

BILTEN



S a d r Ź a j

strana

M. KOVAČEVIĆ

Ispitivanje nekih elemenata kod
izrade mikroiverja vanjskog sloja
iverica za potrebe oplemenjivanja
površina 1 - 16

V. BRUČI

Homogeniziranje svojstava drvnog
iverja i proračun homogenosti
ploča iverica 17 - 37

V. BRUČI i V. SERTIĆ

Određivanje formaldehida u pločama
ivericama perforator metodom ... 38 - 46

V. BRUČI i V. SERTIĆ

Određivanje emisije klase ploča
iverica 47 - 56

R e d a k t o r i :

Prof.dr Stanislav Bađun
Doc.dr mr Mladen Figurić

Prof.dr mr Boris Ljuljka
Dipl.ing. Vladimir Herak

Tehnički urednik:
Zlatko Bihar

Dr. Kovačević Milan, dipl.inž.

ISPITIVANJE NEKIH ELEMENATA KOD IZRADE MIKRO IVERJA VANJSKOG SLOJA IVERICA ZA POTREBE OPLEMENJAVANJA POVRŠINE

Od ukupne proizvodnje ploča iverica u našoj zemlji 80% čine iverice sa finim i vrlo finim vanjskim slojem. Ove ploče koriste se za furniranje tankim furnirom, direktno štampanje dezena na površinu ploča i lakiranje, oplemenjavanje dekorativnim impregniranim papirima i folijama, nanošenje raznih smola i vlaknatih dekorativnih materijala ili kratko rečeno koriste se za potrebe industrije namještaja i oplemenjavanja.

Mada stepen finoće vanjskog sloja još uvijek nije definiran standardom, on postaje bitan element upotrebne vrijednosti ploča. Zbog toga danas imamo slijedeću podjelu iverja vanjskog sloja, ovisno od finoće iverja:

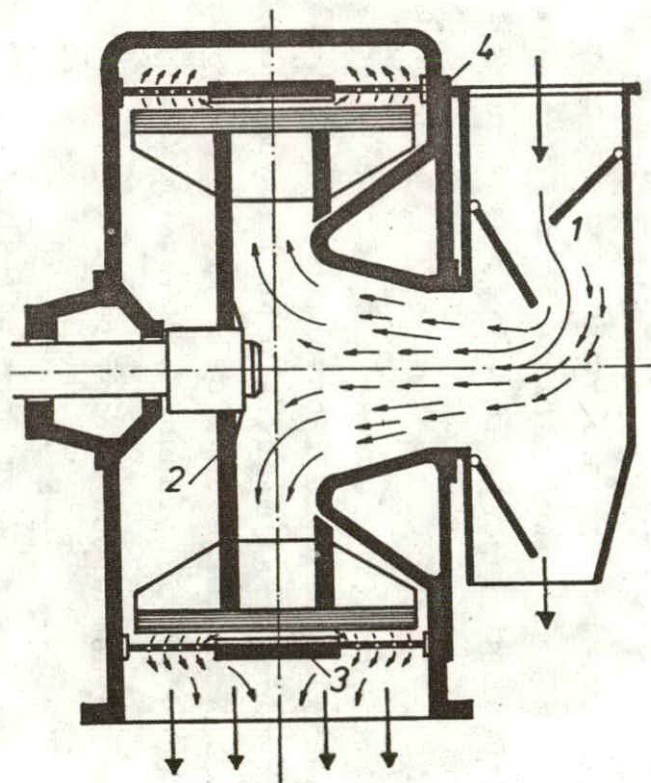
- normalno iverje
- fino iverje
- vrlo fino iverje (mikroiverje)

U ovom radu dat je prikaz izvršenih istraživanja iz područja vrlo finog iverja.

Pod vrlo finim iverjem danas smatramo iverje usitnjeno na mlinovima, koje i u mikroobliku zadržava formu iverja, a pretežni dio nakon frakcioniranja prolazi kroz sita veličine otvora $1,0 \text{ mm}^2$.

