° C)
2. pH vrijednost po JUS-u H.K.8023 8,6
3. Izgled (odgovora JUS-u) mliječno bijela
4. Viskozitet pri punjenju (po Fordu, 4 mm na 20° C) po JUS-u H.K.8026 115 sek
5. Topivost u vodi 1 : 2,2
6. Slobodni formaldehid (u %) po JUS-u H.K.8023 ca 0,4
7. Specifična težina 1,290 kod 20° C po JUS-u H.K.8026
8. Vrijeme želiranja (odgovara JUS-u) ca 6 sati (na 20° C uz dodatak 5% otvrdnjivača Durin V)
9. Rok trajanja (odgovara JUS-u) 2 mjeseca, na 20° C.

Iz recepture za pripremu ljepila u proizvodnji jednoslojnih i troslojnih ploča iverica kao i lanić ploča vidimo, da proizvođač ljepila na 100 kp ljepila Lendur I preporučuje dodavanje 4 kp otvrdnjivača Durin V. Razlike u recepturi za pojedine vrste ploča iverica su u količini vode i količini parafinske emulzije. U okviru ove radnje odustali smo od dodavanja parafinske emulzije. Razlog je bio u uvjerenju, da se nanošenjem ljepila na iverje ono ujedno i impregnira kao i činjenica da se i kod tvornica koje rade s parafinskom emulzijom pojavljuje debljinsko bubrenje, veće od dozvoljenoga. Jasno da je to samo jedan od načina na koji se može utjecati na veličinu debljinskog bubrenja. U tvornici, u kojoj smo kasnije obavljali ispitivanja, dobivene su zadovoljavajuće vrijednosti za debljinska bubrenja, iako se u toj



Sl. — Fig. 3. Rezultati sijanja iverja za izradu vanjskih slojeva ploča iverica — Results of sieving particles for the manufacture of the outer layers of particle boards.

tvornici ne upotrebljava parafinska emulzija. Na osnovi gornjih razmišljanja odlučili smo se za recepturu pripreme, koja se primjenjivala i u prethodnim ispitivanjima. Ispitivanje mehaničkih svojstava tog ljepila izvršio je istovremeno Institut za drvo, Zagreb na zahtjev proizvođača. Mi smo u okviru naše radnje mjerili veličine kapljica, da provjerimo da li ćemo s tako pripremljenim ljepilom i opremom, koja nam je stajala na raspolaganju, moći dobiti dovoljno fino usitnjavanje ljepila.

Veličina kapljica ljepila određena je mjerenjem velike poluosi rotacijskog elipsoida. Mjerenjem pomoću mikroskopa i izračunavanjem prave veličine velike polu-

osi rotacijskog elipsoida dobili smo da je njegova poluos $R = 20,13 \mu\text{m}$, maksimalna vrijednost iznosila je $40 \mu\text{m}$, a minimalna $10 \mu\text{m}$.

Mjerenjem male poluosi (a) i velike poluosi (R) na profilu kapljica dobiven je odnos $a : R = 0,3$. Promjer kapljica ljepljiva možemo izračunati po formuli (30):

$$D = 2R \sqrt[3]{c/2}, \text{ gdje je}$$

- D promjer kapljice ljepljiva,
 - R velika poluos rotacijskog elipsoida koji se formira na staklu prilikom prskanja ljepljiva,
 - c omjer male i velike poluosi ($a : R$) za koji se može uzeti $0,3$ (30).
- Ako u gornju formulu uvrstimo $c = 0,3$, dobijemo:

$$D = 1,063 R$$

Za vrijednosti velikih poluosi, koje su dobivene mjerenjem, proizlazi da je srednja aritmetička vrijednost promjera kapljica $21,40 \mu\text{m}$, minimalna $10,63$, a maksimalna $42,52 \mu\text{m}$.

Budući da se prema (4) i (30) vrijednosti koje se navode za veličinu kapljica odnose na promjer δ rotacijskog elipsoida koji formira kapljica kada padne na čvrstu podlogu, iz naših mjerenja proizlazi da je srednji promjer kapljica bio $40,26 \mu\text{m}$.

Za vrijeme nanošenja ljepljiva na iverje kao i za vrijeme prskanja ljepljiva na staklo pritisak komprimiranog zraka bio je 4 atp , a na pištolju za prskanje ljepljiva uvijek je održavan jednak položaj igle koja regulira dovod ljepljiva.

5.23 Priprema iverja — Preparation of wood particles

Priprema iverja trebala je osigurati:

— dodatak ljepljiva suhe tvari 8% ; to znači 8 p ljepljiva suhe tvari na 100 p apsolutno suhoga drvnog iverja,

— da sadržaj vlage iverja poslije nanošenja ljepljiva bude 10% , 15% , 20% , 27% i 32% ($\pm 1\%$).

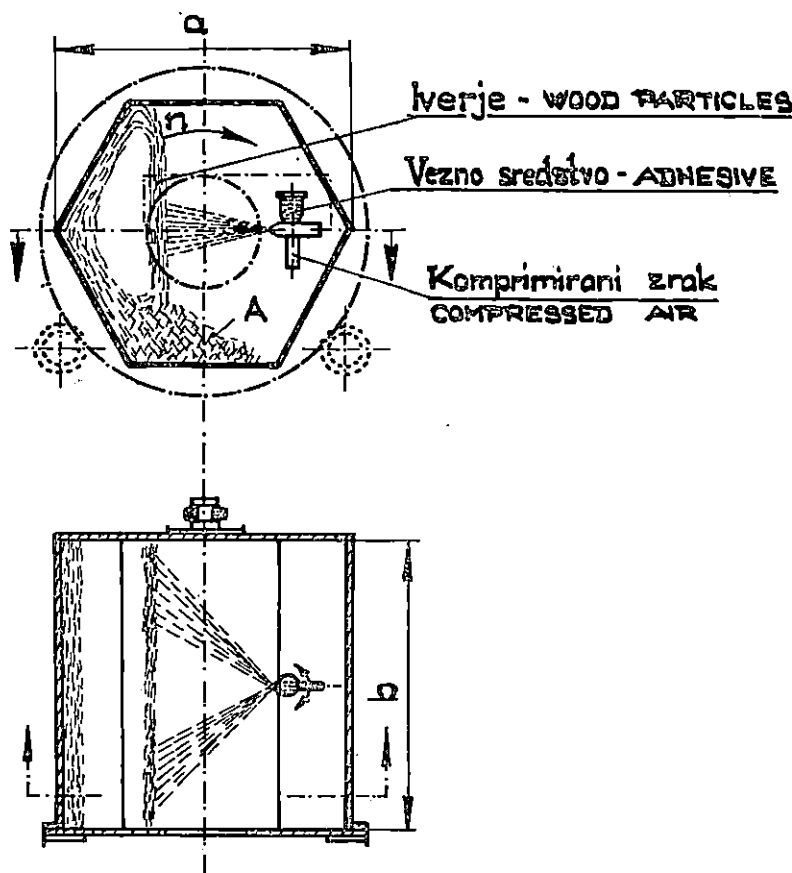
Priprema je obavljena posebno za različite sadržaje vlage iverja vanjskih slojeva ćilima. Budući da je receptura za pripremu ljepljiva jednaka za vanjske i unutarnje slojeve ploča iverica, nismo mogli utjecati na vlagu iverja dodatkom ljepljiva. Kod ploča serije A bilo je potrebno povisiti vlagu iverja vanjskih slojeva tako, da iverje poslije nanošenja ljepljiva ima određeni sadržaj vlage. Kod iverja za unutarnje slojeve to je bilo potrebno učiniti kod ploča serije A i serije B. Npr. na 3.000 p iverja koje je imalo sadržaj vlage 2% , trebalo je dodati 30 p vode prskanjem, da bi iverje poslije nanošenja ljepljiva imalo vlagu $9\text{—}11\%$. Potrebna količina vode dodana je u stroj za nanošenje ljepljiva nešto prije nanošenja ljepljiva pomoću pištolja kojim se kasnije prskalo ljepljivo.

Kod pripreme iverja za vanjske slojeve ploča serije A bilo je potrebno dodati različite količine vlage iverju prije nanošenja ljepljiva, da bi nakon njegova nanošenja sadržaj vlage bio u određenim granicama.

Kod pripreme iverja za vanjske slojeve ploča serije B nije bilo potrebno povećavati vlagu iverju prije nanošenja ljepljiva, jer je iverje imalo sadržaj vlage 4% , a nanošenjem ljepljiva na iverje sadržaj vlage iverja postigao je sadržaj vlage u potrebnim granicama ($9\text{—}11\%$). Povećanje vlage iznad 10% (kod serije B) postignuto je prskanjem vode na formiran i ugušćen ćilim.

5.231. Nanošenje ljepila — Application of adhesive

Princip rada stroja za nanošenje ljepila, koji je upotrijebljen u ovoj radnji, prikazan je na Sl. 4.



Sl. — Fig. 4. Princip rada stroja za nanošenje ljepila na iverje (ljepilo se prskanjem nanosi na iverje koje rotira zajedno s bubnjem; pištolj za prskanje kreće se u horizontalnoj ravnini lijevo — desno i prska ljepilo po cijeloj dubini bubnja) (30) — Working principle of the machine for spreading adhesive on wood particles (the adhesive is applied by spraying onto particles which rotate together with a drum; the pistol sprayer moves in a horizontal plane from left to right along the whole depth of the drum).

Iz slike je vidljivo da se ljepilo nanosi na iverje prskanjem ljepila uz istovremeno miješanje iverja. S obzirom na pritisak zraka koji je bio ca 4 atp (3,5—4,5) i podešavanje otvora za dovod ljepila na pištolju za prskanje ljepila trajanje nanošenja ljepila iznosilo je ca 9 minuta. Kod prethodnih ispitivanja trajanje nanošenja iznosilo je ukupno 20 minuta. Za ca 9 minuta nanijeto je prskanjem ljepilo na iverje, a preostalih 11 minuta, uslijed rotacije bubnja, iverje je miješano, čime se poboljšava raspodjela ljepila i omogućuje stvaranje neprekinutog sloja ljepila na površini iverja. Kolika je važnost miješanja iverja poslije nanošenja ljepila, ukazao

je i dokazao *Meinecke* (30). Kod glavnih ispitivanja odrekli smo se većeg dijela te vrlo važne faze u nanošenju ljepila na iverje, jer se pokazalo da se za vrijeme mišanja vrlo brzo smanjuje vlaga iverja s ljepilom. Da bismo uspjeli održati vlagu iverja s ljepilom u željenim granicama, trajanje prešanja kod glavnih pokusa smanjeno je na ukupno 10 minuta.

5.24 Formiranje čilima — Formation of particle mat

Čilim je formiran iz dviju, po fizikalno-morfološkim svojstvima različitih vrsta iverja. Iverje manjih dimenzija upotrijebljeno je za izradu vanjskih slojeva čilima, a krupnije iverje za izradu unutarnjeg sloja čilima. Omjer težina drvnog iverja vanjskih i unutarnjeg sloja uvijek je bio jednak i to 1 : 2; za ploče kod kojih je vlaga iverja vanjskih i unutarnjeg sloja bila jednaka i iznosila 10%, težina iverja za vanjske slojeve bila je 720 p, a za unutarnji sloj 1.440 p. Za formiranje jednoga vanjskog sloja bilo je, dakle, upotrijebljeno 360 p iverja. Kod formiranja čilima u koji je stavljen termopar srednji je sloj formiran u dva puta; najprije je formiran čilim iz polovice potrebne količine za unutarnji sloj, i tek nakon što je smješten termopar formiran je čilim s preostalim dijelom iverja za unutarnji sloj, a zatim je opet formiran vanjski sloj čilima. Takvi omjeri ostaju kod formiranja čilima za sve ploče bez obzira na različite sadržaje vlage iverja vanjskih slojeva čilima. Kod ploča serije A težine vanjskih slojeva mijenjaju se zbog većeg sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva.

Formiran čilim bio je visok ca 11 cm. S obzirom na mali format i relativno veliku visinu čilima, čilim je vrlo nepraktičan za daljnje rukovanje u procesu izrade ploča iverica. Da bi se bez veće opasnosti moglo rukovati čilimom s pravokutnim kalupom u kojem je formiran, stavljen je u hladnu hidrauličnu prešu u kojoj je ugušćen na 7—8 cm visine.

5.25 Ispitivanje gotovih ploča — Testing of finished boards

Gotove isprešane ploče odvagane su poslije prešanja te obilježene rednim brojem i oznakom skupine, a zatim su stavljene u sanduk iznad dehidracijskog sredstva, da se ohlade. Nakon što su ploče ohlađene na sobnu temperaturu, stavljene su u plastične vreće i na taj su način uskladištene do ispitivanja.

Prije ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava ploče su okrajčene i izrađene su probe. Po četiri ploče iverice prešane su kod jednakih uvjeta prešanja; temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja mjerena je samo u jednoj ploči. Veličina ploča bila je 41×40 cm², i to je bio razlog da smo se odlučili da za izradu proba koristimo cijelu ploču. Kod tako malih formata ploča iverica nismo mogli izbjeći nepovoljan utjecaj perifernih dijelova ploča.

Iz ploča, u kojima je mjerena temperatura za vrijeme prešanja, uzimali smo uzorke za određivanje gustoće vanjskih (1 proba) i gustoće unutarnjih slojeva (1 proba), sposobnosti držanja vijaka i čavala okomito na površinu ploče (po 1 proba), čvrstoće raslojavanja (čvrstoće na vlak okomito na površinu ploče) (3 probe), volumne težine (2 probe), relativne vlažnosti (2 probe), normalne vlažnosti (2 probe), čvrstoće savijanja (4 probe) i mjerenje hrapavosti površine (1 proba). Iz preostale 3 ploče iste skupine izrađene su:

- 3 probe za čvrstoću savijanja,
- 1 proba za sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče,
- 1 proba za sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče,
- 1 proba za sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploče,
- 1 proba za sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče,
- 10 proba za određivanje bubrenja debljine i upijanja vode,
- 3 probe za relativnu vlažnost,
- 3 probe za normalnu vlažnost,
- 5 proba za čvrstoću raslojavanja,
- 3 probe za volumnu težinu,
- 1 proba za gustoću vanjskih slojeva,
- 1 proba za gustoću unutarnjih slojeva.

Budući da je format ploča bio malen, za izradu proba imali smo na raspolaganju malo materijala. S obzirom na činjenicu da su po 4 ploče jedne skupine izrađene s iverjem koje je imalo jednak sadržaj vlage i da su te ploče prešane kod jednakih temperatura prešanja, jednakog pritiska i jednakog trajanja prešanja, odlučili smo da probe, koje smo izradili iz četiri ploče jedne skupine smatramo jednakopravnim predstavnicima određene skupine ploča u okviru naših ispitivanja. (Npr. čvrstoća savijanja skupine IIc dobivena je kao srednja aritmetška vrijednost čvrstoća savijanja, dobivenih ispitivanjem ukupno 13 proba).

U okviru ove radnje relativna vlaga predstavlja sadržaj vode u iverici poslije hlađenja. Budući da su poslije hlađenja sve ploče uskladištene tako da im se do ispitivanja sadržaj vlage nije mijenjao, željeli smo određivanjem relativnog sadržaja vlage dobiti još jednu informaciju o utjecaju vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i temperature prešanja na svojstva gotovih ploča, točnije na količinu vode u iverici na kraju prešanja. Normalna vlaga određivana je na probama poslije klimatizacije proba.

Da bismo istakli utjecaj sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i temperature prešanja na ugušćenje pojedinih slojeva u smjeru debljine iverice, umjesto volumne težine (p/cm^3) za vanjske odnosno unutarnje slojeve iverice upotrijebili smo izraz gustoća (g/cm^3).

5.26 *Mjerenje temperature — Temperature measuring*

Temperatura prešanja bila je, kako je već prije spomenuto, 145, 160 i 170° C. Vrijeme prešanja (ljepljenja) sastoji se očito iz dva dijela (1):

- samog vremena otvrdnjivanja ljepila, koje uvijek vrlo zavisi o temperaturi i za vrijeme kojeg dolazi do brzog otvrdnjivanja ljepila;

- vremena zagrijavanja koje je potrebno da se postigne odgovarajuća temperatura i koje, kod ne prevelikih razlika temperatura, jedva da i zavisi o temperaturi prešanja.

Budući da vrijeme zagrijavanja najčešće zahtijeva najveći dio ukupnog vremena prešanja, promjene samog vremena otvrdnjivanja postaju manje važne.

Da bismo utvrdili vrijeme zagrijavanja, mjerena je temperatura u sredini ploča iverica. Temperatura je mjerena termoparom Fe-konst; mjerni spoj stavljen je u sredinu srednjeg sloja ploče. Pomoću jednoga milivoltmetra, baždarenoga u °C očitavala se temperatura u sredini ploče iverice. Očitavanje temperature obavljalo se svakih 10 sekundi. Budući da je prešanje trajalo uvijek 5 minuta, za vrijeme jednog ciklusa prešanja izvršeno je 31 očitavanje temperature (0—300 sek). Za svaku temperaturu prešanja i za različite sadržaje vlage vanjskih slojeva iverja mjerena je promjena temperature u sredini ploča iverica. Dobivene temperature su zatim nanižete na dijagram, kod kojega je na apscisi vrijeme prešanja, a na ordinati temperature, očitavane svakih 10 sekundi. Na isti dijagram nanesen je i pritisak prešanja, tako da se sada na ordinati našao specifični pritisak prešanja.

5.27 *Dijagram pritiska i specifični pritisak prešanja — Pressure diagram and the specific pressing pressure*

Dijagram pritiska jednak je za sva prešanja u laboratoriju. Nakon podizanja ploča hidraulične preše (pritisak na manometru 0 kp/cm^2), koje je s obzirom na uvijek istu brzinu zatvaranja preše (35,7 mm/s) iznosilo 5 sekundi, postignut je odgovarajući pritisak, koji je u ovim pokusima iznosio 130 kp/cm^2 površine klipa; da se postigne taj pritisak, bilo je potrebno daljnjih 10 sekundi. S obzirom na pritisak na manometru i dimenzija ploča hidraulične preše i ploča iverica specifični pritisak prešanja iznosio je 20 kp/cm^2 . Taj pritisak trajao je uvijek 3 minute. Tu je uključeno i vrijeme, potrebno da se taj pritisak postigne. Nakon toga pritisak je smanjen na 10 kp/cm^2 koji je trajao 1 minutu. Pritisak je zatim smanjen na ca 5 kp/cm^2 u trajanju od ponovno 1 minute, a zatim je postupno smanjen na 0 kp/cm^2 . Konačno se preša polako otvarala.

Dijagram pritiska bio je jednak kod svih prešanja, a prikazan je na Sl. 5.

Ljepilo se dobiva u tekućem obliku sa slijedećim karakteristikama:

— suha tvar (po JUS-u)	67,1%
— viskozitet po Fordu	100 sek
— slobodni formaldehid	0,4%
— specifična težina	1,28/20° C
— topivost u vodi	1 : 2,2
— pH vrijednost	7,7

Ljepilo se priprema odvojeno po posebnim recepturama za vanjske slojeve ploča i unutarnji sloj ploča. Za vanjske slojeve priprema se prema slijedećoj recepturi:

Urea 7 (66%)	100 kg
Kontakt (20%)	5 kg
Voda	40 kg
Amonijak (25%)	1 kg
Ukupno	146 kg
Suha tvar (66:146)	45,2%

Za unutarnji sloj ljepilo se priprema, kako slijedi:

Urea 7 (66%)	100 kg
Kontakt (20%)	8 kg
Voda	22,5 kg
Ukupno	130,5 kg
Suha tvar (66:130,5)	50,6%

Ostali uvjeti:

- temperatura prešanja 145° C;
- trajanje prešanja za ploče, debele 19 mm (nebrušene) 8,5 min;
- specifični pritisak prešanja 15 kp/cm²;
- visina čilima za ploču, debelu 19 mm (nebrušenu) ca 8,5 cm.

Iverje je izrađeno iz oblica i cjepanica; prema podacima, koji su dobiveni u tvornici, za 1 m³ iverica troši se 2,18—2,23 pm oblica i cjepanica. Za vanjske slojeve troši se $2,18 \times 0,52 = 1,13$ pm oblica i cjepanica, a za unutarnji sloj $2,18 \times 0,48 = 1,05$ pm oblica i cjepanica. Za izradu unutarnjeg sloja iverica dodaje se iverju 8%, a za izradu vanjskih slojeva iverica 10—12% ljepila.

U tvornici je mjerena temperatura za vrijeme prešanja jednog ciklusa. Od svake ploče iverice iz svake od triju etaža uzet je uzorak za ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava.

Uzorci su uzeti poslije okrajčivanja ploča na definitivan format. Uzorci iz ploče broj tri uzeti su paralelno s položajem termopara u ploči iverica nakon što je izrezan dio ploče s termoparom, a uzorci iz ploča jedan i dva neposredno uz rub s iste strane ploča. Ploča iverica iz prve etaže odozgo označena je brojem 1, ploča druge etaže brojem 2, a ploča iz treće etaže brojem 3. Sve tri ploče su iz istog ciklusa prešanja. Za vrijeme prešanja mjerena je temperatura u sredini debljine ploče broj 3.

Ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava iverica obavljeno je prema propisima JUS-a, DIN-a kao i prema originalnim propisima »Institut

für Holzforschung«, Braunschweig, i to: čvrstoća savijanja i čvrstoća raslojavanja prema JUS-u; bubrenje debljine, upijanje vode i volumna težina prema DIN-u, a sposobnost držanja čavala i vijaka prema propisima »Institut für Holzforschung«, Braunschweig. Debljina ploča dobivena je mjerenjem debljine proba za ispitivanje bubrenja debljine.