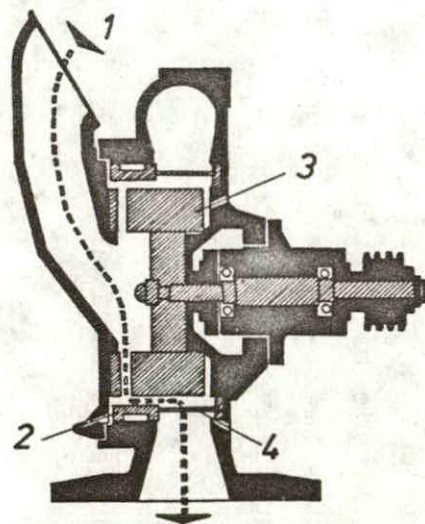
Za izradu mikroiverja koristi se više vrsta mlinova sa različitim ugradjenim segmentima i otvorima sita od kojih su najpoznatiji proizvođači Pallmann, Alpine i Mayer (shemtski prikaz na slici 1). Način mljevenja se dalje djeli prema vlazi iverja: suho kod cca 3-5% i polusuho kod 40-50% vlage.

Ovo istraživanje usmjereno na osvjetljavanje nekih elemenata bitnih za izradu vrlo finog iverja, koje se koristi za proizvodnju ploča iverica sa povoljnom površinom za oplemenjavanje.



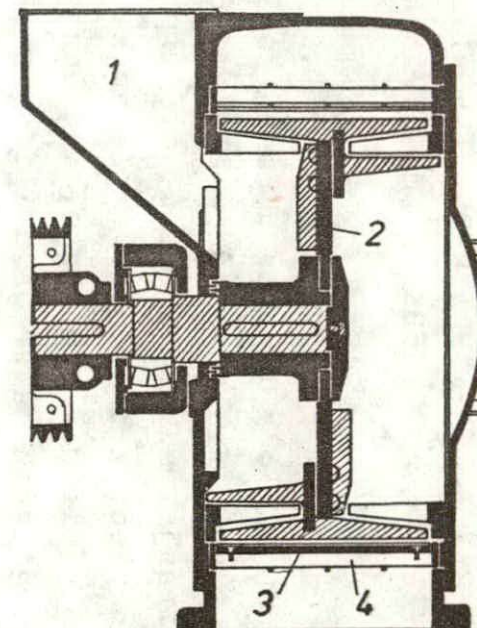
Pallmann

1. Ulazni otvor
2. Križna glava
3. Vjenac sa segmentima
4. Otvori sita



Mlin Alpine

1. Ulazni otvor
2. Vjenac sa segmentima
3. Križna glava
4. Kondur sita



Mlin Mayer

1. Ulazno ušće
2. Križna glava
3. Vjenac sa segmentima
4. Kondur sita

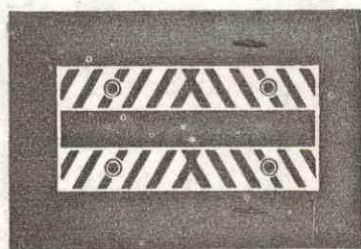
ZADATAK ISTRAŽIVANJA

- a) Ispitivanje vrlo finog iverja koje se koristi u tri tvornice iverica za izradu troslojnih ploča iverica.
- b) Ispitivanje bitnih elemenata izrade vrlo finog iverja i njihov utjecaj na svojstva ploča.