6. REZULTATI MJERENJA TEMPERATURE U SREDINI PLOČE IVERICE ZA VRIJEME PREŠANJA — RESULTS OF TEMPERATURE MEASURING IN THE MIDDLE OF THE PARTICLE BOARD DURING PRESSING

6.1 Prethodna ispitivanja — Preliminary tests

Mjerenje temperature u sredini ploče iverice u okviru prethodnih ispitivanja obavljeno je za vrijeme prešanja ploča volumne težine, manje od $0,6 \text{ p/cm}^3$. Trajanje prešanja bilo je 5 minuta, a brojevi ploča 14—19. Temperatura je mjerena za vrijeme prešanja ploča 15, 17 i 19. Volumna težina je smanjena u odnosu na volumnu težinu ploča 1—13, jer smo pokušali dobiti ploče manje volumne težine, a podjednakih mehaničkih svojstava. Volumna težina iverica smanjena je smanjenjem težine iverja za izradu ćilima. Omjer između težine iverja za vanjske i unutarnje slojeve bio je također 1:2. Mehanička svojstva ploča 14—19 nisu dala zadovoljavajuće rezultate. Kod prešanja ploča s volumnom težinom ispod $0,6 \text{ p/cm}^3$ obavili smo mjerenje temperature u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja u svrhu provjere metode i načina rada. Maksimalna temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja bila je 104° — 106°C , a to je temperatura koja se najčešće spominje kod mjerenja temperature u pločama ivericama za vrijeme prešanja laboratorijskim prešama. Izradom ploča 20—25 pokušali smo utvrditi, da li uz nepromijenjen način pripreme iverja i volumnu težinu ploča iverica ispod $0,6 \text{ p/cm}^3$ možemo dobiti zadovoljavajuća mehanička svojstva ploča iverica, ako se skрати vrijeme prešanja. I u ovom slučaju dobili smo negativan odgovor.

6.2 Glavna ispitivanja — Main tests

Trajanje prešanja nije u ovoj radnji posebno istraživano. Na temelju literaturnih podataka i današnje prakse u pogonima unaprijed je određeno trajanje prešanja za ploče iverice debljine 19 mm. Plath je prema Deppeu (5), 1962. godine postavio pravilo za određivanje trajanja prešanja prema kojem se debljina ploče u milimetrima množi s faktorom, koji se kod različitih postupaka kreće u širokim granicama od 0,11 pa sve do 0,9. S obzirom na napredak, koji je u međuvremenu postignut u pogledu skraćivanja vremena prešanja, danas se u industriji često radi s faktorom 0,25—0,27.

Na temelju gore iznijetih razmatranja mi smo odredili trajanje prešanja 5 minuta, što znači s faktorom 0,26. Skraćenje trajanja prešanja postiže se uglavnom na 3 načina (4):

1. koncentracijom vode u vanjskim slojevima ćilima, a time se zapravo skraćuje vrijeme, potrebno za zagrijavanje ćilima, odnosno vri-

jeme potrebno da se postigne odgovarajuća temperatura kod koje ljepilo dovoljno brzo otvrdnjuje;

2. skraćanjem vremena otvrdnjivanja ljepila dodatkom otvrdnjivača;

3. podešavanjem vlage iverja prije prešanja vlazi koju treba imati gotova ploča.

Kod prvoga od navedenih načina za skraćanje vremena prešanja brže progrijavanje može se postići i upuhivanjem nekog sredstva za brže progrijavanje ćilima, npr. zraka u ćilim, što je prilično nepraktično i gotovo se ne upotrebljava. Za skraćanje trajanja prešanja može se koristiti i prethodno zagrijavanje ćilima, npr. visokofrekventnom strujom, no i taj način nije čest u praksi.

Prije nego što smo se odlučili za definitivno trajanje prešanja, poduzeli smo u tu svrhu prethodna ispitivanja, da bismo utvrdili da li će odabrani faktor 0,26 dati zadovoljavajuće rezultate, a kao kriterij odabrali smo fizička i mehanička svojstva gotovih ploča. Ta prethodna ispitivanja u potpunosti su opravdala ovaj faktor.

Minimalno potrebno vrijeme prešanja uvjetovano je različitim faktorima, pri čemu treba imati u vidu ove faktore (4):

— otvrdnjivanje veznog sredstva;

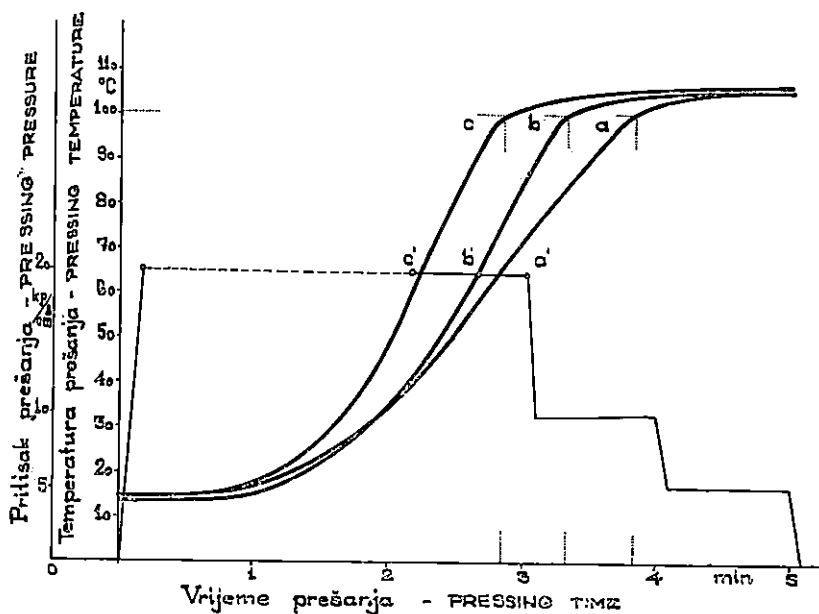
— naknadno nadimanje ploča;

— konačna vlaga ploče.

Na spomenuta tri faktora treba uvijek računati, no kod određenih debljina ploča oni nemaju jednako značenje. Kod tankih ploča pažnju moramo obratiti na naknadno nadimanje ploča, koje ne smije prekoračiti 0,5 mm. Kod srednje debelih ploča odlučan utjecaj može imati konačna vlaga ploča, a kod debelih ploča otvrdnjivanje ljepila. Budući da smo koncentracijom vlage u vanjskim slojevima ćilima željeli postići brže zagrijavanje ćilima, što izravno utječe na brzinu otvrdnjivanja ljepila i smanjenje sadržaja vlage, mjerili smo promjenu temperature u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja ploča iverica. Pri tome smo koncentraciju vlage u vanjskim slojevima postizali na dva prije opisana načina.

Kod lijepljenja na vruće kemijski vežućim ljepilima, pod temperaturom prešanja podrazumijeva se temperatura vanjskog izvora topline, odnosno temperatura zagrijanih ploča hidraulične preše. Potpuno izjednačenje temperature u sljubnici s temperaturom ploča hidraulične preše postiže se samo kod dugih vremena prešanja, dobre vodljivosti topline ili malih debljina slojeva koji se zagrijavaju (1).

Na Sl. 6—14 grafički je prikazana promjena temperature u sredini ploča iverica za vrijeme prešanja. Slova a, b i c uz broj slike predstavljaju oznake za temperature prešanja. Slovo a za temperaturu prešanja 145° C, slovo b za temperaturu prešanja 160° C i slovo c za temperaturu prešanja 170° C. Budući da vrijeme samog otvrdnjivanja ljepila vrlo zavisi o temperaturi, obratit ćemo pažnju na vrijeme potrebno, da se u sredini ploče iverice postigne temperatura 100° C. Uz temperature prešanja 145, 160 i 170° C kod ploča serije A temperatura 100° C u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja postignuta je nakon 230—200—170 sekundi, ako su prešane ploče oznake Ia, Ib i Ic. Kod ploča s oznakom IIa, IIb i IIc temperatura 100° C u sredini ploče iverice postignuta je nakon 190—160—140



Sl. — Fig. 6. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja. Točke a, b i c označavaju, na apscisi, vrijeme potrebno da se postigne temperatura 100° C u sredini debljine iverice kod temperature prešanja 145°, 160° i 170° C, a točke a', b' i c' vrijeme potrebno da se preša zatvori kod navedenih temperatura. Vлага iverja vanjskih slojeva 10%, vлага unutarnjeg sloja 10%. Oznaka ploča Ia, Ib, Ic — Temperature in the middle of the particle board during pressing. Points a, b and c designate — on the abscissa — the time necessary to reach the temperature of 100° C in the middle of the particle board thickness at pressing temperature of 145°, 160° and 170° C, while points a', b' and c' designate the time necessary for press to close at the mentioned temperatures. The particle moisture of the outer layers is 10%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are Ia, Ib, Ic.

sekundi, kod ploča s oznakom IIIa, IIIb i IIIc nakon 185—135—115 sekundi, s oznakom IVa, IVb i IVc nakon 140—100—105 sekunda, a kod ploča s oznakom Va, Vb i Vc nakon 120—110—90 sekundi.

Kod ploča serije B odgovarajuća vremena za postizanje temperature od 100° C u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja bila su:

- kod ploča s oznakom 2a, 2b i 2c nakon 160—150—120 sekundi,
- kod ploča s oznakom 3a, 3b i 3c nakon 130—90—100 sekundi,
- kod ploča s oznakom 4a, 4b i 4c nakon 70—70—40 sekundi, a
- kod ploča s oznakom 5a, 5b i 5c nakon 80—40—40 sekundi.

Vremena potrebna, da se postigne temperatura 100° C u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja, s obzirom na temperaturu prešanja i sadržaj vlage vanjskih slojeva, dana su na Sl. 15 i u Tab. 5.

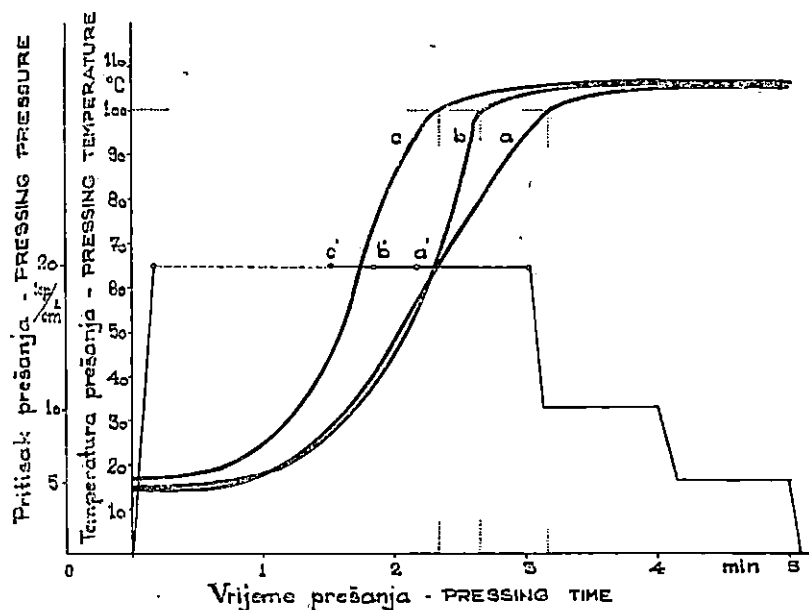
Na zagrijavanje ćilima utječe temperatura prešanja i vlaga iverja vanjskih slojeva, kako je to vidljivo iz Sl. 6—14 i Tab. 5. Kriterij za

određivanje potrebnog vremena za zagrijavanje je vrijeme, potrebno da se u sredini ćilima postigne temperatura 100° C.

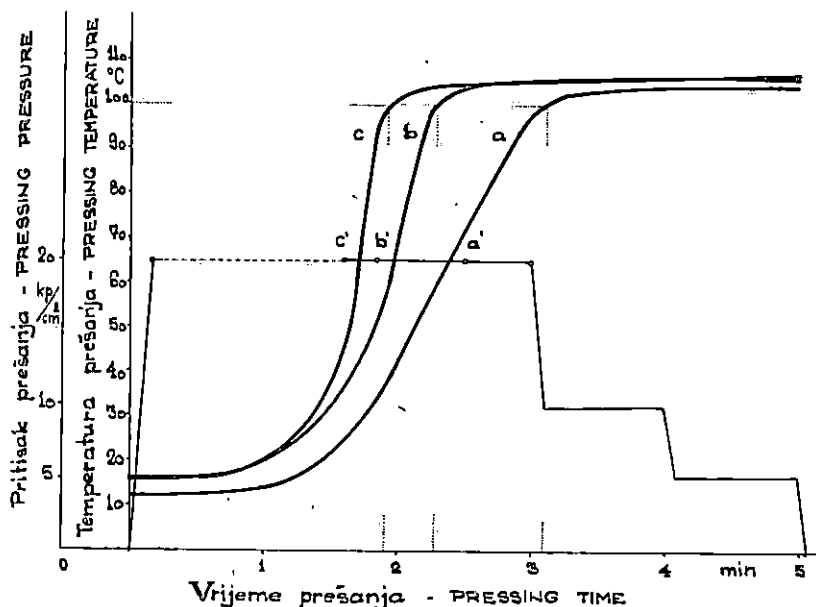
Tab. 5. *Vrijeme, potrebno da se u sredini iverice postigne temperatura 100° C — Time necessary to achieve a temperature of 100° C in the middle of the particle board*

Sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva Moisture content of par- ticles of outerlayers %	Serija A — Series A			Serija B — Séries B		
	Temperatur. prešanja — Pressing temperature °C					
	145	160	170	145	160	170
	Vrijeme u sekundama — Time in seconds					
10	230	200	170	230	200	170
15	190	160	140	160	150	120
20	185	135	115	130	90	100
27	140	100	105	70	70	40
32	120	110	90	80	40	40

Kod ploča serije A povećanjem vlage iverja vanjskih slojeva ćilima ubrzava se zagrijavanje ćilima. Izuzetak predstavljaju jedino ploče IVb i Vb. Povišenjem temperature prešanja ubrzava se zagrijavanje, izuzev kod ploča IVb i IVc.



Sl. — Fig. 7. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja. Vlaga iverja vanjskih slojeva 15%, vlaga iverja unutarnjih slojeva 10%. Oznaka ploča IIa, IIb, IIc. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 15%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are IIa, IIb, IIc. Other designations are the same as in Fig. 6.



Sl. — Fig. 8. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja. Vлага iverja vanjskih slojeva 20%, vлага iverja unutarnjeg sloja 10%. Oznaka ploča IIIa, IIIb, IIIc. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 20%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are IIIa, IIIb, IIIc. Other designations are the same as in Fig. 6.

Kod ploča serije B utjecaj sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima i temperature prešanja na brzinu zagrijavanja očituje se u istom smislu. Izuzetak predstavljaju ploče 4a i 5a, te ploče 4c i 5c. Osim toga treba istaći, da je vrijeme zagrijavanja kod ploča serije B redovno kraće nego kod ploča serije A, ako uspoređujemo zagrijavanje pri jednakoj temperaturi i pri jednakom sadržaju vlage iverja vanjskih slojeva ćilima. Rezultati mjerenja temperature u pločama ivericama za vrijeme prešanja potvrđuju rezultate iz literature (7), (18):

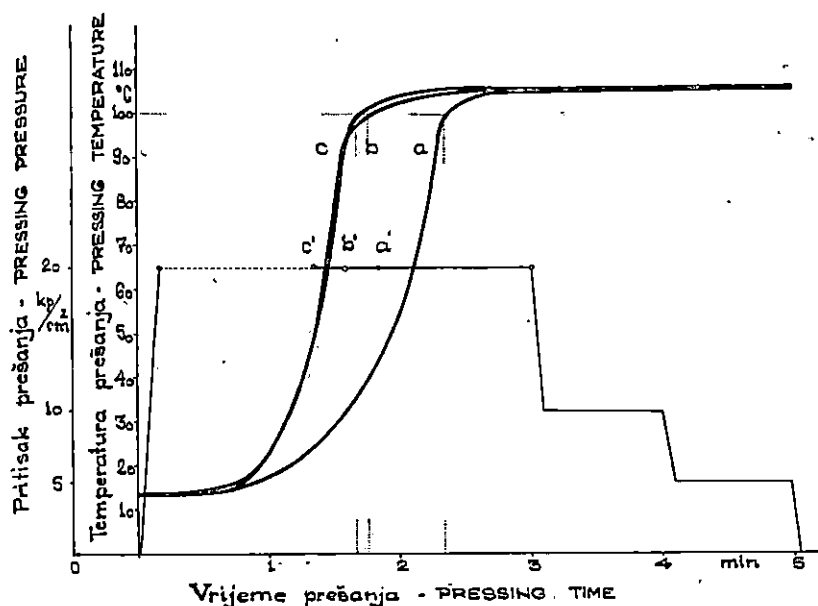
— da se povećanjem sadržaja vlage iverju vanjskih slojeva ćilima ubrzava zagrijavanje ćilima, ako sadržaj vlage vanjskih slojeva ćilima ne prekorači određenu granicu. Za sporije zagrijavanje ploče IVb od Vb te ploče 4a od 5a i jednako vrijeme zagrijavanja ploča 4c i 5c ne možemo dati pouzdano objašnjenje, budući da su mjerenja temperature kod prešanja obavljena za vrijeme prešanja samo jedne ploče; da se temperatura očitavala svakih deset sekundi, a da je porast temperature u području neposredno oko 100°C vrlo brz (krivulja koja pokazuje tijek temperature na tom dijelu vrlo je strma); da je zagrijavanje ploče Vb brže od zagrijavanja ploče IVb za 10 sekundi, i isto tako da je zagrijavanje ploče 5a brže od zagrijavanja ploče 4a za 10 sekundi, dok je za zagrijavanje ploča 4c i 5c bilo potrebno jednako vrijeme;

— da se povišenjem temperature prešanja ubrzava zagrijavanje ćilima;

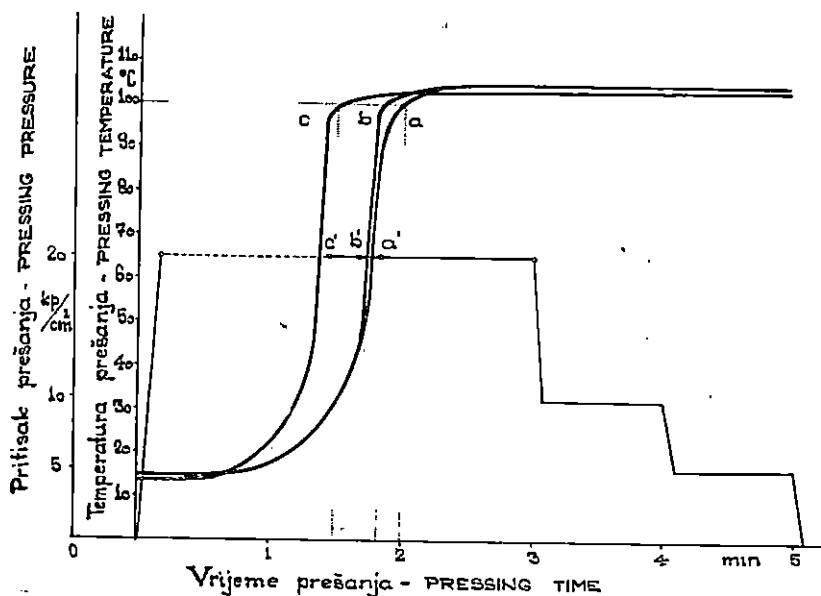
— da je zagrijavanje ćilima brže, ukoliko se koncentracija vlage u vanjskim slojevima ćilima postiže prskanjem vode na ćilim.

6.3 Pogonska ispitivanja — Tests in the plant

Temperatura prešanja u tvornici, gdje smo mjerili temperaturu u sredini debljine ploče iverice, za vrijeme prešanja redovno je 145°C . Kod snimanja temperature, kojih rezultate ovdje donosimo, temperatura prešanja bila je 150°C . Na Sl. 16 grafički su predloženi rezultati mjerenja temperature u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja kao i dijagram pritiska, koji se za vrijeme prešanja automatski registrira na preši. Zagrijavanje ćilima sporije je nego kod laboratorijskih ispitivanja, a trajanje prešanja iznosi 8,5 minuta, dok je kod laboratorijskih ispitivanja iznosilo 5 minuta. Maksimalna temperatura koja je postignuta u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja bila je 109°C , što je za nekoliko stupnjeva više od maksimalnih temperatura, postignutih kod laboratorijskih ispitivanja. Zbog većeg formata ploča iverica u redovnoj industrijskoj proizvodnji struktura ploče iverice pruža veći otpor strujanju pare u samoj ploči, i uslijed toga stvara se viši tlak. Kako kod vodene pare temperatura zasićenja zavisi o tlaku, za vrijeme prešanja ploča iverica u redovnoj



Sl. — Fig. 9. Temperatura u sredini ploča iverica za vrijeme prešanja. Vлага iverja vanjskih slojeva 27%, vлага iverja unutarnjeg sloja 10%. Oznake ploča IVa, IVb, IVc. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 27%, that of the inner layer 10%. Designation of boards are IVa, IVb, IVc. Other designations are the same as in Fig. 6.



Sl. — Fig. 10. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja. Vлага iverja vanjskih slojeva 32%, vлага iverja unutarnjeg sloja 10%. Oznake ploča Va, Vb, Vc. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 32%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are Va, Vb, Vc. Other designations are the same as in Fig. 6.

industrijskoj proizvodnji postiže se veća temperatura u sredini ploča iverica.

7. REZULTATI ISPITIVANJA FIZIČKIH I MEHANIČKIH SVOJSTAVA PLOČA IVERICA — RESULTS OF TESTING OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PARTICLE BOARDS

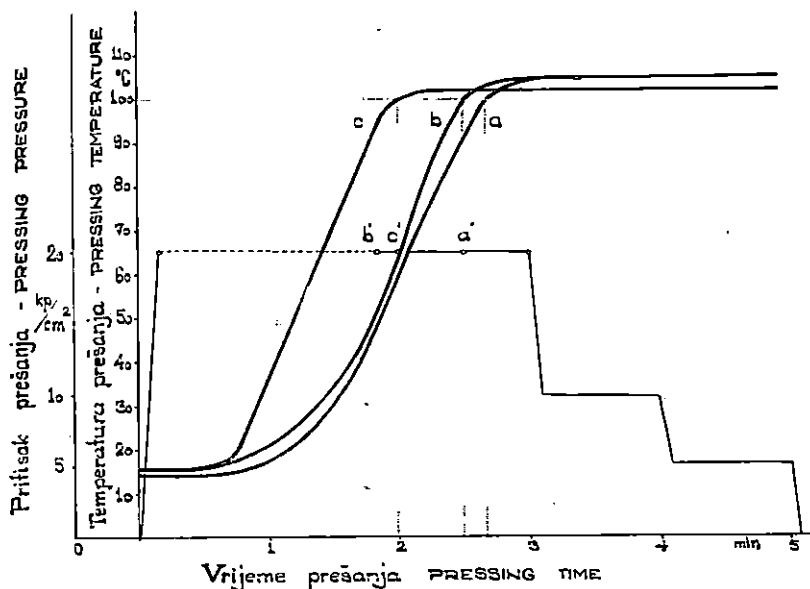
7.1 Prethodna ispitivanja — Preliminary tests

Srednja aritmetička vrijednost volumnih težina ploča iverica broj 1—13 iznosila je 0,643 p/cm³, a srednje aritmetičke vrijednosti volumnih težina pojedinih ploča bile od 0,614 do 0,675 p/cm³. Čvrstoća savijanja (srednja vrijednost za svih trinaest ploča) bijaše 215 kp/cm², a čvrstoće savijanja pojedinih ploča kretale su se u granicama od 195 do 257 kp/cm², a čvrstoća savijanja ploče broj 1 čvrstoća savijanja koje je bila 164 kp/cm². Srednja aritmetička vrijednost čvrstoće raslojavanja ploča iznosila je 7,11 kp/cm², a čvrstoće raslojavanja pojedinih ploča bile su od 3,40 do 9,21 kp/cm². Srednja aritmetička vrijednost bubrenja debljine za sve ploče bijaše 9,06%, a za pojedine ploče bubrenje debljine kretalo se od 7,34 do 14,38%; upijanje vode bilo je 58,32% (aritmetička sredina vrijednosti za sve ploče), a za pojedine ploče kretalo se u granicama 52,6—66,1%. Srednja aritmetička vrijednost sadržaja vlage (relativna vlažnost) svih ploča bila je 7,99%, a za pojedine ploče u granicama 6,28—9,25%. Srednja aritmetička vrijednost debljina svih ploča bila je 17,90 mm, a za pojedine ploče kretala se u granicama od 17,66 do 18,44 mm.

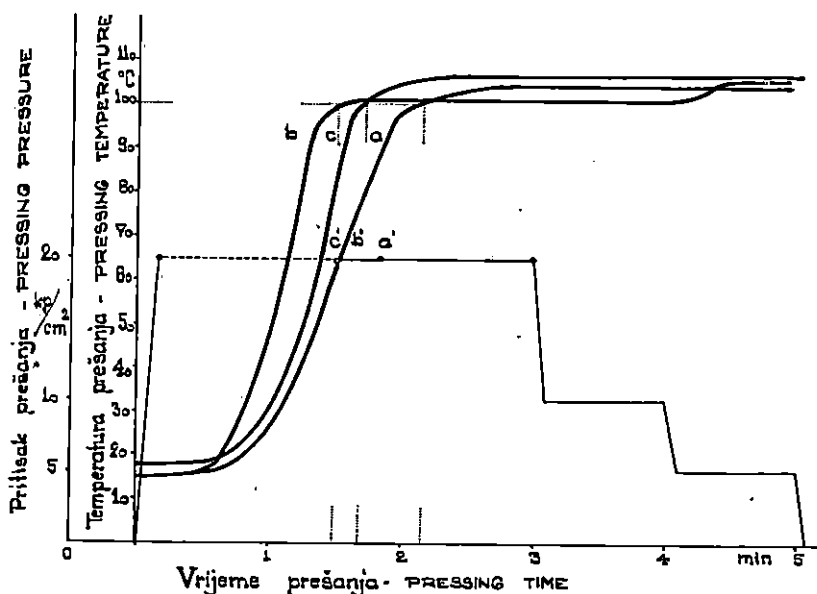
Srednja aritmetička vrijednost volumnih težina ploča broj 14—19 iznosila je 0,563 p/cm³, a određena je na pločama broj 14, 16 i 18. Za pojedine ploče iznosila je 0,559, 0,554 i 0,576 p/cm³. Debljina (srednja aritmetička vrijednost) bila je 19,28 mm, a za pojedine ploče 19,21 mm, 19,36 mm i 19,28 mm. Sadržaj vlage (relativna vlažnost) bijaše za pojedine ploče 8,81%, 8,52% i 6,86%, srednja vrijednost za sve tri ploče 8,06%. Bubrenje debljine bilo je za pojedine ploče 7,63%, 7,07% i 9,53%, odnosno srednja vrijednost za sve tri ploče 8,08%. Upijanje vode za pojedine ploče bilo je 56,1%, 53,7% i 67,5%, odnosno srednja vrijednost za sve tri ploče 59,1%. Čvrstoća savijanja za pojedine ploče bila je 130, 116 i 130 kp/cm², odnosno srednja vrijednost za sve tri ploče 127,3 kp/cm². Čvrstoća raslojavanja za pojedine ploče iznosila je 1,70, 2,40 i 3,21 kp/cm², a srednja vrijednost za tri ploče bila je 2,44 kp/cm². Sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče za pojedine ploče iznosila je 21,2, 29,8 i 29,0 kp/cm², a srednja vrijednost za tri ploče 26,7 kp/cm². Sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče za pojedine ploče iznosila je 18,6 i 18,2 kp/cm², odnosno srednja vrijednost bijaše 18,4 kp/cm². Sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploče za pojedine ploče bila je 5,28, 5,97 i 5,30 kp/mm, a srednja vrijednost za tri ploče 5,52 kp/mm. Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče iznosila je 2,42, 3,12 i 3,28 kp/mm, odnosno za sve tri ploče 2,94 kp/mm. Osnovna karakteristika spomenute skupine ploča je njihova mala volumna težina i veća debljina. Veća debljina ploča dobivena je jer su izrađene i upotrebljavane nove odstoje letve.

Ploče broj 20—25 predstavljaju posebnu grupu ploča. Temperatura u pločama mjerena je za vrijeme prešanja ploča broj 21, 23 i 25. Trajanje prešanja ploča 20 i 21 iznosilo je 5 minuta, ploča broj 22 i 23 4 minute, a kod ploča 24 i 25 trajanje prešanja bilo je 3 minute. Volumna težina ploče 20 bila je 0,599 p/cm³, ploče broj 22 0,566 p/cm³, a 0,529 p/cm³ bila je volumna težina ploče broj 24.

Na osnovi ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava iverica, izrađenih u okviru prethodnih ispitivanja zaključili smo sljedeće:



Sl. — Fig. 11. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja. Vлага iverja vanjskih slojeva 15%, vлага iverja unutarnjeg sloja 10%. Oznaka ploča 2a, 2b, 2c. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 15%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are 2a, 2b, 2c. Other designations are the same as in Fig. 6.



Sl. — Fig. 12. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja. Vлага iverja vanjskih slojeva 20%, vлага iverja unutarnjeg sloja 10%. Oznaka ploča 3a, 3b, 3c. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 20%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are 3a, 3b, 3c. Other designations are the same as in Fig. 6.

1. S 8% ljeplila mogu se dobiti lake i čvrste ploče iverice.

Srednja aritmetička sredina volumne težine ploča rednog broja 1—13 bila je $0,643 \text{ p/cm}^3$. Najveću volumnu težinu imala je ploča broj 9 ($0,675 \text{ p/cm}^3$), a najmanju ploča broj 5 ($0,614 \text{ p/cm}^3$). Čvrstoća savijanja kao srednja vrijednost za ploče rednog broja 1—13 bila je 215 kp/cm^2 , maksimalna srednja vrijednost 257 kp/cm^2 (ploča broj 5), a minimalna srednja vrijednost iznosila 164 kp/cm^2 (ploča broj 1). Čvrstoća raslojavanja — srednja vrijednost za sve ploče — bila je $7,11 \text{ kp/cm}^2$, maksimalna srednja vrijednost $9,21 \text{ kp/cm}^2$ (ploča broj 10), a minimalna srednja vrijednost $3,40 \text{ kp/cm}^2$ (ploča broj 9). Ploča broj 9 pripada grupi 5a.

Bubrenje debljine — srednja vrijednost za sve ploče — bilo je $9,06\%$, maksimalna srednja vrijednost $14,38\%$ (ploča broj 1), a minimalna srednja vrijednost bila je $7,34\%$ (ploča broj 7).

Izrada i ispitivanje ploča rednog broja 1—13 imalo je za zadatak utvrditi, da li se s 8% ljeplila i trajanjem prešanja od 5 minuta mogu dobiti ploče zadovoljavajuće kvalitete. Rezultati ispitivanja dali su potvrđan odgovor.

2. Ploče s manjom volumnom težinom i kraćim trajanjem prešanja ne zadovoljavaju, jer su vrijednosti fizičkih i mehaničkih svojstava nezadovoljavajuće. Ploče rednog broja 14—19 pokazuju uz volumnu težinu $0,554 \dots 0,563 \dots 0,576 \text{ p/cm}^3$ premale vrijednosti čvrstoće savijanja i čvrstoće raslojavanja. Prema JUS-u D.C.5.031 III—1972. za troslojne

ploče iverice, izrađene od drvnog iverja debljine 16—19 mm minimalna srednja vrijednost čvrstoće savijanja treba biti:

— za ekstra klasu	200 kp/cm ² ,
— za I klasu	180 kp/cm ² ,
— za II klasu	144 kp/cm ² .

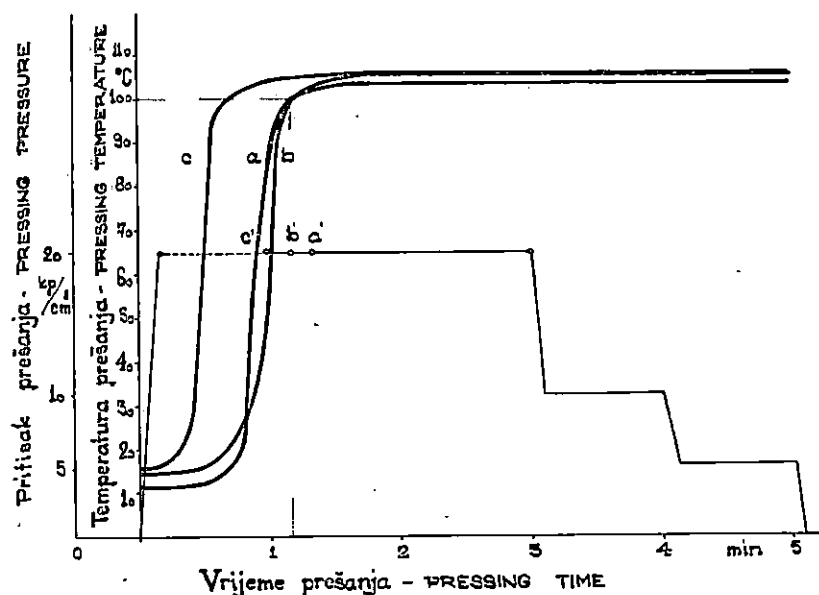
Odgovarajuća čvrstoća raslojavanja treba biti:

— za ekstra klasu	4,2 kp/cm ² ,
— za I klasu	3,5 kp/cm ² ,
— za II klasu	2,8 kp/cm ² .

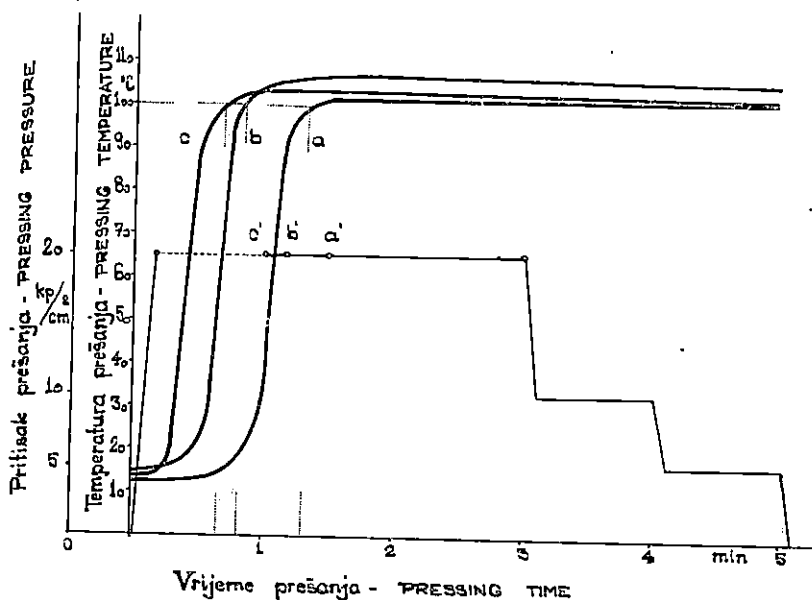
Prema DIN-u 68761, lipanj 1961. bubrenje debljine troslojnih iverica poslije 2 sata držanja u vodi može biti maksimalno 6%. Veće bubrenje debljine koje pokazuju ploče, izrađene u okviru prethodnih ispitivanja moglo se očekivati jer smo ploče izrađivali bez dodatka parafinske emulzije.

Da bismo dali još jednu informaciju o nekim fizičkim i mehaničkim svojstvima, navodimo rezultate ispitivanja iverica prema Liiriju (27). Predmetom ispitivanja koja je proveo Liiri bila su:

- svojstva ploča iverica općenito,
- svojstva ploča iverica, izrađenih u Finskoj u odnosu na svojstva ploča, izrađenih u nekim evropskim zemljama.



Sl. — Fig. 13. Temperatura u sredini ploča iverica za vrijeme prešanja. Vлага iverja vanjskih slojeva 27%, vлага iverja unutarnjeg sloja 10%. Oznaka ploča 4a, 4b, 4c. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 27%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are 4a, 4b, 4c. Other designations are the same as in Fig. 6.



Sl. — Fig. 14. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja. Vлага iverja vanjskih slojeva 32%, vлага iverja unutarnjeg sloja 10%. Oznaka ploča 5a, 5b, 5c. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 32%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are 5a, 5b, 5c. Other designations are the same as in Fig. 6.

Materijal za ispitivanja sastojao se od četiriju različitih skupina ploča, izrađenih u Finskoj i pet skupina ploča, izrađenih u evropskim zemljama. Iz svake skupine ploča iverica ispitivanja su obavljena na tri ploče predstavnika. Rezultati ispitivanja dani su tabelarno i grafički, no ovdje navodimo samo podatke koji se nalaze u sažetku spomenutog rada.

Volumna težina iverica poslije klimatizacije bila je 574... 748 kg/m^3 . Kolebanje debljine pojedinih ploča u prosjeku iznosilo je $\pm 0,24 \text{ mm}$. Vrijednosti mehaničkih svojstava kod različitih ploča znatno su varirale, no ta kolebanja uglavnom su bila uvjetovana različitim volumnom težinom ploča. Srednja vrijednost čvrstoće savijanja kod svih ispitanih ploča kretala se u granicama 139... 261 kp/cm^2 , srednja vrijednost čvrstoće na vlak paralelno s površinom ploče u granicama 63... 131 kp/cm^2 , a čvrstoće raslojavanja (čvrstoće na vlak okomito na površinu ploče) 1,5... 4,5 kp/cm^2 . Osim toga ispitana je sposobnost držanja vijaka pojedinih skupina ploča iverica. Rezultati ispitivanja upijanja vode pokazuju čak veća kolebanja nego rezultati ispitivanja čvrstoće; ta kolebanja ne zavise toliko o specifičnoj težini iverica kao što zavise svojstva čvrstoće, ona uglavnom zavise o količini parafina koju sadrže iverice. Bubrenje debljine (poslije 24 sata) bilo je 3,3... 16,7% kada su probe imale dimenzije $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Bubrenje debljine (poslije 2 sata) bilo je 1,5... 13,0%, a određeno je na probama veličine $2,5 \times 2,5 \text{ cm}^2$. Rezultati ovlaživanja iverica izlaganjem proba visokoj relativnoj vlazi zraka također znatno variraju; očito je da u tom slučaju kolebanja zavise o količini parafina, no u odnosu na kolebanja čvrstoće ta su kolebanja znatno manja.

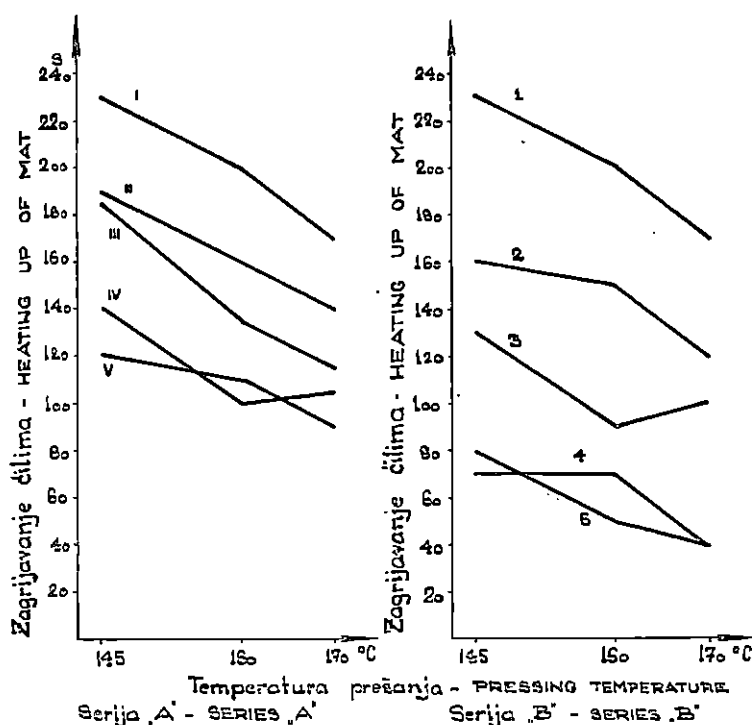
Poslije tri tjedna ovlaživanja držanjem proba u prostoriji s relativnom vlagom zraka 95%, a iza toga tri tjedna sušenja pri relativnoj vlazi zraka 35%, ploče su pokazivale neprekidno bubrenje. Za vrijeme ovlaživanja od tri tjedna (pri 95% relativne vlage zraka) srednja količina apsorbirane vode bila je 9... 12%, bubrenje debljine 5... 10%, a bubrenje duljine odnosno širine ploča 0,25... 0,40%. Kada su

uspoređena svojstva iverica, izrađenih u Finskoj s onima, izrađenih u drugim evropskim zemljama, primijećene su neznatne razlike.

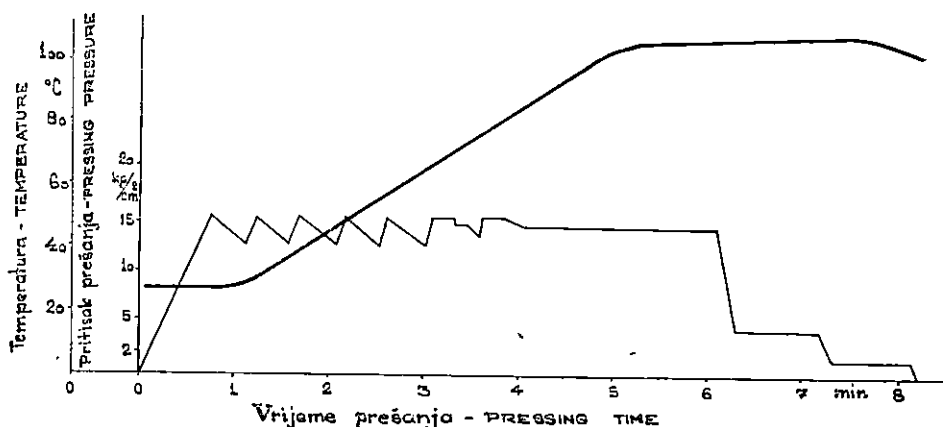
7.2 Glavna ispitivanja — Main tests

7.21 Volumna težina — Density

Na osnovi rasprostranjenog mišljenja i iskustva možemo reći, da je volumna težina vrlo važan čimbenik koji utječe na skoro sva svojstva ploča iverica. U ovoj radnji, kako je već prije iznijeto, za svaku ploču bila je odvajnuta jednaka količina apsolutno suhoga drvnog iverja, a kako je i debljina ploča s obzirom na iste odstojne letve predviđena da uvijek bude 19,3 mm, razlike koje su nastale rezultat su utjecaja različite vlage iverja i temperature prešanja. Brzina podizanja stola hidraulične preše kao i pritisak uvijek su bili jednaki. Možemo dakle govoriti samo o utjecaju vlage i temperature prešanja na volumnu težinu ploča.



Sl. — Fig. 15. Utjecaj vlage iverja vanjskih slojeva i temperature prešanja na vrijeme potrebno da se u sredini ploče postigne temperatura 100° C. Mjerenja kod ploča serije A označena su brojevima I — V, mjerenja kod ploča serije B brojevima 1 — 5. Oznake I i 1 predstavljaju rezultat istog mjerenja — Influence of particle moisture of outer layers and pressing temperature on the time necessary to achieve a temperature of 100° C in the middle of the particle board. Measurements in boards of Series A are marked with numbers I — V, those in boards of Series B with numbers 1 — 5. Designations I and 1 represent the result of the same measurement.



Sl. — Fig. 16. Temperatura u sredini debljine ploče iverice za vrijeme prešanja. Temperatura 100° C u sredini ploče postignuta je poslije 285 sekundi. — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The temperature of 100° C in the middle of board was achieved after 285 seconds.

Za ploče serije A srednja aritmetička vrijednost svih ispitanih uzoraka bila je 0,608 p/cm³, a za ploče serije B iznosila je 0,623 p/cm³.

Na Sl. 17 i 18 prikazana je volumna težina ploča iverica u odnosu na različitu vlagu iverja vanjskih slojeva kao i u odnosu na temperaturu prešanja.

Iz slika se vidi, da porastom vlage iverja prije prešanja raste i volumna težina ploča do određene granice. Nakon što vlaga iverja prekorači određenu vrijednost, volumna težina se smanjuje.