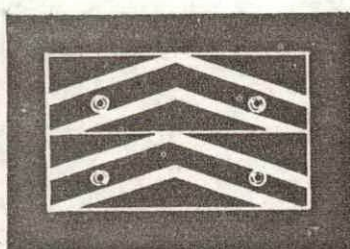
PLAN ISTRAŽIVANJA

Na osnovu postavljenog zadatka, razradjen je slijedeći plan istraživanja:

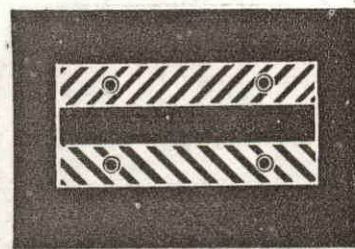
- a) Izrada iverja (smjesa: bukva 80% i smreka 20%)
 - utjecaj vlage iverja (5 i 50%)
 - utjecaj debljine iverja (0,2, 0,25, 0,30 mm)
 - utjecaj veličine otvora sita (Conidur 1,5 i 2,0 mm)
 - utjecaj segmenata za mljevenje (V-žljeb, zbijeni žljeb, cik-cak žljeb)



V-žljeb



V-20 zbijeni žljeb



cik-cak žljeb

- b) Analiza osnovnih svojstava vrlo finog iverja.
Analiza je obuhvatila sve vrste izradjenog iverja:
 - učešće pojedinih frakcija u %
 - osnovne dimenzije iverja u mm
 - koeficijent vitkosti
- c) Izrada laboratoriskih ploča
- d) Ispitivanje osnovnih fizičkih i mehaničkih svojstava izradjenih ploča
- e) Zaključci

METODOLOGIJA RADA

1. Izrada iverja

Za ispitivanje je korišteno rezano iverje šumskih sortimenata. Iverje je usitnjavano na mlin Pallmann PSKM-10, pri čemu su varirani elementi vlage i debljine iverja, te tri vrste segmenata. Kod usporedbe tri mlina, korišteno je iverje izradjeno u tri tvornice iverica (Slika 1).

2. Mjerenje osnovnih svojstava istraživanog vrlo finog iverja

- 2.1 Frakcioniranje iverja vršeno je na vibracionom uređaju Haver - Boecker EML-400-69 promjera 400 mm i slijedeće veličine otvora sita: 0,0 (dno), 0,112; 0,315; 0,500; 0,800; 1,0; 1,6 mm. Za svako mljevenje vršena su 3 frakcioniranja sa pojedinačnom količinom 100 g, u trajanju 15 min, kod vlage iverja 5%.
- 2.2 Mjerenje osnovnih dimenzija vršeno je na 100 kom. iverja za svaku pojedinu frakciju. Kod mjerenja osnovnih dimenzija frakcija većih od 0,3 mm korišteni su standardni mjerni instrumenti. Za mjerenje osnovnih dimenzija frakcija nižih od 0,3 mm otvora sita, korištena je slijedeća metoda:
- za mjerenje duljine i širine fotografije pojedinih frakcija uvećane 20 x.
 - za mjerenje debljine mikrometar sa točnošću skale 0,005 mm.
- 2.3 Izrada laboratoriskih ploča

Sa svim dobivenim mljevenjima vrlo finog vanjskog sloja izradjene su laboratoriske troslojne ploče pod slijedećim uslovima:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------|
| - format ploča | 420 x 420 |
| - odnos vanjskog i srednjeg sloja | 34 : 64 % |
| - spec. pritisak prešanja | 25 kp/cm ² |
| - temperatura prešanja | 170 °C |

- presni faktor	0,35 mm/mm
- karbamid-formaldehidno ljepilo	66,0 %
- nanos ljepila:	
vanjski sloj	11 %
srednji sloj	7 %
- parafinska emulzija	0,5 %
- srednji sloj konstantnog kvaliteta u svim pločama, radi bolje usporedbe utjecaja finoće iverja vanjskog sloja.	

2.4 Ispitivanje osnovnih svojstava ploča

Ispitivanje osnovnih svojstava vršeno je prema Jugoslavenskom standardu i obuhvatio je sledeća svojstva: volumnu težinu, sadržaj vlage, čvrstoću na savijanje, čvrstoću na raslojavanje i debljinsko bubrenje. Pored toga ispitana je i čvrstoća raslojavanja vanjskog sloja prema DIN 52366.