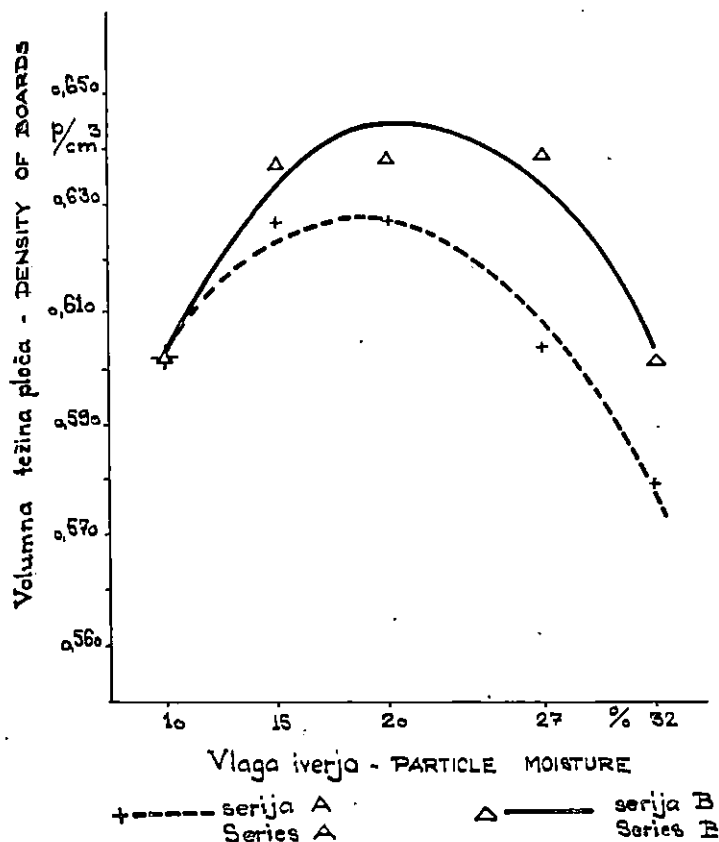
Kod ploča serije A volumna težina postiže maksimalne vrijednosti kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima 15 i 20%. Daljnjim povećanjem vlage iverja volumna težina se smanjivala. Kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 32% volumna težina bila je manja od vrijednosti koju su imale ploče bez razlike u sadržaju vlage između unutarnjega i vanjskih slojeva ćilima.

Kod ploča serije B maksimalna vrijednost volumne težine postignuta je kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 27%. Tek povećanjem vlage na 32% volumna težina ploča se smanjila.

Volumna težina ploča iverica serije B redovito je za određeni sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva i za određenu temperaturu prešanja bila veća od volumne težine ploča serije A (Sl. 17 i 18).

Povećanjem temperature prešanja povećavala se volumna težina ploča iverica zato jer je viša temperatura prešanja, u kombinaciji s vlagom iverja, povećala plastičnost iverja, što je imalo za posljedicu jače ugušćenje ćilima. U istom smislu djelovala je voda, dodana prskanjem na ćilim u odnosu na vodu koja je bila raspoređena ravnomjerno unutar vanjskih slojeva ćilima. Voda dodana prskanjem povoljnije je utjecala na ugušćenje ćilima, i dobivene su ploče veće volumne težine.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i volumne težine za ploče iverice serije B glasi:



Sl. — Fig. 17. Volumna težina ploča iverica u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva — Density of particle boards in relation to the particle moisture content of outer layers.

$$Y = 0,632754 + 0,004251 v - 0,000352 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9648.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva i volumne težine ploča iverica serije A glasi:

$$Y = 0,622957 + 0,002281 v - 0,000293 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9872.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i volumne težine ploča iverica serija A i B.

7.22 Vlaga ploča iverica — Moisture content of particle boards

Kod određivanja vlage ploča iverica određuje se relativna vlaga i normalna vlaga. Relativna vlaga je količina vode koju sadrži ploča iverica u času ispitivanja. U okviru ove radnje pod relativnom vlagom podrazumijeva se količina vode koju

sadrži ploča iverica nakon prešanja i hlađenja u jednoj zatvorenoj drvenoj kutiji iznad dehidracijskog sredstva. Kao dehidracijsko sredstvo upotrijebljen je silikagel. Ploče su se hladile nekoliko sati, a zatim su stavljene u plastične vreće tako da im se vlaga do ispitivanja nije više mijenjala.

Normalna vlaga je količina vode koju sadrži ploča nakon klimatizacije. Klimatizacija se obavlja u prostoriji koja ima relativnu vlagu $65 \pm 5\%$ i temperaturu $20 \pm 2^\circ \text{C}$ (JUS D.A1.103).

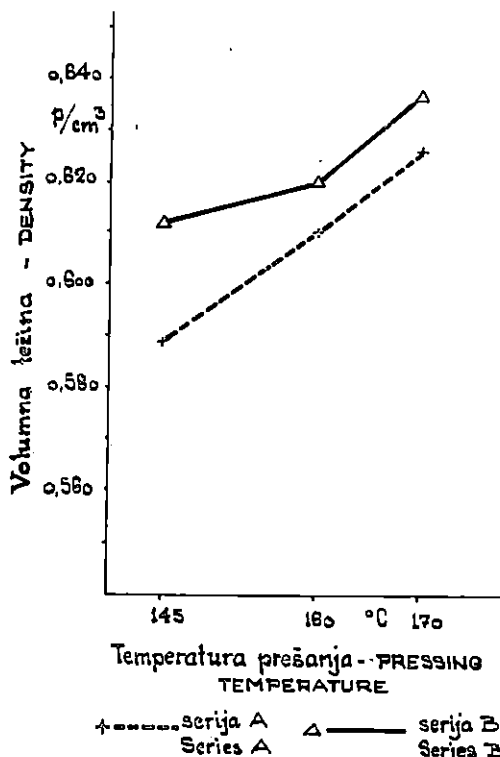
Relativna vlaga određivana je prema JUS-u D.A1. 103 i izražena je u % na dvije decimale. Isto tako određivana je i normalna vlaga nakon klimatizacije od 20 dana.

Ispitivanja normalne vlage ploča koje se nalaze na tržištu, obavljena u Institut für Holzforschung und Holztechnik (München) pokazala su, da je normalna vlaga tih ploča bila 9,6% (srednja vrijednost za sve ploče), a granice su bile 8,5% (donja) i 11,0% (gornja). Ispitivanja su izvršena pri normalnoj klimi prema DIN-u 50014, tj. 20/65 (Teichgräber, po Kollmannu (19)).

Za svaku skupinu ploča iverica određena je relativna i normalna vlaga. Podaci o relativnoj i normalnoj vlazi svake skupine ploča iverica dani su tabelarno i grafički.

7.221 Relativna vlaga ploča iverica — Relative moisture content of particle boards

Povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva prije prešanja povećavala se i relativna vlaga gotovih ploča.



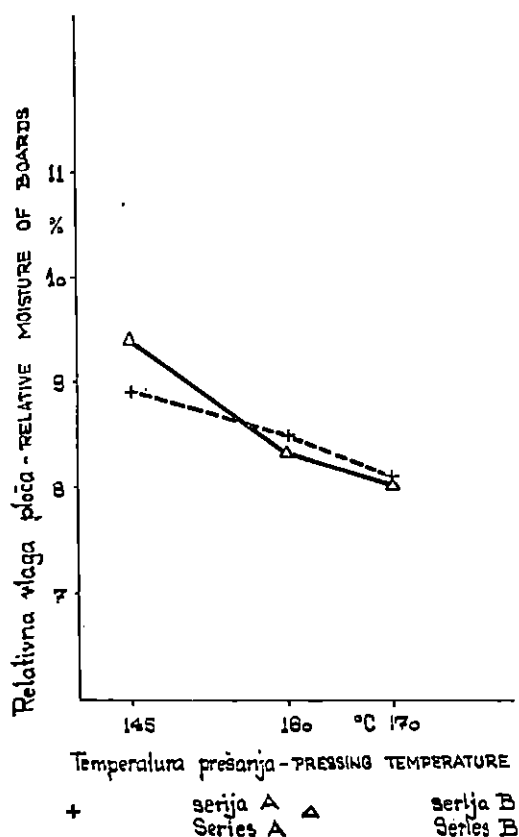
Sl. — Fig. 18. Volumna težina ploča iverica u odnosu na temperaturu prešanja — Density of particle boards in relation to the pressing temperature.

Kod manjih razlika u sadržaju vlage iverja vanjskih i unutarnjeg sloja (5 i 10%) relativna vlaga bila je veća kod ploča serije A, dok su kod većih razlika u vlazi iverja prije prešanja (17 i 22%) ploče serije B imale veću relativnu vlagu.

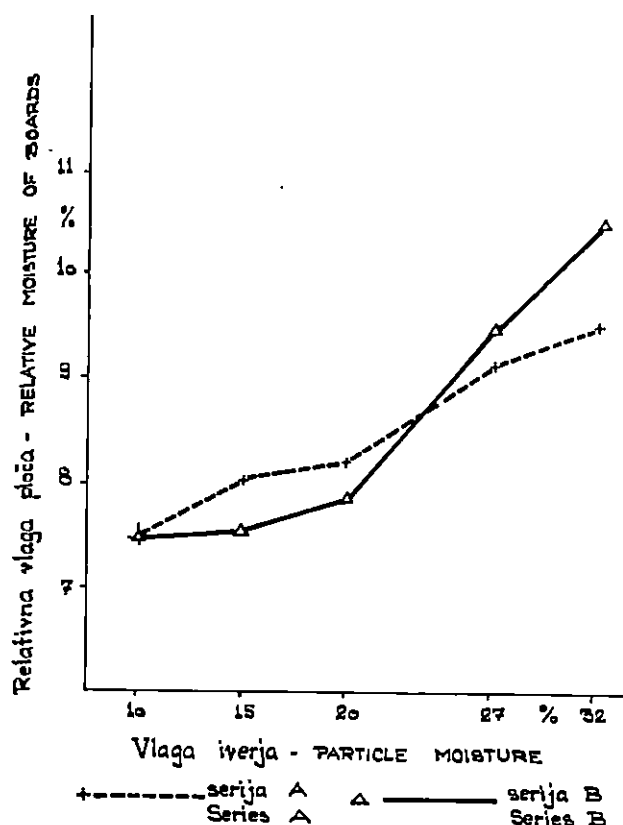
Temperatura prešanja također utječe na relativnu vlagu ploča. Povećanjem temperature prešanja smanjuje se relativna vlaga ploča. Utjecaj temperature primjećuje se i kod ploča serije A, i kod ploča serije B.

Relativna vlaga ploča serije A bila je 8,50%, a ploča serije B 8,58% (aritmetička sredina svih vrijednosti).

Na Sl. 19 prikazana je relativna vlaga ploča kod različitih temperatura prešanja. Vidimo da je povećanjem temperature prešanja relativna vlaga ploča bila sve manja. Na Sl. 20 prikazana je relativna vlaga ploča s obzirom na različiti sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva prije prešanja.



Sl. — Fig. 19. Relativna vlaga ploča s obzirom na temperaturu prešanja — Relative moisture of boards in respect to pressing temperature.



Sl. — Fig. 20. Relativna vlaga ploča u odnosu na vlagu iverja vanjskih slojeva — Relative moisture of boards in relation to the particle moisture content of outer layers.

7.222 Normalna vlaga ploča iverica — Normal moisture content of particle boards

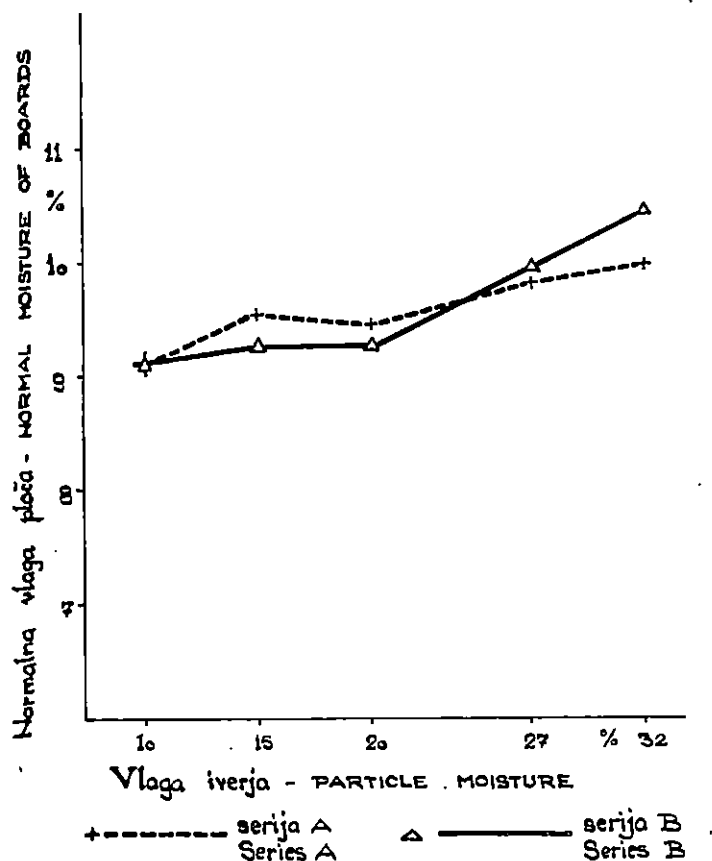
Normalna vlaga ploča iverica, u odnosu na temperaturu prešanja i sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva prije prešanja, pokazuje iste tendencije kao i relativna vlaga.

Ploče s većom početnom vlagom iverja vanjskih slojeva prije prešanja imale su veću normalnu vlagu od ploča, kod kojih je iverje vanjskih slojeva prije prešanja imalo manju vlagu. Dakle, odnosi između normalne vlage ploče i vlage iverja prije prešanja isti su kao i kod relativne vlage. Razlika je u tome, što kod normalne vlažnosti manje dolazi do izražaja različiti sadržaj vlage iverja, a to je i normalno očekivati.

Temperatura prešanja također utječe na normalnu vlagu ploča. Povećanjem temperature prešanja smanjuje se normalna vlažnost ploča. Činjenica da se i normalna vlaga ponaša kao što se mijenja relativna, može se tumačiti impregniranjem iverja ljepilom kojim se iverje međusobno lijepi, a vjerojatno, jednim dijelom, i nedovoljno dugim vremenom klimatizacije. Mislimo, naime, da bi se duljim vremenom klimatizacije

(npr. nekoliko mjeseci ili godina), unatoč djelovanju ljepila kao impregnansa, suzile granice unutar kojih se normalna vlaga nalazi.

Na Sl. 21 i 22 prikazana je normalna vlaga u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva prije prešanja i temperaturu prešanja.



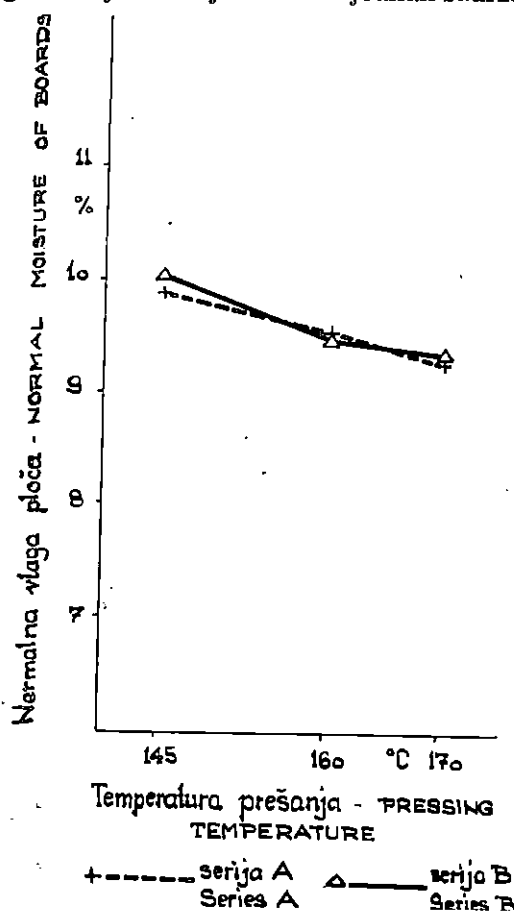
Sl. — Fig. 21. Normalna vlaga ploča u odnosu na vlagu iverja vanjskih slojeva — Normal moisture of boards in relation to the particle moisture content of outer layers.

7.23 Debljina — Thickness of particle boards

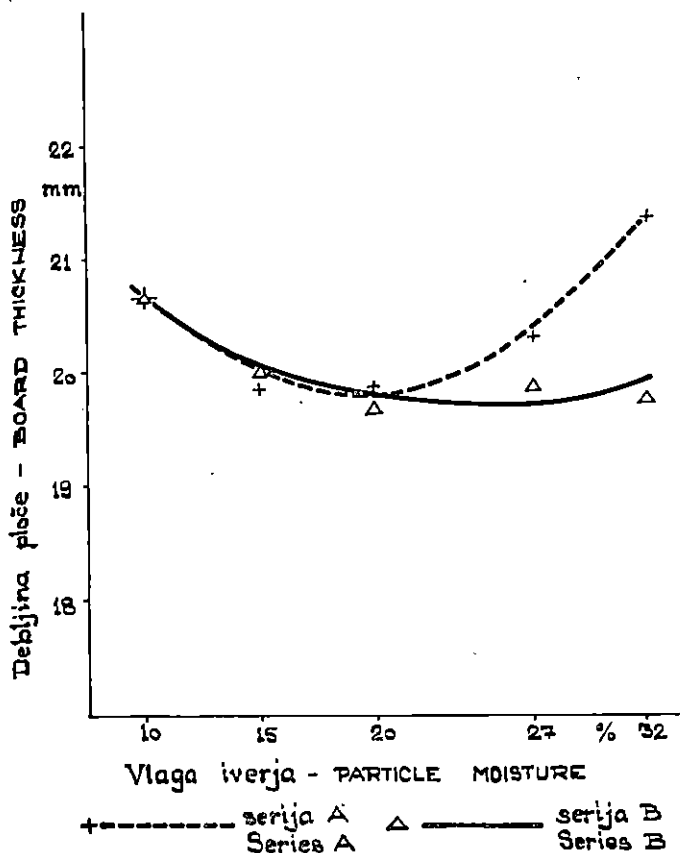
Srednja aritmetička vrijednost debljina ploča serije A iznosila je 20,44 mm, a ploča serije B 20,01 mm. Povećanjem vlage iverja vanjskih slojeva čilima (kod ploča serije A) na 15% debljina iverica se smanjila za 3,91%; povećanjem sadržaja vlage iverja na 20% debljina iverica smanjila se za 3,67%. Povećanjem sadržaja vlage iverja na 27% debljina iverica smanjila se za 1,79%, a daljnjim povećanjem sadržaja vlage iverja na 32% debljina iverica se povećala za 3,33% u odnosu na debljinu iverica, kojih je iverje unutarnjega i vanjskih slojeva imalo jednak sadržaj vlage (Sl. 23).

Kod ploča serije A najmanja debljina iverica postignuta je kod sadržaja vlage vanjskih slojeva 15%. Kod ploča serije B najmanja je debljina postignuta kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 20%. Kod ploča serije A debljina se povećavala u odnosu na debljinu koja je postignuta kod sadržaja vlage 15%, a kod ploča serije B povećavala se u odnosu na debljinu koja je postignuta kod sadržaja vlage vanjskih slojeva 20%. Povećanjem vlage iverja vanjskih slojeva kod ploča serije A, uslijed sporijeg zagrijavanja ćilima te serije, kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 32% vrijeme prešanja bilo je prekratko da ljepilo potpuno otvrdne. U tom slučaju trebalo bi produljiti vrijeme prešanja.

Povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima kod ploča serije B na 15% debljina iverica smanjila se za 3,38%; povećanjem sadržaja vlage na 20% debljina se smanjila za 4,98%; povećanjem sadržaja vlage na 27% debljina se smanjila za 3,96%, a povećanjem sadržaja vlage na 32% debljina se smanjila za 4,44% u odnosu na debljinu ploča, kojih je iverje unutarnjega i vanjskih slojeva imalo jednak sadržaj vlage (Sl. 23).



Sl. — Fig. 22. Normalna vlaga ploča u odnosu na temperaturu prešanja — Normal moisture of boards in relation to pressing temperature.



Sl. — Fig. 23. Utjecaj vlage iverja vanjskih slojeva na debljinu ploča iverica — Influence of particle moisture of outer layers on particle board thickness.

Debljina ploča u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva pokazuje suprotan trend od volumne težine ploča. Normalno je, naime, da što je ploča deblja, to joj je manja volumna težina, i obratno. Ako usporedimo sliku za volumnu težinu sa slikom za debljinu, primjećujemo da krivulja koja predstavlja debljinu ploče nije zrcalna slika krivulje, koja predstavlja volumnu težinu ploče za određen sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva. Odgovor zašto je to tako, je u razlici volumnih težina vanjskih i unutarnjih slojeva ploča iverica te u omjeru količina iverja za vanjske i unutarnje slojeve.

Utjecaj temperature može se također primijetiti. Što je temperatura viša, debljina je manja. Povećanjem temperature drvo postaje plastičnije i dolazi do boljeg ugušćenja ploča (Sl. 24).

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između debljine ploča i sadržaja vlage vanjskih slojeva čilima ploča serije A glasi:

$$Y = 20,000632 - 0,08451 v + 0,0097259 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9898.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između debljine ploča i sadržaja vlage vanjskih slojeva čilima ploča serije B glasi:

$$Y = 20,084186 - 0,087751 v + 0,0044607 v^2,$$

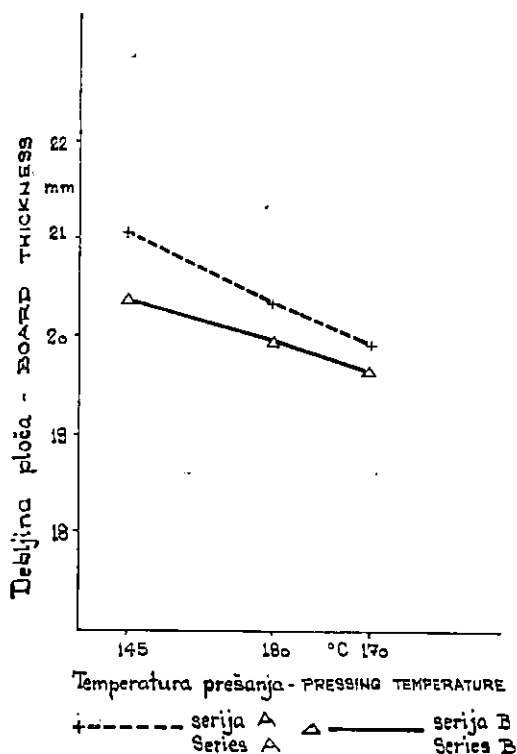
a indeks korelacije je 0,9435.

Visoki indeks ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i debljine ploča.

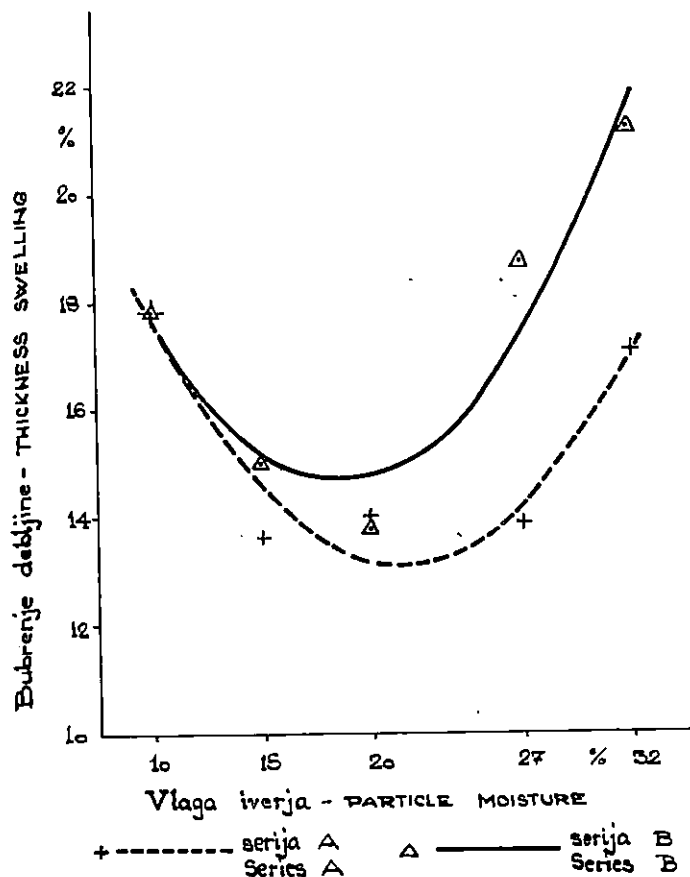
7.24 Upijanje vode i bubrenje debljine — Absorption of water and thickness swelling

Bubrenje debljine i upijanje vode ploča serije A (prikazano je na Sl. 25 i 26 crtanim linijama) pokazuje, kako se mijenjaju ta svojstva promjenom sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima. Vidimo da i ovdje, kao i kod fizičkih i mehaničkih svojstava ploča iverica, optimalne vrijednosti nalazimo kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima 15% (ploče serije A) odnosno 20% (ploče serije B).

Bubrenje debljine kod ploča serije A najveće je kod ploča, kojih je vlaga iverja u vanjskim i unutarnjim slojevima čilima 10%, tj. ne postoji



Sl. — Fig. 24. Utjecaj temperature prešanja na debljinu ploča iverica — Influence of pressing temperature on particle board thickness.



Sl. — Fig. 25. Bubrenje debljine u odnosu na različitu vlagu iverja vanjskih slojeva — Thickness swelling in relation to various particle moistures of outer layers.

razlika u sadržaju vlage vanjskih i unutarnjih slojeva ćilima. Povećanjem sadržaja vlage iverju vanjskih slojeva ćilima, bubrenje debljine se smanjuje i skoro se ne mijenja za sadržaj vlage vanjskih slojeva ćilima 15, 20 i 27%. Daljnjim povećanjem vlage iverju vanjskih slojeva bubrenje debljine se povećava. Sličan oblik ima i krivulja koja prikazuje upijanje vode u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva.

Ploče serije B također smanjuju bubrenje i upijanje povećanjem vlažnosti iverja vanjskih slojeva do određene granice. Najmanje bubrenje i upijanje pokazuje se kod sadržaja vlage vanjskih slojeva ca 20%. Daljnjim povećanjem vlage debljinsko bubrenje i utezanje se povećava. Ploče serije B pokazuju veće bubrenje debljine i istovremeno manje upijanje vode. To se normalno moglo očekivati, jer ploče serije B imaju veću volumnu težinu i manju debljinu nego ploče serije A. Ploče veće volumne težine više bubre, a manje upijaju vodu, dok ploče manje volumne težine (jer su poroznije) više upijaju vode, a manje bubre u debljinu.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i bubrenja debljine za ploče serije A glasi:

$$Y = 14,42959 - 0,44059 v + 0,03447 v^2,$$

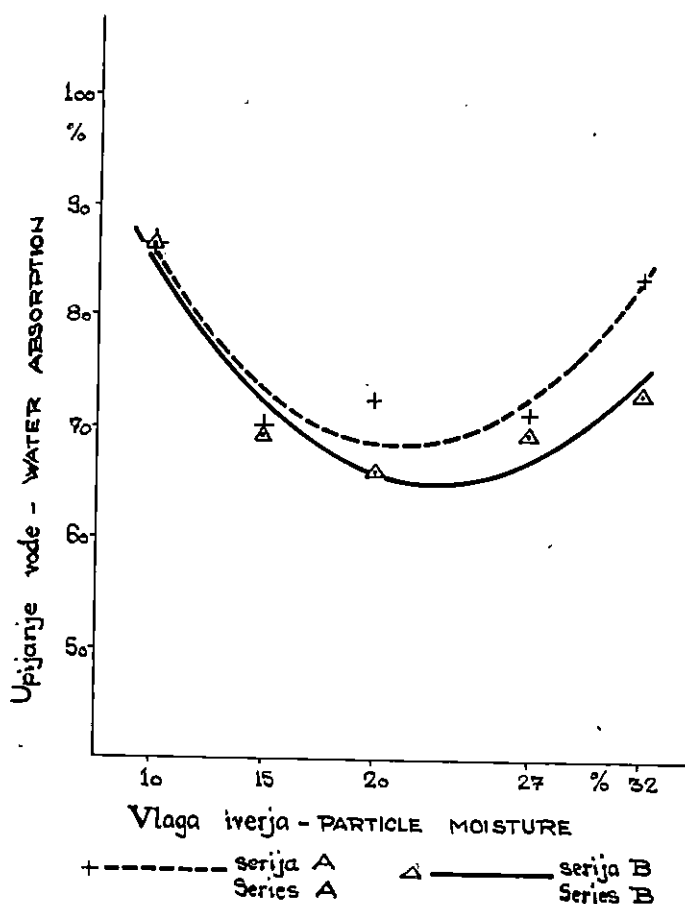
a indeks korelacije je 0,9490.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i bubrenja debljine ploča serije B glasi:

$$Y = 15,09084 - 0,28726 v + 0,03997 v^2,$$

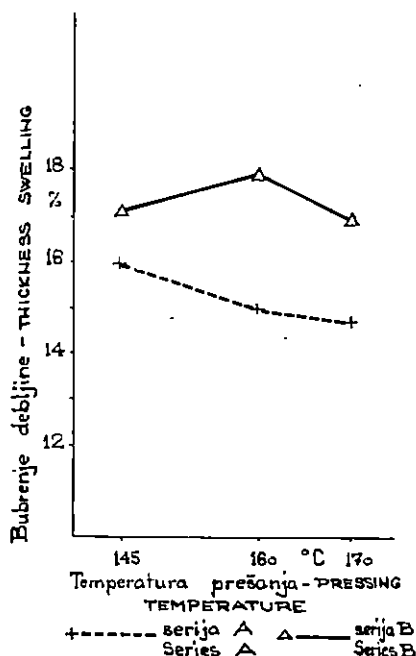
a indeks korelacije je 0,9162.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima i bubrenja debljine za ploče serija A i B.



Sl. — Fig. 26. Upijanje vode u odnosu na različitu vlagu iverja vanjskih slojeva — Water absorption in relation to various particle moistures of outer layers.

Temperatura prešanja manje utječe na bubrenje debljine i upijanje vode. Povećanjem temperature prešanja na 160° C bubrenje debljine kod ploča serije A čak je i poraslo. Daljnjim povećanjem na 170° C bubrenje debljine se smanjilo. Kod ploča serije B povećanjem temperature prešanja bubrenje debljine se smanjivalo. Upijanje vode kod ploča serije A i serije B povećanjem temperature prešanja smanjivalo se. Kod ploča serije A utjecaj temperature prešanja jače dolazi do izražaja (Sl. 27 i 28).



Sl. — Fig. 27. Bubrenje debljine u odnosu na različitu temperaturu prešanja — Thickness swelling in relation to various pressing temperatures

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i upijanja vode za ploče serije A glasi:

$$Y = 73,79619 - 1,67218 v + 0,13123 v^2,$$

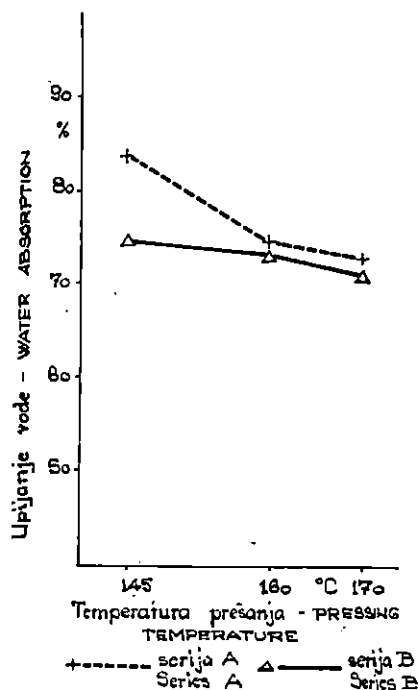
a indeks korelacije je 0,9346.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i upijanja vode za ploče serije B glasi:

$$Y = 72,55682 - 1,89931 v + 0,11937 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9624.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima te upijanja vode za ploče iverice serija A i B.



Sl. — Fig. 28. Upijanje vode u odnosu na različitu temperaturu prešanja — Water absorption in relation to various pressing temperatures.

7.25 Čvrstoća savijanja — Bending strength

Čvrstoća savijanja često se uzimala kao kriterij za procenjivanje kvalitete iverica. Ona je u odnosu na čvrstoću savijanja furnirskih ploča i tvrdih ploča vlaknatica mala.

Utjecaj različitog sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima na čvrstoću savijanja može se uočiti na Sl. 29.

Vidimo da kod ploča serije A porastom vlage iverja vanjskih slojeva raste i čvrstoća savijanja i postiže maksimum kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima 15%.

Čvrstoća savijanja iverica serije B pokazuje maksimum u području sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 15—20%, dakle jedan širi maksimum. Apsolutni maksimum postignut je i u tom slučaju kod 20% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva. Ako se sadržaj vlage dalje povećava, čvrstoća savijanja se smanjuje.

Povišenjem temperature prešanja povećavala se čvrstoća savijanja ploča serije A i ploča serije B (Sl. 30).

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i čvrstoće savijanja za ploče serije A glasi:

$$Y = 155,496 + 1,264 v - 0,378 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9765.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i čvrstoće savijanja za ploče serije B glasi:

$$Y = 162,614 + 2,568 v - 0,386 v^2,$$

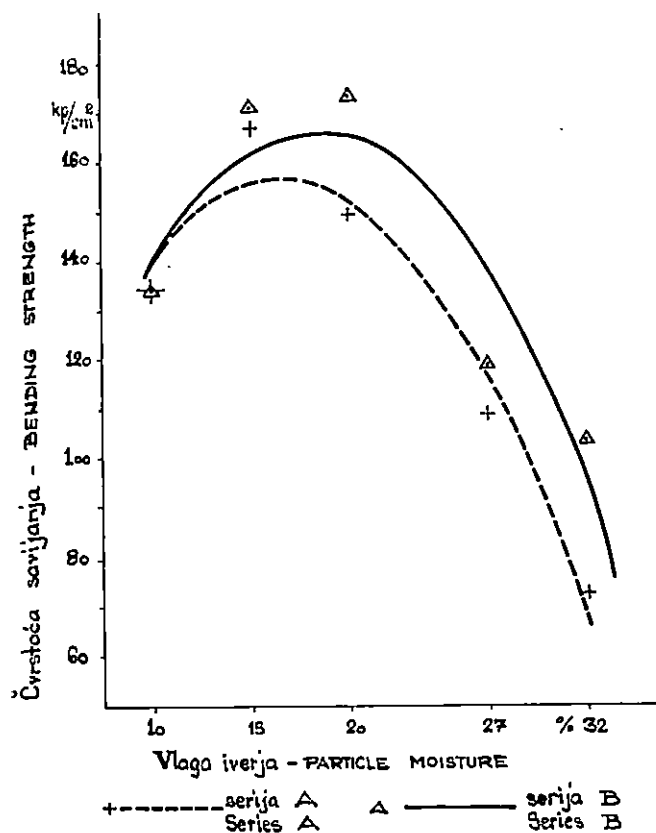
a indeks korelacije je 0,9170.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i čvrstoće savijanja za ploče serija A i B.

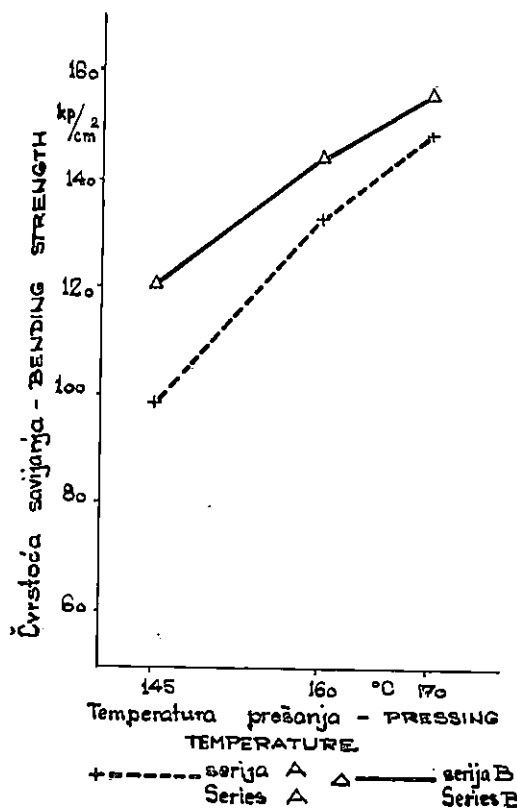
7.26 Čvrstoća raslojavanja — Delamination strength

Iz Sl. 31 vidljivo je, da se i kod čvrstoće raslojavanja najveće vrijednosti postižu kod vlažnosti iverja vanjskih slojeva ćilima 15% za seriju A, a kod ploča serije B uz vlagu vanjskih slojeva ćilima 20%. Navedene maksimalne vrijednosti potvrđuju rezultate ispitivanja čvrstoće savijanja.

Promjena sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima utječe na



Sl. — Fig. 29. Utjecaj vlage iverja vanjskih slojeva ćilima na čvrstoću savijanja ploča iverica — Influence of the particle moisture of outer layer of mat on the bending strength of particle boards.



Sl. — Fig. 30. Utjecaj temperature prešanja na čvrstoću savijanja ploča iverica — Influence of pressing temperature on the bending strength of particle boards.

čvrstoću raslojavanja ploča serije A i ploča serije B. Ovdje ističemo da se, prema našem mišljenju, čvrstoća raslojavanja kod ploča serije B, kojih je vlaga vanjskih slojeva čilima iznosila 27% odnosno 32%, ne smanjuje u istoj mjeri kao što se smanjuje čvrstoća raslojavanja kod ploča serije A, i to zbog toga što visoka vlaga vanjskih slojeva čilima kod ploča serije B djeluje na povećanje gustoće unutarnjeg sloja iverice, a o njoj u velikoj mjeri zavisi čvrstoća raslojavanja.

Na osnovi ispitivanja čvrstoće raslojavanja koje je obavljao Liiri (27), vidimo da čvrstoća raslojavanja raste povećanjem volumne težine ploča iverica. Budući da je kod troslojnih iverica gustoća srednjeg sloja zbog upotrebe krupnijeg iverja redovito manja (27), lom će prilikom ispitivanja čvrstoće raslojavanja najčešće nastupiti u srednjem sloju.

Povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva kod ploča serije A na 15% povećala se čvrstoća raslojavanja za 103,63%; povećanjem sadržaja vlage na 20% povećala se čvrstoća raslojavanja za 25,91%; povećanjem sadržaja vlage na 27% čvrstoća raslojavanja bila je jednaka kao kod

ploča bez razlike u sadržaju vlage između iverja unutarnjega i vanjskih slojeva, a povećanjem sadržaja vlage na 32% smanjila se čvrstoća raslojavanja za 59,07%.

Kod ploča serije B povećanjem sadržaja vlage na 15% povećala se čvrstoća raslojavanja za 11,92%; povećanjem sadržaja vlage na 20% za 52,85% povećanjem sadržaja vlage na 27% za 36,79%, a povećanjem na 32% čvrstoća raslojavanja povećala se za 13,47% u odnosu na čvrstoću raslojavanja iverica, kojih je sadržaj vlage iverja unutarnjega i vanjskih slojeva bio jednak.

Kod ploča serije A srednja vrijednost čvrstoće raslojavanja povećava se povišenjem temperature prešanja. U odnosu na čvrstoću raslojavanja kod temperature prešanja 145° C, čvrstoća raslojavanja kod 160° C povećala se za 77,37%, a kod 170° C za 105,11%.

Kod ploča serije B povišenjem temperature prešanja na 160° C smanjila se čvrstoća raslojavanja za 14,16%; povišenjem temperature prešanja na 170° C povećala se za 28,76%.

Na osnovi ispitivanja u okviru ove radnje ne možemo objasniti, zašto je čvrstoća raslojavanja kod ploča serije B pri temperaturi prešanja 160° C manja od čvrstoće raslojavanja koja je postignuta pri temperaturi prešanja 145° C.

Kod ploča serije B sa sadržajem vlage 27 i 32% redovito je dolazilo do loma u vanjskim slojevima iverica. Ispitivanje je tada ponavljano nekoliko puta, i ponekad je tek kod petog ispitivanja dobiven lom u srednjem sloju iverice. Prije toga dvaput su dobiveni lomovi u vanjskim slojevima iverica i to tako, da su se uvijek događali izmjenično u gornjem, zatim u donjem vanjskom sloju. Podaci o čvrstoći raslojavanja grafički su prikazani na Sl. 31 i 32.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između čvrstoće raslojavanja i vlage iverja vanjskih slojeva čilima za ploče serije A glasi:

$$Y = 3,00562 + 0,07045 v - 0,01236 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,8631.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između čvrstoće raslojavanja i sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima za ploče serije B glasi:

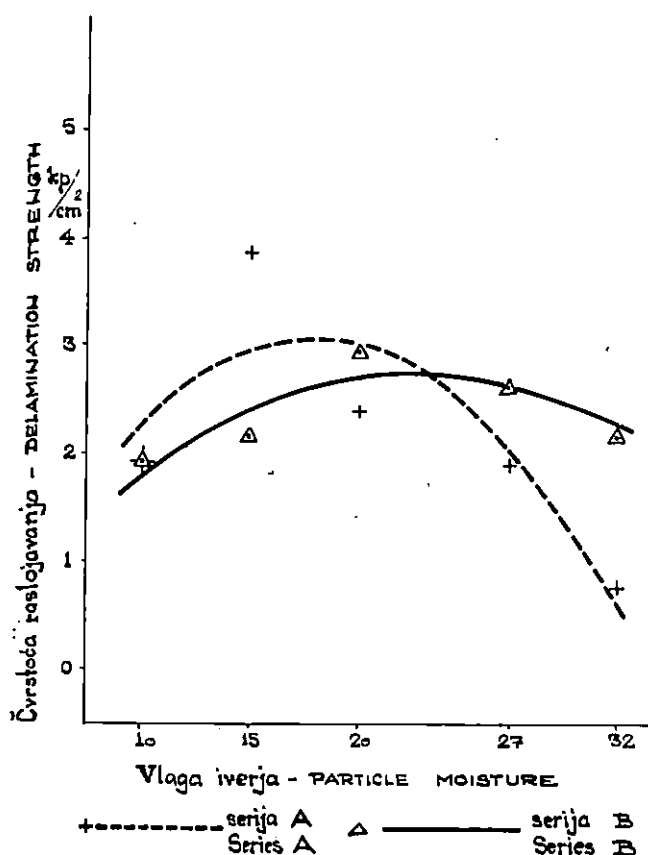
$$Y = 2,43927 + 0,09207 v - 0,00589 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,8966.

Visoki stupanj korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između čvrstoće raslojavanja i sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima za ploče serija A i B.

7.27 Sposobnost držanja vijaka — Screw-holding power

Sposobnost držanja vijaka pokazuje, u odnosu na vlagu iverja vanjskih slojeva čilima, uglavnom iste karakteristike kao i ostala svojstva ploča iverica. Kod ploča serije A najveće vrijednosti postignute su sa sadržajem vlage vanjskih slojeva čilima 15%, a kod ploča serije B sa sadržajem 20%.



Sl. — Fig. 31. Čvrstoća raslojavanja u odnosu na različiti sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva — Delamination strength in relation to various particle moistures of outer layers.

Sposobnost držanja vijaka vrlo je interesantna, jer se vijci za drvo često upotrebljavaju za pričvršćivanje okova.

Sposobnost držanja vijaka zavisi o volumnoj težini ploča iverica, a pri tome treba uzeti u obzir, da razdioba gustoće u smjeru debljine ploče iverice također utječe na sposobnost držanja vijaka.