DISKUSIJA DOBIVENIH REZULTATA

Svi dobiveni rezultati prikazani su u tabelama 1 - 3 i slikama 1 - 3.

1. Ispitivanje vrlo finog iverja i ploča radjenih sa njim u tri tvornice iverica.

Dobiveni rezultati prikazani su u tabeli br. 1.

U analiziranim tvornicama se koriste različiti mlinovi sa različitim segmentima. Pored toga mlinovi PSKM i UPF rade vrlo fino iverje sa konidur sitima 2,0 mm iz početne debljine 0,3 mm i kod vlage 50%. Na mlinu Mayer isto iverje se radi sa konidur sitima 3,0 mm iz početne debljine iverja 0,35 mm i kod vlage 3%.

Navedeni uslovi obrazlažu razlike učešća pojedinih frakcija, odnosno kod Mayera veće učešće frakcija iznad 0,8 mm otvora sita. Svojstva ploča radjenih sa sve tri vrste vrlo finog iverja korištenog u proizvodnji, odgovaraju zahtjevima i približno su ujednačene kvalitete.

OSNOVNI PODACI O IVERJU VANJSKOG SLOJA RADJENOG SA ODABRANIM MLINOVIMA

Tabela br. 1

PROIZVOĐJAČ		TIP STROJA		VRSTA ELEM. MLJEVE.		SITO		DEBLJINA IVERJA		VLAGA IVERJA %		OSNOVNI PODACI O IVERJU														
												FRAKCIJE						SVOJSTVA								
												1,6	1,0	0,8	0,5	0,3	0,1	0,0	Vol. teži. kp/cm ³	Čvrst. na savija. kp/cm ²	Čvrs. na raslojanje vanje kp/cm ²	Deblj. nje nakon 2 h %				
PALLMANN		PSKM		V 20° E		Co 2,0		0,30		5%		učešće u %	0,86	5,15	28,05	28,16	29,18	10,60	min	0,68	184	4,1	7,0			
												dublina l u mm	4,987	4,621	3,865	3,495	1,782	0,430	x	0,72	240	4,8	8,9			
												širina š u mm	0,657	0,587	0,424	0,365	0,260	0,085	max	0,79	295	5,9	9,8			
												debljina d u mm	0,328	0,251	0,217	0,163	0,110	0,065		0,029	29	0,28	0,6			
ALPINE		UPF		VJENAC EL. 10°		Co 2,0		0,30		50		učešće u %	3,29	10,99	17,58	24,19	29,67	14,28	min	0,69	151	3,9	6,9			
												duljina l u mm	3,187	3,766	2,333	1,998	1,579	0,459	x	0,74	222	4,6	8,9			
												širina š u mm	1,125	0,927	0,773	0,415	0,199	0,067	max	0,77	265	5,7	10,2			
												debljina d u mm	0,345	0,262	0,198	0,168	0,108	0,038		0,013	35	0,3	0,7			
MAYER		MS		REBRASTI PRST.		Co 3,0		0,35		3		UČEŠĆE U %	0,22	2,95	9,47	16,84	28,42	31,58	10,52	min	0,69	176	3,3	6,4		
												duljina l u mm	8,167	3,300	3,667	2,667	2,650	1,471	0,086	x	0,74	225	4,4	9,2		
												širina š u mm	2,083	1,230	0,916	0,650	0,327	0,179	0,085	max	0,79	265	5,4	10,3		
												debljina d u mm	0,395	0,351	0,293	0,185	0,168	0,115	0,067		0,026	29	0,36	0,4		

OSNOVNI PODACI O IVERJU VANJSKOG SLOJA
POJEDINIH MLJEVENJA

Tabela br. 2

BROJ MLJEVENJA	TYP MLINA	VRSTA ELEM. MLJEVE.	SITO	DEBLJINA IVERJA	VLAGA IVERJA	OSNOVNI PODACI O IVERJU	FRAKCIJE						
							1,6	1,0	0,8	0,5	0,3	0,1	0,0
1	←	V žljeb	←	0,20	50	učesće u %	0,29	6,80	9,80	24,14	24,21	25,87	8,89
						duljina l u mm	11,750	5,590	4,848	4,150	2,920	1,658	0,560
						širina š u mm	1,400	0,597	0,514	0,415	0,318	0,205	0,081
						debljina d u mm	0,296	0,227	0,192	0,167	0,133	0,098	0,054
						l/š	8,3923	9,3634	9,4319	10,000	9,1823	8,0878	6,9135
						l/d	39,695	24,625	25,250	24,850	21,955	16,918	10,371
2	←	V žljeb	←	0,25	50	učesće u %		8,88	8,81	26,23	25,92	22,26	7,90
						duljina l u mm		5,773	4,971	4,220	3,080	1,612	0,557
						širina š u mm		0,664	0,558	0,468	0,342	0,219	0,089
						debljina d u mm		0,247	0,211	0,183	0,142	0,109	0,056
						l/š		8,694	8,909	10,096	9,006	7,361	6,258
						l/d		23,372	23,559	23,060	21,690	14,789	9,946
3	←	←	←	0,30	50	učesće u %	0,43	11,90	18,17	30,26	20,56	13,91	4,77
						duljina l u mm	6,566	5,868	4,776	3,968	2,780	1,643	0,544
						širina š u mm	0,700	0,689	0,534	0,422	0,307	0,202	0,097
						debljina d u mm	0,323	0,312	0,245	0,213	0,162	0,117	0,055
						l/š	9,523	8,517	8,944	9,403	9,055	8,134	5,608
						l/d	20,638	18,807	19,499	18,629	17,160	14,043	9,891
4	←	←	←	0,30	50	učesće u %		8,68	15,34	26,77	24,18	17,88	7,15
						duljina l u mm		5,409	4,600	3,590	3,201	1,627	0,587
						širina š u mm		0,612	0,546	0,495	0,326	0,188	0,105
						debljina d u mm		0,294	0,236	0,204	0,159	0,119	0,062
						l/š		8,838	8,425	7,252	9,819	8,654	5,590
						l/d		18,398	19,491	17,598	20,132	13,672	9,468
5	←	←	←	0,20	50	učesće u %		5,37	8,08	24,41	27,03	27,71	7,40
						duljina l u mm		5,344	4,915	3,409	3,046	1,615	0,592
						širina š u mm		0,606	0,576	0,468	0,350	0,183	0,088
						debljina d u mm		0,211	0,198	0,156	0,128	0,094	0,059
						l/š		8,818	8,533	7,284	8,703	8,825	6,727
						l/d		25,327	24,823	21,853	23,797	17,181	10,034
6	←	←	←	0,25	50	učesće u %	0,41	9,31	13,18	22,28	22,35	24,73	7,74
						duljina l u mm	8,110	5,800	4,670	3,810	3,533	1,652	0,602
						širina š u mm	1,067	0,637	0,568	0,509	0,404	0,208	0,085
						debljina d u mm	0,288	0,241	0,228	0,192	0,138	0,111	0,062
						l/š	7,601	9,105	8,222	7,485	8,745	7,942	7,082
						l/d	28,159	24,066	20,482	19,844	25,601	14,883	9,710
7	←	←	←	0,20	50	učesće u %		0,86	5,15	26,05	28,16	29,18	10,60
						duljina l u mm		3,990	3,450	3,050	2,630	1,621	0,486
						širina š u mm		0,651	0,590	0,524	0,408	0,217	0,056
						debljina d u mm		0,212	0,186	0,151	0,128	0,096	0,047
						l/š		6,129	5,847	5,821	6,446	7,470	7,345
						l/d		18,821	18,548	20,199	20,547	16,885	9,064