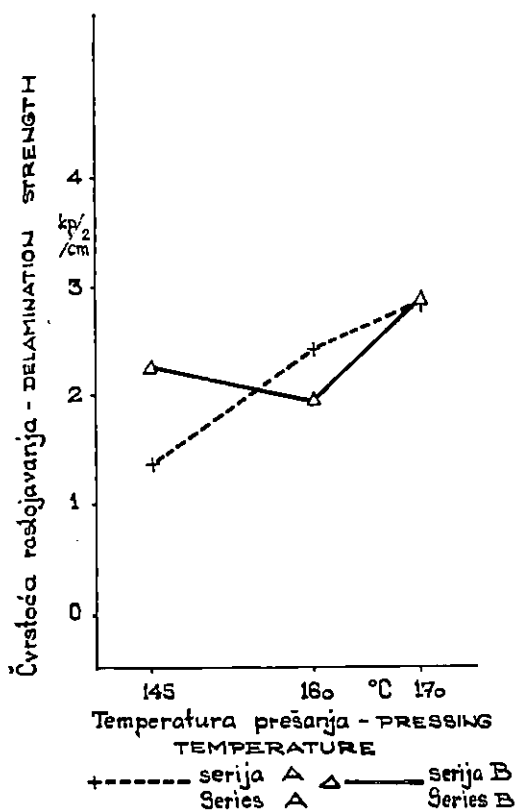
7.271 Sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploča iverica — Screw-holding power perpendicular to the plane of particle boards

Sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploča iverica prikazana je na Sl. 33 i 34. Iz slika se vidi da su vrijednosti kod ploča serije B veće od vrijednosti, dobivenih kod ploča serije A u odnosu na različiti sadržaj vlage, a isto tako i u odnosu na različite temperature prešanja. Objašnjenje za takvo ponašanje je vrlo jednostavno, uzme li se u obzir, da

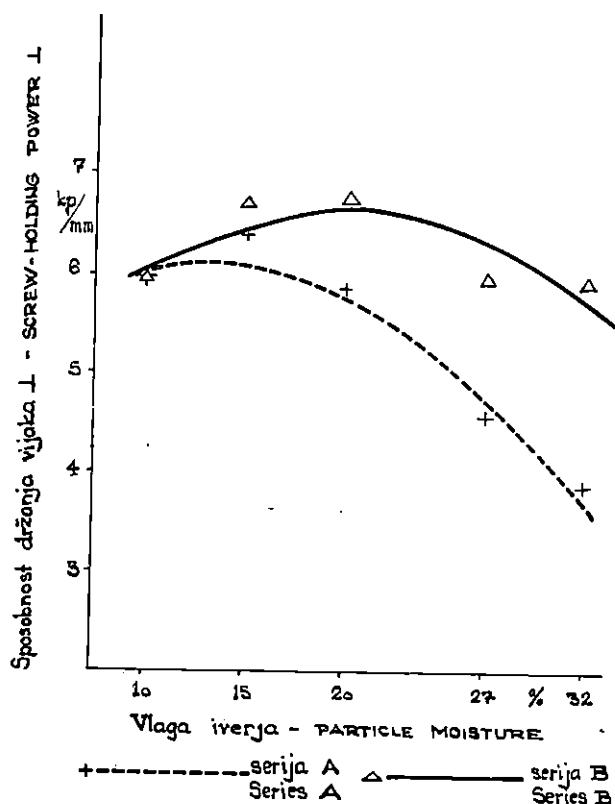
je volumna težina ploča iverica serije B redovno veća od volumne težine ploča serije A, a — kao što je poznato — sposobnost držanja vijaka raste povećanjem volumne težine ploča iverica (*Liiri*) (11).

Osim toga povećanjem sadržaja vode iverja vanjskih slojeva čilima mijenja se gustoća pojedinih slojeva iverice u smjeru debljine, i to različito kod ploča serije A i ploča serije B. Osim volumne težine iverice i gustoća pojedinih slojeva utječe na sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploče iverice. U okviru naše radnje nismo detaljno ulazili u analizu utjecaja gustoće pojedinih slojeva iverice i, eventualno, drugih činilaca na sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploče iverice.

I u slučaju ispitivanja sposobnosti držanja vijaka okomito na površinu ploče najveće vrijednosti kod ploča serije A dobivene su kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 15%, a kod ploča serije B najveće vrijednosti kod 20% vlage iverja vanjskih slojeva čilima. Vrlo je čest slučaj u okviru naših ispitivanja, da najveće vrijednosti fizičkih i mehaničkih svojstava ploče serije A postižu kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 15%, a ploče serije B kod 20% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva.



Sl. — Fig. 32. Čvrstoća raslojavanja u odnosu na različite temperature prešanja — Delamination strength in relation to various pressing temperatures.



Sl. — Fig. 33. Sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploča iverica u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva čilima — Screw-holding power perpendicular to the plane of particle boards in relation to the particle moisture of outer layers of mat.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i sposobnosti držanja vijaka okomito na površinu ploča za ploče serije A glasi:

$$Y = 6,10754 + 0,02854 v - 0,00667 v^2,$$

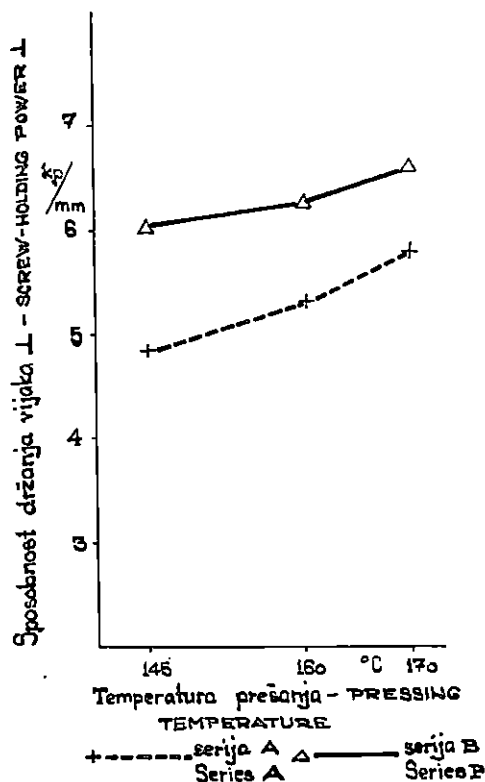
a indeks korelacije je 0,9801.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i sposobnosti držanja vijaka okomito na površinu ploča za ploče serije B glasi:

$$Y = 6,52016 + 0,05819 v - 0,00608 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,8339.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i sposobnosti držanja vijaka okomito na površinu ploča iverica serije A i B.



Sl. — Fig. 34. Sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploča iverica u odnosu na temperaturu prešanja — Screw-holding power perpendicular to the plane of particle boards in relation to pressing temperature.

7.272 Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploča iverica — Screw-holding power parallel to the plane of particle boards

Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče postižu svoju najveću vrijednost kod vlage iverja vanjskih slojeva čilima 15% (kod ploča serije A) odnosno 20% (kod ploča serije B).

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i sposobnosti držanja vijaka paralelno s površinom ploče za ploče serije A glasi:

$$Y = 4,16044 + 0,07107 v - 0,00955 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,8675.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i sposobnosti držanja vijaka paralelno s površinom ploče za ploče serije A.

S obzirom na raspored rezultata ispitivanja sposobnosti držanja vijaka paralelno s površinom ploče (Sl. 35), stohastičku zavisnost između sposobnosti držanja vijaka paralelno s površinom ploče i sadržaja vlage vanjskih slojeva prikazali smo pravcem. Jednadžba pravca, koji predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i sposobnosti držanja vijaka paralelno s površinom iverice, za ploče serije B glasi:

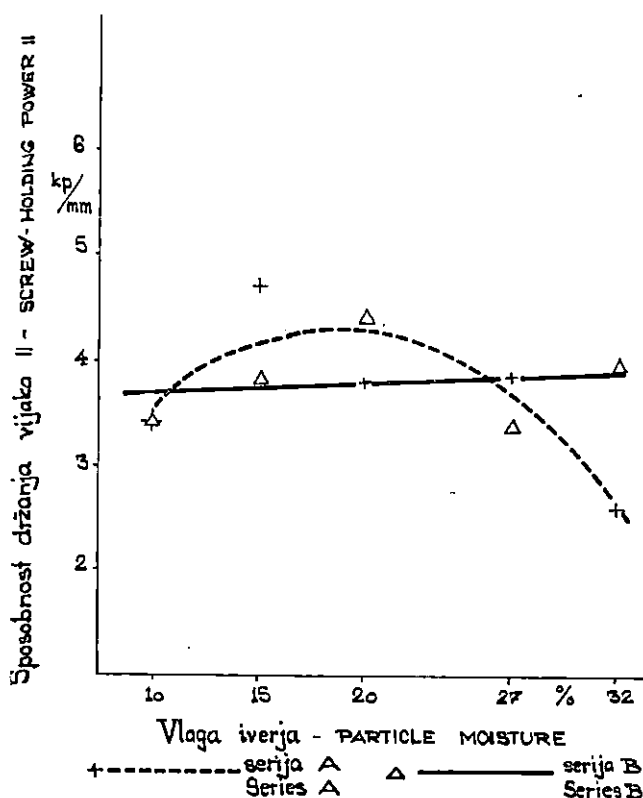
$$Y = 3,7325922 - 0,007481 v,$$

a koeficijent korelacije je 0,15845.

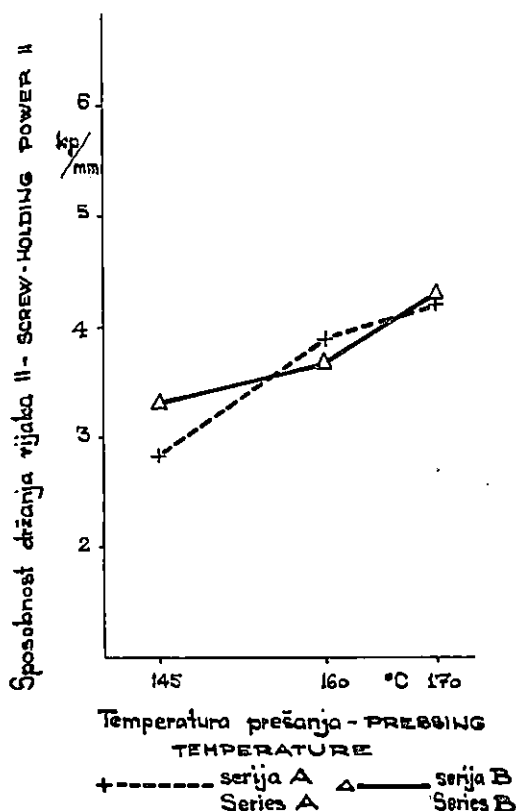
Iz Sl. 35 vidimo, da kod ploča serije B ne možemo sa sigurnošću utvrditi utjecaj različitog sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima na sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče, a na to ukazuje i mali koeficijent korelacije.

Povišenjem temperature prešanja povećavala se sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče iverice kod ploča serije A i serije B.

Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče u odnosu na temperaturu prešanja prikazana je na Sl. 36.



Sl. — Fig. 35. Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče u odnosu na različiti sadržaj vlage vanjskih slojeva — Screw-holding power parallel with the plane of the board in relation to various moisture contents of outer layers.



Sl. — Fig. 36. Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče u odnosu na temperaturu prešanja — Screw-holding power parallel with the plane of the board in relation to pressing temperature.

7.28 Sposobnost držanja čavala — Nail-holding power

Sposobnost držanja čavala danas je mnogo manje zanimljiva, no možda će ponovno doći do izražaja kod gradnje kuća uz sve veću primjenu iverica.

7.281 Sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploča — Nail-holding power perpendicular to the plane of boards

Prómjennom sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva mijenja se i sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče. Ploče serije A postižu maksimalne vrijednosti kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima, a ploče serije B kod 20% sadržaja vlage. Dakle, i ovdje maksimalne vrijednosti ploča serije B »zaostaju« u odnosu na ploče serije A. Povećanjem vlage iverju vanjskih slojeva kod ploča serija A na 15% povećala se sposobnost držanja čavala za 18%, a povećanjem sadržaja vlage na 32% sposobnost držanja čavala smanjila se za 20%. Kod ploča

serije B povećanjem sadržaja vlage iverju vanjskih slojeva na 15% povećala se sposobnost držanja čavala za 120%; povećanjem sadržaja vlage na 20% za 200%; povećanjem vlage na 27% za 4%, a daljnjim povećanjem vlage na 32% smanjila se sposobnost držanja čavala za 80%.

Sposobnost držanja čavala u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva čilima mijenja se kao i volumna težina u odnosu na sadržaj vlage vanjskih slojeva čilima. Povećanjem volumne težine iverica povećava se, a smanjenjem volumne težine smanjuje se sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče iverice.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i sposobnosti držanja čavala okomito na površinu ploča iverica za ploče serije A glasi:

$$Y = 56,52655 + 0,89533 v - 0,09296 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9678.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i sposobnosti držanja čavala okomito na površinu ploča iverica za ploče serije B glasi:

$$Y = 55,84506 + 0,46758 v - 0,08879 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9589.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu parabolichnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i sposobnosti držanja čavala okomito na površinu ploča iverica za ploče serija A i B (Sl. 37).

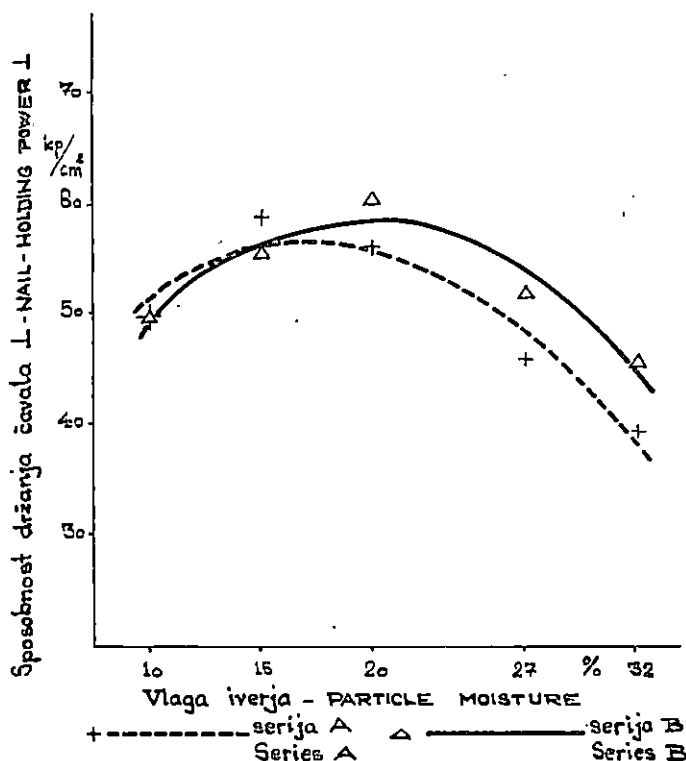
Temperatura prešanja je također utjecala na sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploča iverica. Povećanjem temperature prešanja povećavala se sposobnost držanja čavala kod ploča serija A i B. Povećanje sposobnosti držanja čavala, a isto tako i povećanje čvrstoće raslojavanja dovodi se u vezu s većim stupnjem kondenzacije karbamid-formaldehidnog ljepljiva, što ima izravan utjecaj na čvrstoću spoja pojedinih ivera u ploči iverici.

Sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče iverice u odnosu na temperaturu prešanja prikazana je na Sl. 38.

7.282 Sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploča — Nail-holding power parallel to the plane of boards

Sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče iverice, kao i većina ostalih svojstava, postiže maksimalne vrijednosti kod ploča serije A s 15% vlage iverja vanjskih slojeva, a kod ploča serije B s 20%. Kod ploča serije B primjećuje se linearno povećavanje tih vrijednosti povećanjem sadržaja vlage. To možemo vrlo lako objasniti pomoću Sl. 43 na kojoj vidimo, da gustoća unutarnjeg sloja ploča iverica raste porastom vlage iverja vanjskih slojeva, a upravo gustoća srednjeg dijela iverice mjerodavna je u tom slučaju za sposobnost držanja čavala.

Kod ploča serije A povećanjem sadržaja vlage iverju vanjskih slojeva čilima na 15% sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče povećala se za 67,5%; povećanjem sadržaja vlage na 20% za 34,3%;



Sl. — Sig. 37. Sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče u odnosu na različit sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva — Nail-holding power perpendicular to the plane of the board in relation to various particle moisture contents of outer layers.

povećanjem sadržaja vlage na 27,0% za 31,9%, a povećanjem sadržaja vlage na 32,0% smanjila se za 4,8%.

Kod ploče serije B povećanjem sadržaja vlage iverju vanjskih slojeva povećavala se i sposobnost držanja čavala, i to: povećanjem sadržaja vlage na 15,0% za 16,3%, povećanjem sadržaja vlage na 20,0% za 57,2%, povećanjem sadržaja vlage na 27,0% za 37,3% i povećanjem sadržaja vlage na 32,0% za 80,7%.

Na Sl. 39 prikazana je sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva čilima.

Temperatura prešanja također utječe na sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče. Povećanjem temperature prešanja povećala se i sposobnost držanja čavala. Na Sl. 40 prikazana je sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče iverice u odnosu na temperaturu prešanja.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i sposobnosti držanja čavala paralelno s površinom ploče iverice za ploče serije A glasi:

$$Y = 20,09732 + 0,61088 v - 0,0704 v^2,$$

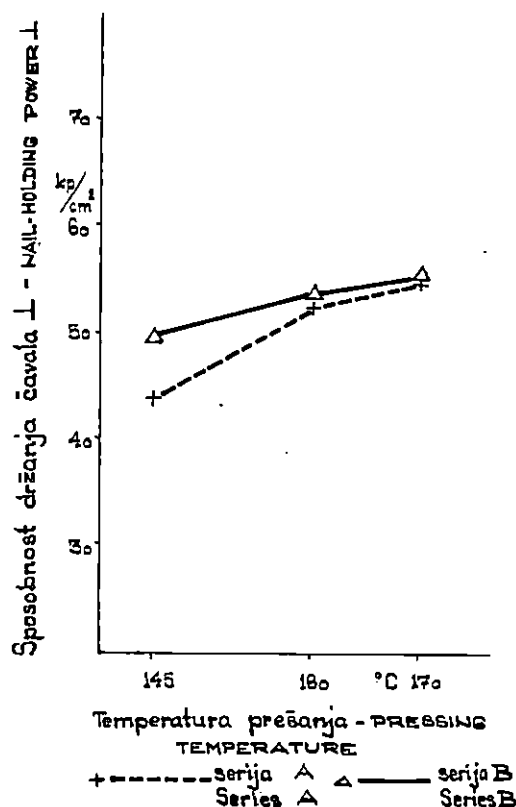
a indeks korelacije je 0,878419.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i sposobnosti držanja čavala paralelno s površinom ploče za ploče serije A.

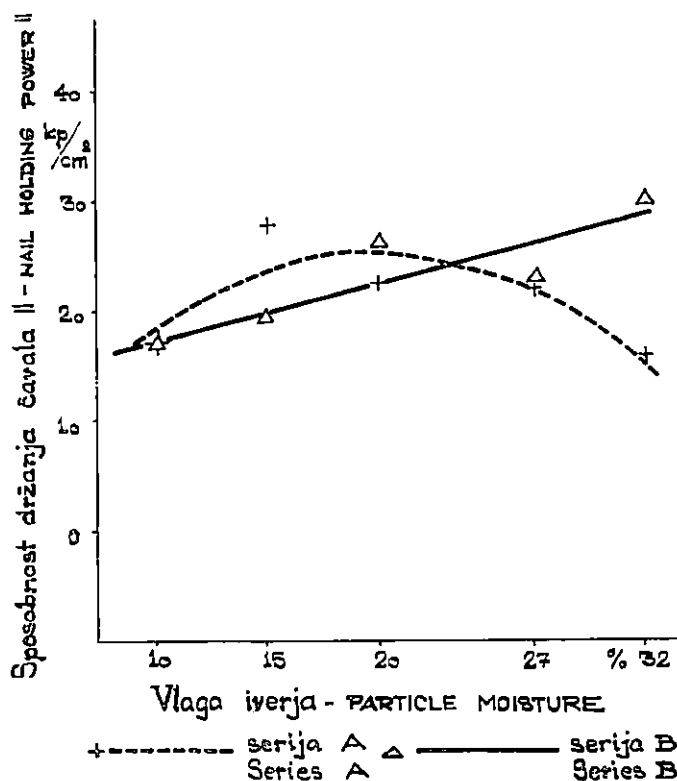
S obzirom na raspored rezultata ispitivanja sposobnosti držanja čavala paralelno s površinom iverice (Sl. 39), stohastičku zavisnost između sposobnosti držanja čavala paralelno s površinom ploče i sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva prikazali smo pravcem. Jednadžba pravca, koji predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i sposobnosti držanja čavala paralelno s površinom ploče iverice, za ploče serije B glasi:

$$Y = 19,915184 + 0,5249682 v,$$

a koeficijent korelacije je 0,875086.



Sl. — Fig. 38. Sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče u odnosu na različite temperature prešanja — Nail-holding power perpendicular to the plane of the board in relation to various pressing temperatures.



Sl. — Fig. 39. Sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče u odnosu na vlagu iverja vanjskih slojeva — Nail-holding power parallel with the plane of the board in relation to the particle moisture of outer layers.

Visoki koeficijent korelacije ukazuje na čvrstu linearnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i sposobnosti držanja čavala paralelno s površinom ploča iverica.

7.29 Kvaliteta površine — Surface quality of boards

Kvaliteta površine ima veliku važnost kod brojnih postupaka obrade površine (od ručnog ličenja, brušenja, furniranja, uključujući lakiranje i poliranje do oplemenjivanja površine umjetnim smolama).