OSNOVNI PODACI O IVERJU VANJSKOG SLOJA
POJEDINIH MLJEVENJA

Tabela br. 2

BROJ MLJEVENJA	TVP MLINA	VRSTA ELEM. MLJEVE	SITO	DEBLJINA IVERJA	VLAGA IVERJA	OSNOVNI PODACI O IVERJU	FRAKCIJE						
							1,6	1,0	0,8	0,5	0,3	0,1	0,0
8		V20° zbijeni žljeb	CO 1,5	0,25	50	učesće u %	1,84	8,12	24,34	27,19	27,93	10,58	
						duljina l u mm	4,118	3,620	3,186	2,649	1,547	0,530	
						širina š u mm	0,710	0,605	0,498	0,393	0,221	0,058	
						debljina d u mm	0,247	0,193	0,162	0,131	0,101	0,048	
						l/š	5,800	5,983	6,397	6,740	7,000	9,138	
						l/d	16,672	18,756	19,667	20,221	15,317	11,042	
9	PSKM - 10 MIKRO IVERJE	V20° zbijeni žljeb	CO 1,5	0,30	50	učesće u %	4,04	11,94	23,22	25,11	27,06	8,63	
						duljina l u mm	4,000	3,489	3,109	2,374	1,556	0,427	
						širina š u mm	0,726	0,622	0,520	0,412	0,228	0,058	
						debljina d u mm	0,292	0,236	0,198	0,148	0,117	0,051	
						l/š	5,510	5,609	5,979	5,762	6,824	8,138	
						l/d	13,698	18,756	15,702	16,040	13,299	8,372	
10	PSKM - 10 MIKRO IVERJE	cik-cak žljeb (L+D)	CO 1,5	0,20	50	učesće u %	1,03	5,86	27,29	28,54	29,25	8,03	
						duljina l u mm	4,000	3,760	3,222	2,354	1,304	0,468	
						širina š u mm	0,852	0,708	0,578	0,362	0,208	0,054	
						debljina d u mm	0,221	0,173	0,146	0,120	0,098	0,043	
						l/š	4,695	5,311	5,574	6,503	6,269	8,667	
						l/d	18,099	21,734	22,068	19,617	13,306	10,884	
11	PSKM - 10 MIKRO IVERJE	cik-cak žljeb	CO 1,5	0,25	50	učesće u %	1,88	6,66	25,79	31,16	26,45	8,07	
						duljina l u mm	4,35	3,600	3,320	2,110	1,320	0,541	
						širina š u mm	0,826	0,702	0,564	0,384	0,212	0,048	
						debljina d u mm	0,245	0,188	0,157	0,127	0,106	0,043	
						l/š	5,266	5,128	5,886	5,495	6,226	11,271	
						l/d	17,755	19,149	21,146	16,614	12,453	12,581	
12	PSKM - 10 MIKRO IVERJE	cik-cak žljeb	CO 1,5	0,30	50	učesće u %	8,93	12,38	22,05	27,23	23,01	6,40	
						duljina l u mm	4,140	3,73	3,530	2,030	1,420	0,485	
						širina š u mm	0,770	0,669	0,528	0,402	0,202	0,050	
						debljina d u mm	0,286	0,224	0,205	0,139	0,112	0,048	
						l/š	5,377	5,576	6,686	5,050	7,030	9,700	
						l/d	14,475	16,652	17,219	14,604	12,678	10,104	
13	PSKM-10 MIKRO IVERJE	V20° zbijeni žljeb	CO 1,5	0,25	5	učesće u %	0,51	1,80	16,15	32,33	39,16	10,05	
						duljina l u mm	6,143	3,404	2,629	2,243	1,092	0,424	
						širina š u mm	0,971	0,762	0,610	0,476	0,186	0,098	
						debljina d u mm	0,266	0,241	0,212	0,168	0,122	0,068	
						l/š	6,326	4,340	4,310	4,712	5,871	4,326	
						l/d	23,094	14,124	12,401	13,351	8,951	6,235	
14	PSKM-10 MIKRO IVERJE	cik-cak žljeb	CO 1,5	0,25	5	učesće u %	0,67	2,06	16,18	32,57	38,35	10,17	
						duljina l u mm	6,000	3,705	2,763	2,157	1,410	0,519	
						širina š u mm	1,047	0,786	0,687	0,506	0,199	0,102	
						debljina d u mm	0,268	0,236	0,194	0,156	0,126	0,074	
						l/š	5,731	4,714	4,022	4,263	7,085	5,088	
						l/d	22,388	15,699	14,242	13,827	11,190	7,014	