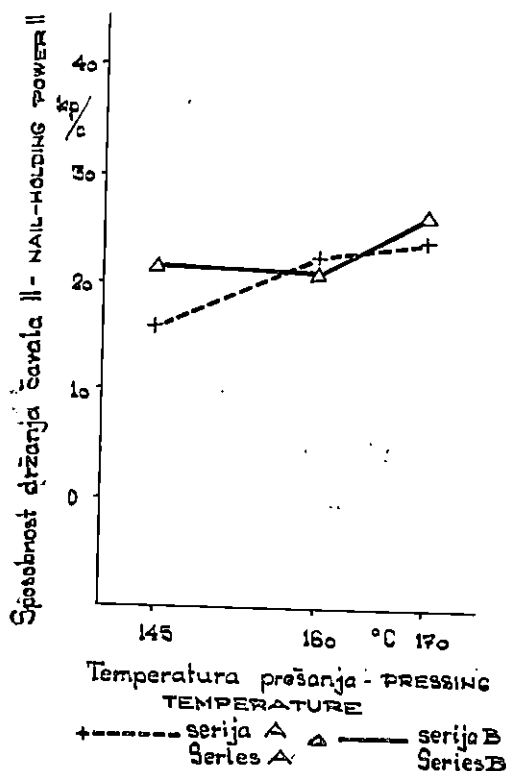
U objašnjenju DIN-a 68 761 Blatt 1, lipanj 1961, kaže se: »Za ostala upotrebna svojstva ne postoje za sada zadovoljavajuće metode ispitivanja koje daju jednoznačne rezultate. Tu se ubraja: gustoća površine (zatvorenost, poroznost), čvrstoća površine na pojedinim mjestima, podjednako površine (ravnost, hrapavost), čvrstoća plohe koja nastaje rezanjem (čvrstoća rubova), ponašanje kod oblaganja (furniranje, izrada različitih vrsta filmova na površini, lakiranje). Da bi za neku određenu upotrebu odabrao najpovoljniju ploču ivericu, onaj tko obrađuje ivericu, mora koristiti svoja vlastita iskustva«.

Da bismo u ovoj radnji dali sliku o kvaliteti površine, mjerili smo gustoću vanjskih slojeva i gustoću unutarnjih slojeva, a jednu informaciju daje i činjenica, da kod ispitivanja čvrstoće raslojavanja ploča iverica serije B, kojih je vlaga iverja vanjskih slojeva čilima 20% (ili još više), najčešće dolazi do loma u vanjskim slojevima tik uz površinu ploče. Na osnovi iskustva iz naše radnje i činjenice da spoj, izveden karbamidnim ljepilom vrlo brzo slabi, ako je u dodiru s vlagom na temperaturi iznad 80° C (1), uzrok toj pojavi mogli bismo jednim dijelom pripisati nepovoljnom utjecaju vlage i temperature na površini ploče iverice.

7.291 Gustoća vanjskih slojeva ploča iverica — Density of outer layers of particle boards

Gustoća vanjskih slojeva ploča serije A i ploča serije B postigla je maksimalne vrijednosti kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 15%. Daljnjim povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva gustoća vanjskih slojeva, u odnosu na maksimalnu vrijednost, smanjivala se.

U odnosu na gustoću vanjskih slojeva ploča iverica (bez razlike u sadržaju vlage iverja unutarnjega i vanjskih slojeva) kod ploča serije A,



Sl. — Fig. 40. Sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče u odnosu na različitu temperaturu prešanja — Nail-holding power parallel with the plane of the board in relation to various pressing temperatures.

povećanjem sadržaja vlage vanjskih slojeva na 15% povećala se gustoća za 3,69%; povećanjem sadržaja vlage iverja na 20% gustoća se povećala za 3,27%; povećanjem sadržaja vlage na 27% gustoća se povećala za 1,56%, a povećanjem sadržaja vlage na 32% gustoća se smanjila za 0,14%.

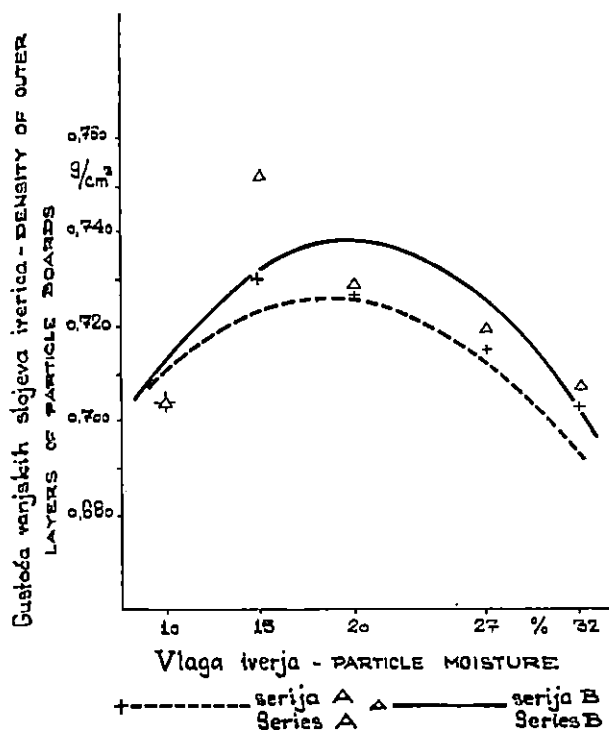
Gustoća vanjskih slojeva ploča serije B povećala se povišenjem sadržaja vlage iverja na 15% za 6,82%, povećanjem sadržaja vlage na 20% za 3,55%, povećanjem sadržaja vlage na 27% za 2,27%, povećanjem sadržaja vlage na 32% za 0,57%. Na Sl. 41 i 42 grafički je prikazana gustoća vanjskih slojeva u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva čilima i temperature prešanja.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva i gustoće vanjskih slojeva ploče iverice za ploče serije A glasi:

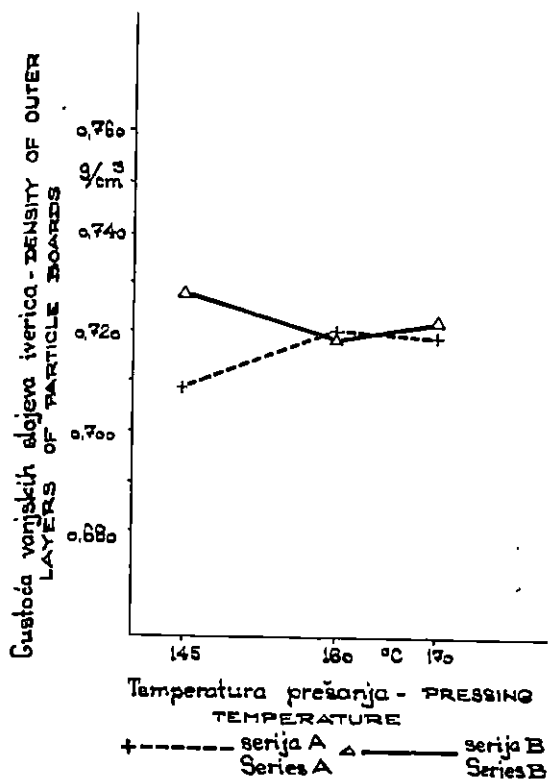
$$Y = 0,72316 + 0,0016125 v - 0,0002048 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9692.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i gustoće vanjskih slojeva ploče iverica za ploče serije B glasi:



Sl. — Fig. 41. Gustoća vanjskih slojeva iverica u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva čilima
— Density of outer layers of particle boards in relation to the particle moisture content of outer layers of mat.



Sl. — Fig. 42. Gustoća vanjskih slojeva iverica u odnosu na temperaturu prešanja — Density of outer layers of particle boards in relation to pressing temperature.

$$Y = 0,73193 + 0,00257 v - 0,0002509 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,7519.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i gustoće vanjskih slojeva ploča iverica serija A i B.

Povišenjem temperature prešanja kod ploča serije A povećava se gustoća vanjskih slojeva iverica u odnosu na gustoću pri temperaturi prešanja 145°C; povišenjem temperature prešanja na 160°C gustoća vanjskih slojeva povećala se za 1,55%, a daljnjim povišenjem temperature prešanja na 170°C gustoća se povećala za 1,41%.

Povišenjem temperature prešanja kod ploča serije B gustoća vanjskih slojeva iverica smanjivala se u odnosu na gustoću kod temperature prešanja 145°C; povišenjem temperature prešanja na 160°C gustoća vanjskih slojeva smanjila se za 1,23%, a daljnjim povišenjem temperature na 170°C gustoća se smanjila za 0,82%.

7.292 *Gustoća unutarnjeg sloja ploča iverica — Density of middle layer of particle boards*

Na Sl. 43 prikazan je utjecaj različite vlage iverja vanjskih slojeva čilima na gustoću unutarnjeg sloja ploča iverica. Vidimo da vlaga iverja različito utječe na gustoću unutarnjeg sloja ploča iverica. Maksimalna vrijednost gustoće unutarnjeg sloja iverica postignuta je kod ploča serije A uz 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima, a kod ploča serije B uz 32% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva.

Povećanjem sadržaja vlage iverja kod ploča serije A na 15% povećala se gustoća unutarnjeg sloja iverica za 6,45%; povećanjem sadržaja vlage na 27% za 3,28%, a povećanjem sadržaja vlage na 32% gustoća unutar njegov sloja iverica povećala se za 2,58%.

Povećanjem sadržaja vlage kod ploča serije B povećavala se i gustoća unutarnjeg sloja ploča. Vjerojatno zbog toga, kako smo već ranije spomenuli, što pokretljivija vlaga brže prodire u unutarnji sloj i čini ga sposobnijim (plastičnijim) za ugušćenje.

Povećanje sadržaja vlage kod ploča serije B na 15% povećala se gustoća za 3,87%; povećanjem sadržaja vlage na 20% za 3,87%, povećanjem sadržaja vlage na 32% povećala se gustoća za 14,62%.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i gustoće unutarnjeg sloja iverice serije A glasi:

$$Y = 0,4821203 + 0,0016706 v - 0,0001263 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,6935.

Jednadžba pravca koji predstavlja odnos između sadržaja vlage vanjskih slojeva čilima i gustoće unutarnjeg sloja iverica serije B glasi:

$$Y = 0,4790173 + 0,0032039 v,$$

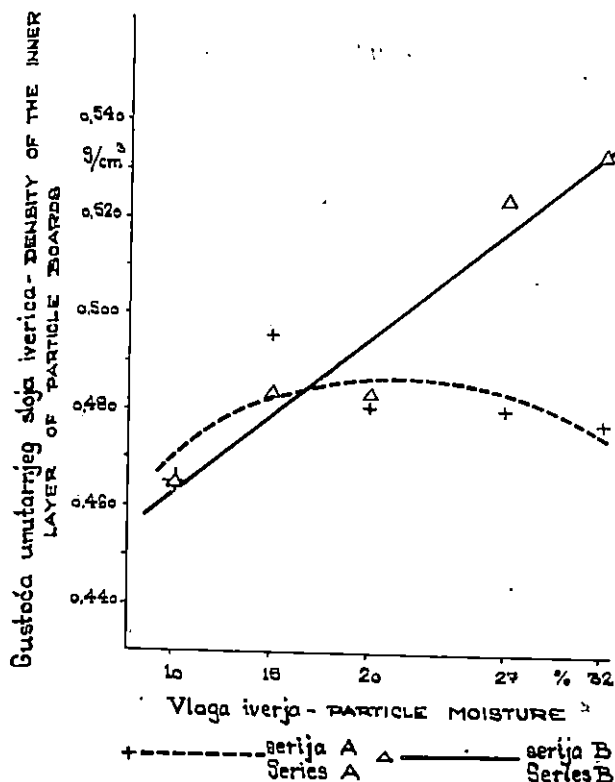
a koeficijent korelacije je 0,9720743.

Visoki koeficijent korelacije ukazuje na čvrstu linearnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i gustoće unutarnjeg sloja iverica serije B.

Kod ploča serije A povišenjem temperature prešanja gustoća unutarnjeg sloja iverica povećavala se; povišenjem temperature prešanja na 160° C povećala se gustoća za 5,14%, a daljnjim povišenjem temperature prešanja na 170° C povećala se gustoća unutarnjeg sloja iverica za 3,21% u odnosu na gustoću kod temperature prešanja 145° C, (Sl. 44).

Povišenjem temperature prešanja kod ploča serije B gustoća unutarnjeg sloja iverica smanjuje se; povišenjem temperature prešanja na 160° C gustoća unutarnjeg sloja smanjila se za 3,14%, a daljnjim povišenjem temperature na 170° C smanjila se za 3,73% u odnosu na gustoću kod temperature prešanja 145° C (Sl. 44).

Temperatura prešanja različito djeluje na gustoću unutarnjeg sloja iverica serije A i serije B, a osim toga i unutar pojedinih serija s obzirom



Sl. — Fig. 43. Gustoća unutarnjeg sloja iverica u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva čilima — Density of inner layer of particle boards in relation to the particle moisture content of outer layers of mat.

na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva čilima. Kod ploča jednake vlažnosti iverja unutarnjega i vanjskih slojeva čilima povišenjem temperature prešanja povećavala se gustoća unutarnjeg sloja iverica. Budući da je vrlo mnogo vremena potrebno da se prešanjem u sredini iverice postigne temperatura 100° C, ljepilo nema dovoljno vremena da veže, što ima za posljedicu veću debljinu gotovih iverica, i, s obzirom na sporo zagrijavanje, viši sadržaj vlage na kraju prešanja. Te ploče trebalo bi prešati dulje vremena. Viša temperatura prešanja u tom je slučaju osnovni faktor koji utječe na brzinu otvrdnjivanja ljepila; s učinkom udara pare u tom slučaju ne možemo računati.

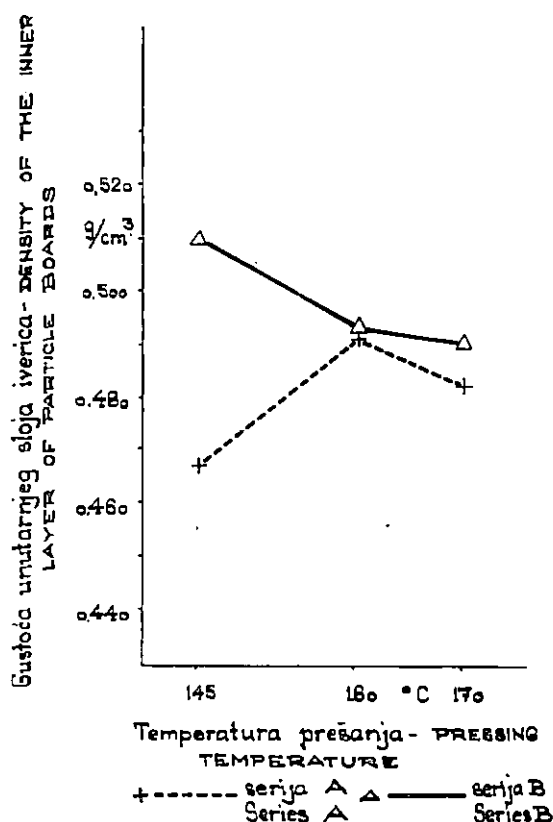
Kod različitih sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i različitih temperatura prešanja dolazi do uzajamnog djelovanja vlage iverja i temperature prešanja, a time se mijenja i utjecaj temperature prešanja na gustoću unutarnjeg sloja iverica. Za točno određivanje utjecaja temperature prešanja na gustoću unutarnjeg sloja iverica potrebno bi bilo obaviti opsežnija ispitivanja.

7.3 Pogonska snimanja — Recordings in the plant

Fizičko, mehanička svojstva ploča iverica ispitana su na tri ploče koje su istovremeno prešane u tri etaže hidraulične preše. Za vrijeme prešanja mjerena je temperatura u sredini ploče iverice. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja prikazana je na Sl. 16. Fizičko-mehanička svojstva dana su u Tab. 6 (navedene srednje vrijednosti pojedinih svojstava za svaku ploču posebno te srednja vrijednost s minimalnim i maksimalnim vrijednostima za sve tri ploče).

Navedeni podaci nisu podesni za komparaciju s ostalim rezultatima u okviru ove radnje, jer su spomenute ploče rađene uz dodatak veće količine ljepila, konstrukcija ploča je različita od one koju imamo kod glavnih i prethodnih ispitivanja, priprema ljepila se također razlikuje od pripreme kod glavnih i prethodnih ispitivanja.

Iz podataka u Tab. 6 vidimo, da te ploče imaju vrlo malo bubrenje, zadovoljavajuću čvrstoću savijanja i vrlo veliku čvrstoću raslojavanja.



Sl. — Fig. 44. Gustoća unutarnjeg sloja iverica u odnosu na temperaturu prešanja — Density of the inner layer of particle boards in relation to pressing temperature.

Tab. 6. *Fizičko-mehanička svojstva ploča iverica — Physico-mechanical properties of particle boards*

	Etaža preše Press opening			Broj ploča No. of boards	Broj uzoraka No. of samples	Srednja vrijed- nost Mean value	Min. Min.	Maks. Max.
	I	II	III					
Debljina — Thickness (mm)	16,79	18,52	18,71	3	30	18,01	17,81	19,77
Vlaga normalna — Norma humidity (%)	10,09	10,08	10,25	3	15	10,14	9,89	10,35
Vlaga relativna — Relative humidity (%)	9,43	9,52	9,55	3	9	9,50	9,38	9,62
Gustoća U. S. — Density (inner layer) (g/cm ³)	0,587	0,555	0,557	3	6	0,556	0,540	0,589
Gustoća V. S. — Density (outer layer) (g/cm ³)	0,663	0,632	0,633	3	12	0,649	0,588	0,700
Volumna težina — Density by volume (p/cm ³)	0,655	0,639	0,628	3	15	0,640	0,573	0,664
Bubrenje — Swelling (%)	6,38	6,43	5,54	3	30	6,12	5,28	7,04
Upijanje — Absorption (%)	61,48	47,70	55,80	3	30	54,99	43,04	68,31
Savijanje — Bending (kp/cm ²)	200,7	203,5	174,6	3	30	192,9	129,0	239,0
Raslojavanje — Delamination (kp/cm ²)	11,23	9,54	9,19	3	15	9,98	7,70	12,62
Čavli okomito — Nails perpendicular (kp/cm ²)	57,4	40,6	48,0	3	27	48,7	29,0	83,2
Čavli paralelno — Nails parallel (kp/cm ²)	54,7	43,1	46,6	3	27	48,1	36,4	63,6
Vijci okomito — Screws perpendicular (kp/mm)	9,06	7,77	7,64	3	27	8,16	5,65	10,55
Vijci paralelno — Screws parallel (kp/mm)	7,31	5,32	6,61	3	27	6,41	3,68	8,36

Vrijednosti za sposobnost držanja vijaka i čavala također su vrlo visoke.

Ako uz gornje ograde usporedimo kvalitetu ploča iverica, izrađenih u laboratoriju u okviru prethodnih ispitivanja s kvalitetom ploča izrađenih u tvornici iverica u redovnoj proizvodnji, vidimo da je kvaliteta ploča iverica podjednaka. Volumna težina ploča broj 1—13, izrađenih u laboratoriju iznosi $0,643 \text{ p/cm}^3$ (srednja vrijednost za sve ploče), a ploča, izrađenih u tvornici $0,640 \text{ p/cm}^3$. Čvrstoća savijanja navedenih laboratorijskih ploča bila je 215 kp/cm^2 , a ploča izrađenih u tvornici 193 kp/cm^2 . Čvrstoća raslojavanja laboratorijskih ploča bila je $7,11 \text{ kp/cm}^2$, a izrađenih u tvornici $9,98 \text{ kp/cm}^2$. U usporedbi s pločama koje su izrađene u laboratoriju, ploče izrađene u tvornici imaju grubu površinu, što većim dijelom treba pripisati kvaliteti limova.

8. ZAKLJUČCI — CONCLUSIONS

Na osnovi rezultata mjerenja temperature u sredini ploča iverica za vrijeme prešanja troslojnih ploča i rezultata ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava gotovih ploča, koje su izrađene prema unaprijed postavljenoj shemi po kojoj je mijenjana temperatura prešanja i sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva ćilima, mogu se izvesti slijedeći zaključci:

1. Povećanjem vlage iverju vanjskih slojeva ćilima skraćuje se vrijeme, potrebno za zagrijavanje ćilima. Potrebno vrijeme za postizanje temperature od 100°C u sredini iverice kod prešanja ploče Ia (sadržaj vlage iverja vanjskih i unutarnjeg sloja bio je 10%) iznosilo je 230 sekundi, a za vrijeme prešanja ploče Va (sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva 32% , unutarnjega 10%) temperatura 100°C postignuta je za 120 sekundi. Vidimo da je u navedenom rasponu vlage zagrijavanje ploča skoro dvostruko smanjeno. Vrijeme, potrebno da se postigne temperatura 100°C u sredini iverice kod prešanja ploče IIa iznosilo je 190 sekundi, kod ploče IIIa 185 sekundi te kod ploče IVa 140 sekundi. Jedina iznimka kod provedenih snimanja pojavila se kod ploče Vb; potrebno vrijeme da se postigne temperatura 100°C u sredini iverice kod prešanja iznosilo je 110 sekundi, a kod ploče IVb 100 sekundi. Isti slučaj ponovio se kod ploča 5b i 4b. S obzirom na mali broj mjerenja sporije zagrijavane ploča 5b i Vb nismo mogli objasniti.

2. Povišenjem temperature prešanja skraćuje se vrijeme, potrebno za zagrijavanje ćilima. Kod svih mjerenja temperature u sredini iverice za vrijeme prešanja, povišenjem temperature prešanja postojao je trend skraćivanja potrebnog vremena za zagrijavanje ćilima. Kod ploča skupine I povišenjem temperature prešanja od 145°C na 160°C i zatim na 170°C vrijeme zagrijavanja skraćeno je od 230 sekundi na 200 sekundi, a zatim na 170 sekundi. Kod ploča IVb i 3b dolazi, doduše, do manjih odstupanja, koja, s obzirom na malen broj mjerenja i mala odstupanja, ipak ne narušuju opći trend skraćivanja vremena zagrijavanja povišenjem temperature prešanja.

3. S obzirom na način ovlaživanja vanjskih slojeva ćilima potvrđeni su rezultati ranijih istraživača, da je zagrijavanje ćilima brže, ukoliko se koncentracija vlage u tim slojevima postiže prskanjem vode. Kod svih

ispitivanja temperatura 100°C postignuta je u kraćem vremenu kod ploča, kojih je čilim prskan vodom (ploče serije B) u odnosu na ploče, kod kojih je vlaga vanjskih slojeva čilima bila ravnomjerno raspodijeljena unutar čitavog sloja. Npr. kod ploča IIa, IIb i IIc temperatura 100°C u sredini iverica za vrijeme prešanja bila je postignuta za 190, 160 i 140 sekundi, a kod ploča 2a, 2b i 2c za 160, 150 i 120 sekundi.

4. Volumna težina iverica serije A i serije B mijenjala se povećanjem vlage iverja vanjskih slojeva. U oba smo slučaja parabolom prikazali stohastičku zavisnost između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i volumne težine. Kod ploča serije A maksimalne vrijednosti volumne težine postignute su kod 15% i 20% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva. Daljnjim povećanjem vlage volumna težina je padala. Kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 32% volumna težina bila je manja od vrijednosti, koju su imale ploče bez razlike u sadržaju vlage između unutarnjega i vanjskih slojeva čilima.

Kod ploča serije B primjećuje se široki maksimum. Povećanjem sadržaja vlage iverju na 15% volumna težina je porasla za 5,8%; povećanjem sadržaja vlage na 20% volumna težina porasla je za 6,0%, a povećanjem sadržaja vlage na 27% volumna težina porasla je za 6,1%. Maksimalna vrijednost volumne težine postignuta je kod sadržaja vlage 27%. Tek povećanjem sadržaja vlage na 32%, volumna se težina smanjila za 0,2% u odnosu na volumnu težinu ploča iverica bez razlike u sadržaju vlage između iverja unutarnjega i vanjskih slojeva.

Srednja aritmetička vrijednost svih ispitanih uzoraka kod iverica serije A bila je $0,608\text{ p/cm}^3$, a kod ploča serije B $0,623\text{ p/cm}^3$. Povišenjem temperature prešanja povećala se i volumna težina iverica.

5. Relativna vlaga iverica povećavala se povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva kod iverica serije A i serije B. Povišenjem temperature prešanja relativna se vlaga ploča smanjivala. I prva, i druga konstatacija ne zahtijeva posebno obrazloženje, jer je normalno očekivati da će vlažniji čilim dati ploče s većim konačnim sadržajem vlage (ako su ostali uvjeti nepromijenjeni). Isto tako normalno je očekivati, da će prešanje kod viših temperatura imati za posljedicu niži konačni sadržaj vlage ploča iverica. Srednja aritmetička vrijednost svih ispitanih uzoraka kod iverica serije A bila je 8,50%, a kod iverica serije B 8,58%.

Normalna vlaga iverica pokazuje iste tendencije kao i relativna vlaga. Razlika je u tome, što kod normalne vlage manje dolazi do izražaja različiti sadržaj vlage iverja prije prešanja i temperatura prešanja, što je i normalno očekivati. Razlike koje ipak postoje između normalnih vlaga kod pojedinih skupina iverica treba pripisati, uz početnu nejednolikost vlage čilima, utjecaju ljepljivosti koje ujedno i impregnira iverje, i, manjim dijelom, nedovoljno dugom vremenu kondicioniranja. Normalna vlaga iverica serije A (srednja vrijednost za pojedine skupine) kretala se od 8,85% (skupina Ic) do 10,25% (skupina Va), a kod iverica serije B od 8,85% (skupina 1c) do 10,88% (skupina 5a).

6. Debljina iverica u odnosu na sadržaj vlage vanjskih slojeva čilima pokazuje suprotan trend od volumne težine. Normalno je, da je kod debljih iverica manja volumna težina, i obratno. Kod usporedbe parabole koja prikazuje stohastičku zavisnost između volumne težine i sadržaja

vlage iverja vanjskih slojeva ćilima, i parabole koja prikazuje isti odnos za debljinu iverica, vidimo da parabola koja vrijedi za volumnu težinu, nije zrcalna slika parabole koja predstavlja promjenu debljine. Razlika nastupa zbog različitih volumnih težina vanjskih i unutarnjih slojeva iverica i omjera količina iverja za vanjske, odnosno unutarnje slojeve iverica. Srednja vrijednost debljina iverica serije A je 20,44 mm, a iverica serije B 20,01 mm. Vidimo dakle, da je volumna težina iverica serije B veća, a debljina manja. Povišenjem temperature prešanja smanjivala se debljina ploča, što je bilo normalno očekivati, jer se povišenjem temperature vlažnom iverju omogućuje jače ugušćenje ćilima.

7. Iverice serije A manje su bubrile u debljinu nego iverice serije B i relativno su više upijale vode. To možemo objasniti većom debljinom ploča serije A. Zbog većeg nadimanja ploče su bile deblje i poroznije. Bubrenje debljine i upijanje vode u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva povećavanjem vlage do ca 20% smanjuje se, a zatim, daljnjim povećanjem vlage, opet povećava. I u tom slučaju vidimo, da povećanje vlage iverja vanjskih slojeva ima svoje granice. U našem slučaju sadržaj vlage ne bismo smjeli povećati iznad 18—20%.

8. Čvrstoća savijanja iverica serije A postigla je maksimum kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima (167,2 kp/cm²), a iverice serije B kod 20 % (173,4 kp/cm²). Povećavanjem vlage iznad tih vrijednosti smanjivala se čvrstoća savijanja. Povišenjem temperature prešanja čvrstoća iverica serije A i serije B povećavala se. Čvrstoća savijanja iverica serije B bila je redovno veća od čvrstoće savijanja iverica serije A. Budući da je i volumna težina iverica bila također veća kod iverica serije B, moglo se to i očekivati.

9. Čvrstoća raslojavanja iverica serije A postigla je maksimum kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima (3,93 kp/cm²), a iverice serije B kod 20% (2,95 kp/cm²). Povišenjem temperature prešanja kod iverica serije A povećavala se i čvrstoća raslojavanja. Kod ploča serije B povišenjem temperature prešanja na 160° C čvrstoća raslojavanja se smanjila, a tek povišenjem temperature na 170° C čvrstoća raslojavanja se povećala.

10. Sposobnost držanja vijaka okomito na površinu iverice kod ploča serije A postigla je maksimum kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima (6,37 kp/mm), a kod ploča serije B kod 20% (6,76 kp/mm). Daljnjim povećanjem vlage sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploče padala je. Povišenjem temperature prešanja povećavala se sposobnost držanja vijaka kod iverica serija A i B.

Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom iverice ploča serije A postigla je maksimum kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima (4,67 kp/mm), a kod ploča serije B kod 20% (4,39 kp/mm). Daljnjim povećavanjem vlage sposobnost držanja vijaka kod ploča serije A padala je u odnosu na maksimalnu vrijednost. Kod ploča serije B vrijednosti za sposobnost držanja vijaka nisu pokazivale isti trend. Zbog vrlo velike volumne težine srednjeg sloja iverica serije B kod visokog sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva, sposobnost držanja vijaka je vrlo velika. Stohastičku zavisnost između sposobnosti držanja vijaka i sadržaja vlage predložili smo pravcem. Povišenjem temperature prešanja povećavala se sposobnost držanja vijaka kod ploče serija A i B.

11. Sposobnost držanja čavala okomito na površinu iverica serije A postigla je maksimum kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima (58,6 kp/cm²), a ploča serije B kod 20% (55,6 kp/cm²). Daljnjim povećavanjem vlage iverja sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče padala je. Povišenjem temperature prešanja sposobnost držanja čavala povećavala se.

Sposobnost držanja čavala paralelno s površinom iverice serije A postigla je maksimum kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva (27,8 kp/cm²), a ploče serije B kod 20% (26,1 kp/cm²). Daljnjim povećavanjem vlage sposobnost držanja čavala iverica serije A padala je. Kod iverica serije B sposobnost držanja čavala iverica sa sadržajem vlage vanjskih slojeva 32% (srednja vrijednost za sve tri temperature prešanja) bila je najveća. I u tom slučaju nacrtali smo pravac, da bismo prikazali stohastičku zavisnost između sposobnosti držanja čavala paralelno s površinom iverice i sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima. Objašnjenje je isto kao i kod sposobnosti držanja vijaka paralelno s površinom ploče.

12. Gustoća vanjskih slojeva iverica serije A povećavala se povećanjem sadržaja vlage iverju vanjskih slojeva do određene granice. Daljnjim povećanjem sadržaja vlage gustoća se smanjivala. Maksimalna vrijednost gustoće vanjskih slojeva postignuta je kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima. Kod sadržaja vlage vanjskih slojeva čilima 32% gustoća vanjskih slojeva smanjila se za 0,14%. Gustoća vanjskih slojeva iverice serije B povećala se povećanjem vlage iverja vanjskih slojeva čilima. Maksimalna vrijednost gustoće vanjskih slojeva čilima postignuta je kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima.

Gustoća vanjskih slojeva iverica serije B bila je redovito veća od gustoće vanjskih slojeva iverica serije A. To treba pripisati vlazi, koja bijaše koncentrirana samo na površini čilima i, zbog veće pokretljivosti, više je pridonosila postizanju plastičnosti iverja, koje se zbog toga jače međusobno uprešalo.

Povišenjem temperature prešanja kod ploča serije A povećavala se gustoća vanjskih slojeva. Povišenjem temperature prešanja kod ploča serije B gustoća vanjskih slojeva smanjivala se.

13. Gustoća unutarnjeg sloja iverica serije A povećavala se povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima. Kod povećanja sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima na 15% gustoća se povećala za 6,45%; povećanjem sadržaja vlage na 20% gustoća se povećala za 3,44%; povećanjem sadržaja vlage na 27% gustoća se povećala za 3,23%, a povećanjem sadržaja vlage iverja na 32% gustoća se povećala za 2,58%. Maksimalna vrijednost gustoće unutarnjeg sloja iverica serije A postignuta je kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima, a iznosila je 0,495 g/cm³.

Kod ploča serije B povećanjem sadržaja vlage povećavala se gustoća unutarnjeg sloja skoro linearno. Maksimalnu vrijednost postigla je kod 32% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima, a iznosila je 0,533 g/cm³. To je bilo djelomično objašnjenje relativno velikih vrijednosti za sposobnost držanja čavala i vijaka ploča serije B, kojih je vlaga iverja vanjskih slojeva čilima prije prešanja bila visoka.

Povišenjem temperature prešanja gustoća iverica serije A povećavala se. Povišenjem temperature prešanja kod ploča serije B gustoća se smanjivala.

LITERATURA — REFERENCES

1. Baumann H., Leime und Kontaktkleber (Theoretische Grundlagen — Eigenschaften — Anwendung), Springer-Verlag, Berlin (Heidelberg) New York 1967.
2. Benić R., Jelove grane kao potencijalna sirovina za proizvodnju iverica, vlaknatica, te celuloze i papira, *Drvena Ind.*, 15, 1964, 1/2, 12—16.
3. Buschbeck L. und Kehr E., Untersuchungen über die Verkürzung der Presszeit beim Heisspressen von Spanplatten, *Holztechnologie*, 1, 1960, 2, 112—123.
4. Deppe H. J. und Ernst K., Technologie der Spannplatten, *Holz-Zbl. Verlags GmbH*, Stuttgart 1964.
5. Deppe H. J. und Ernst K., Probleme der Presszeitverkürzung bei der Herstellung von Holzspanplatten, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 23, 1965, 11, 441—445.
6. Emrović B., Biometrika (skripta), Šumarski fakultet, Zagreb 1956.
7. Graser M., Temperaturverlauf in industriell gefertigten Spanplatten während des Pressvorgangs, festgestellt durch Mess-Sonden, *Holz-Zbl.*, 88, 1962, 137, Beilage: Moderne Holzverarbeitung.
8. Halligan A. F., Recent Glues and Gluing Research Applied to Particleboard, *For. Prod. J.*, 19, 1969, 1, 44—51.
9. Hauser H., Vergleichende Betrachtung der Herstellung von Spanplatten in Mehretagenpressen, Einetagenpressen und Endlosfertigung, *Holztechnologie*, 6, 1965, 1, 60 p.
10. Horvat I. i Krpan J., *Drvnoindustrijski priručnik I*, Tehnička knjiga, Zagreb 1967.
11. Hren Z. i Petrović S., Izvještaj o ispitivanju mehaničkih svojstava karbamid-formaldehidnog ljepila »LENDUR«, rad Instituta za drvo u Zagrebu, Zagreb 1973.
12. Klauditz W. und Stegmann G., Beiträge zur Kenntniss des Ablaufes und der Wirkung thermischer Reaktionen bei der Bildung von Holzwerkstoffen, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 13, 1955, 11, 434—440.
13. Klauditz W., Entwicklung, Stand und Holzwirtschaftliche Bedeutung der Holzspanplatten, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 13, 1955, 11, 405—421.
14. Klauditz W., Beschleunigung der Verleimungszeit und der Produktionsgeschwindigkeit bei der Herstellung von Spanplatten in einetägigen Pressen, *Holz-Zbl.*, 89, 1963, Beilage: Moderne Holzverarbeitung.
15. Kollmann F., Schnülle und Schultze K., Untersuchungen zur Beileimung von Spangemischen, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 13, 1955, 11, 440—449.
16. Kollmann F., Automatisierung bei der Herstellung von Holzspanplatten, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 13, 1955, 11, 421—433.
17. Kollmann F., Neuerungen auf dem Gebiet der Spanplattenfertigung, *Holz-Zbl.*, 82, 1956, 50, Messe- Sonderheft.
18. Kollmann F., Über den Einfluss von Feuchtigkeitsunterschied im Spangut vor dem Verspressen auf die Eigenschaften von Holzspanplatten, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 15, 1957, 1, 35—44.
19. Kollmann F., Holzspanwerkstoffe-Holzspanplatten und Holzspanformlinge- Rohstoffe (Herstellung, Plankosten, Qualitätskontrolle, usw.), Springer-Verlag, Berlin (Heidelberg) New York 1966.
20. Krpan J., *Industrija furnira i ploča* (skripta), Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 1961.
21. Krpan J., Istraživanja iverica od pozdera, *Drvena Ind.*, 13, 1962, 11/12, 170—177.
22. Krpan J., Sušenje i parenje drva, Šumarski fakultet Zagreb, Zagreb 1965.

23. Krpan J., Tehnologija furnira i ploča, Tehnička knjiga, Zagreb 1970.
24. Lamberts K. und Pungs, L., Über die Anwendung der Hochfrequenzerwärmung in Verbindung mit Kontakt-Erwärmung bei der Herstellung von Holzspanplatten, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 13, 1955, 11, 450—456.
25. Lamberts K. und Pungs L., Anwendung von Hochfrequenzwärme bei der Spanplattenfertigung, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 20, 1962, 10, 405—408.
26. Lehmann W. F., Properties of Structural Particleboards, *For. Prod. J.*, 24, 1974, 1, 19—26.
27. Liiri O., Investigations on Properties of Wood Particle Boards, *Pap. ja Puu*, 43, 1961, 1, 3—18.
28. Liiri O., Der Pressdruck bei der Spanplattenherstellung, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 27, 1969, 10, 371—378.
29. Klauditz W., Die Verbreiterung der Werkholzbasis durch Herstellung von Holzwerkstoffen aus forstlichem und gewerblichem Abfallholz, *Mitteilungsheft Nr. 37 der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung, »Tagung Braunschweig 1948« Herford 1949.*
30. Meinecke E. und Klauditz W., Über die physikalischen und technischen Vorgänge bei der Beileimung und Verleimung von Holzpanen bei der Herstellung von Holzspanplatten, *Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen*, Nr. 1053, Westdeutscher Verlag/Köln und Opladen 1962.
31. Miels G. und Scheibert W., Presszeitverkürzung, *Holzindustrie*, 10, 1957, 5, 162.
32. Paerels F., Leitfähigkeitsmessungen in Dienste der Spanplattenforschung, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 13, 1955, 11, 474—478.
33. Plath E., Über den Einfluss der Härtung von Harnstoffharzen auf die Eigenschaften von Holzspanplatten, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 17, 1957, 12, 490.
34. Plath E., Die Betriebskontrolle in der Spanplattenindustrie, Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1963.
35. Scheibert W., Spanplatten (Herstellung, Verarbeitung, Anwendung), Fachbuchverlag, Leipzig 1958.
36. Shen K. C. and Carroll M. N., A New Method for Evaluation of Internal Strength of Particleboard, *For. Prod. J.*, 19, 1969, 8, 17—22.
37. Shen K. C. and Carroll M. N., Measurement of Layer-Strength Distribution in Particleboard, *For. Prod. J.*, 20, 1970, 8.
38. Shen K. C., Correlation Between Internal Bond and the Shear Strength Measured by Twisting Thin Plates of Particleboard, *For. Prod. J.* 20, 1970, 11.
39. Stegmann G. und Kratz W., Kennzeichnung der Verleimungsgüte von Spanplatten mit verschiedenen Bindemittelgehalten und Rohdichten durch Quellungsdruck-Messungen, *Adhäsion*, 11, 1967, 1.
40. Suchland O., Behavior of a Particle Mat During the Press Cycle, *For. Prod. J.*, 17, 1967, 2.
41. ***, Erste Weltbilanz der Produktionskapazität für Platten (1): Im Jahr 1969 könnten über 45 Mio. t. Platten produziert werden, *Holz-Zbl.*, 94, 1968, 145, 2161.
42. ***, Erste Weltbilanz der Produktionskapazität für Platten (2): Mit weitem Vorsprung führen die Vereinigten Staaten, *Holz-Zbl.*, 94, 1968, 149, 2221.
43. ***, Erste Weltbilanz der Produktionskapazität für Platten (3): In Europa machen die Spanplatten das Rennen, *Holz-Zbl.*, 94, 1968, 151, 2255—2256.
44. ***, Weltkonferenz über Holzwerkstoffe in Indien, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 32, 1974, 6, 201.
45. *British Standard:*
Methods of Test for Wood Chipboards and other Particle Boards, *B. S. 1811: 1961.*
Specification for Resin-Bonded Wood Chipboard, *B. S. 2604: Part 2: 1970.*
46. *Deutsche Industrie-Normen:*
DIN 52361, April 1965. Bestimmung der Abmessungen, der Rohdichte und des Feuchtigkeitsgehaltes.
DIN 52362 Blatt 1, April 1965. Biegeversuch. Bestimmung der Biegefestigkeit.
DIN 52364, April 1965. Bestimmung der Dickequellung.

DIN 52365, April 1965. Bestimmung der Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene.

DIN 68761, Blatt 1, Juni 1961. Begriffe, Anforderungen und Prüfung.

47. *Jugoslavenski standard:*

JUS D.C5.030-1972. Ploče iverice. Klasifikacija.

JUS D.A1.106-1965. Ispitivanje ploča iverica. Čvrstoća raslojavanja.

JUS D.A1.107-1965. Ispitivanje ploča iverica. Čvrstoća savijanja.

JUS D.A1.103-1962. Ispitivanje ploča iverica. Vlažnost.

JUS D.A1.104-1962. Ispitivanje ploča iverica. Utvrđivanje upijanja vode i debljinskog bubrenja.

JUS D.A1.114-1972. Ploče iverice. Određivanje zapreminske mase.

JUS D.A1.111-1970. Ispitivanje ploča iverica. Sposobnost držanja čavala.

JUS D.A1.112-1970. Ispitivanje ploča iverica. Sposobnost držanja vijaka.

48. U. S. Department of Commerce-National Bureau of Standards: Commercial Standard CS 236-66, Mat-Formed Wood Particleboard, (Effective April 15, 1966).

SUMMARY

In the framework of the present paper investigations have been performed on the influence of both the particle moisture of the outer layers of the mat and the pressing temperature on the physical and mechanical properties of three-layer particle boards and on the duration of the pressing time. The moisture content of the particles of the outer layers ranged within the limits of 10 to 32% (10%, 15%, 20%, 27%, and 32%). The moisture content of the inner layer of the mat was always 10%.

Concentration of the moisture in the outer layers of the mat was performed by two methods, i. e.:

— in boards of Series A by increasing the moisture content of particles through spraying a specified amount of water over the particles and then by equalizing the particle moisture before the application of adhesive (the moisture was evenly distributed within the entire outer layer of the mat).

— in boards of Series B by spraying water on a previously densified mat immediately prior to pressing (the water was found only on the mat surface and not evenly in the outer layers of the mat).

Investigations on the physical and mechanical properties of particle boards showed that in boards of Series A the optimal values were reached at a 15% moisture content of the particles of the outer layers of the mat, in boards of Series B at 20%. Only the density of the inner layer of the particle boards of Series B as well as their nail- and screw-holding power parallel to the plane of the board showed — with the moisture of the outer layers of the mat increasing from 10—32% — an ever greater increase. The particle moisture of the outer layers of the mat influences the heating rate. As a criterion for determining the heating rate, the time necessary for the temperature in the middle of the particle thickness to reach 100°C was taken. Through increasing the particle moisture of the outer layers — at a given pressing temperature — the heating time decreased. Simultaneously the action of the particle moisture of the outer layers of the mat and the pressing temperature contributed to a further shortening of the time necessary for the heating.

The pressing temperature was 145°, 160° and 170° C respectively. By increasing the pressing temperature, the heating up of the mat was more rapid. At high moisture content the influence of the temperature was smaller because of the simultaneous action of the particle moisture of the outer layers of the mat and the pressing temperature. The particle moisture content of the outer layers of the mat affects more the shortening of the heating time than the pressing temperature. The pressing temperature also affected the physical and mechanical properties of the particle boards for at higher temperatures the plasticity of the particles was increased, which was conducive to a greater densification of the particles and greater densities of the particle boards.

Investigations showed that heating the mat was more rapid when the moisture concentration was achieved through spraying water immediately before the pressing than when the moisture of the particles was evenly distributed within the entire outer layer of the mat. Through spraying water over the mat also greater densities of the particle boards were obtained and consequently, somewhat greater bending strengths.

The adhesive content was always 8% in relation to the absolutely dry wood particles. The formula for the preparation of the adhesive and the quantity of the adhesive was equal for the outer and inner layers of the particle boards.

By adding 8% of adhesive it is feasible to obtain relatively light and tough three-layer particle boards 19 mm thick at a pressing time of 5 minutes under a pressing temperature of 160° and 170° C if the moisture content of the inner layer of the mat amounts to 10% and that of the outer layers of the mat to 15 or 20%.