OSNOVNI PODACI O ELEMENTIMA IZRADE MIKROIVERJA NA
MLINO PALLMANN - PSKM - 10 I SVOJSTVIMA ISPITANIH PLOČA

Tabela br. 3

Podaci o mljevenju	Broj mljevenja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Vrsta elementa		V - žljeb				V zbijeni žljeb				cik cak				V 20 cik zb cak
Sito	mm	CO 2,0						CO 1,5						CO 1,5	
Debljina iverja	mm	0,20	0,25	0,30	0,30	0,20	0,25	0,20	0,25	0,30	0,20	0,25	0,30	0,25	0,25
Vlaga iverja	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	5	5
Utrošak el.energije	kWh		155				158	152	176	187		182		98	107
Volumna težina kp/m ³	X	739	733	737	746	719	719	725	727	728	723	748	730	721	730
		25	12	15	12	16	21	23	21	18	17	17	18	23	15
Čvrstoća na . savijanje kp/cm ²	X	255	258	245	262	248	249	239	243	236	233	245	250	229	212
		16	14	15	15	15	16	18	18	16	22	20	13	15	13
Čvrstoća na raslojavanje kp/cm ²	X	5,1	5,6	5,9	5,4	5,4	5,7	5,9	6,0	6,1	6,5	5,9	6,2	5,7	5,4
		0,7	1,2	1,7	1,1	1,2	1,2	1,3	1,1	1,0	0,5	0,9	1,0	1,0	1,1
Debljinsko bubrenje nakon 2 sata %	X	6,6	6,7	5,7	6,7	7,4	6,6	6,4	6,5	7,1	7,0	6,3	6,4	6,9	6,5
		1,2	1,3	1,0	1,1	1,3	1,0	0,8	0,9	1,0	1,2	0,9	1,1	0,7	1,1
Čvrstoća raslojavanja vanjskog sloja	X			12,6			12,0	12,1	12,3	13,2		12,7			

Svojstva ploča

IZABRANI PREDSTAVNICI PROSJEČNE DULJINE IVERJA
PO MLJEVENJU I FRAKCIJAMA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1,6														
1,0														
0,8														
0,5														
0,3														
0,1														
0,0														

IZABRANI PREDSTAVNICI PROSJEČNE ŠIRINE IVERJA PO MLJEVENJU I FRAKCIJAMA

	1,6	1,0	0,8	0,5	0,3	0,1	0,0
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							

.....

2. Ispitivanje bitnih elemenata izrade vrlo finog iverja i utjecaj finoće iverja na svojstva ploča.

Dobiveni rezultati daju se u tabelama br. 2 i 3.

2.1 Utjecaj vlage iverja

Usporedbom mljevenja br. 8 i 13 te 11 i 14 može se zaključiti:

- Vlaga iverja pri izradi mikroiverja ima značajnu ulogu. Polusuho iverje daje kvalitetnije mikroiverje, manje debljine i boljeg koeficijenta vitkosti.
- Učešće najfinijih frakcija (0,0 - 0,3 mm) je veća kod suhog mljevenja.
- Osnovne prosječne dimenzije mikroiverja su povoljnije kod polusuhog mljevenja (vitkije, tanje i veće debljine), dok je iverje suhog mljevenja kraće i deblje, međutim utrošak energije usitnjavanja je znatno veći kod polusuhog mljevenja (cca 30%).
- Osnovna svojstva ploča radjena sa vrlo finim iverjem usitnjenim pri 5% i 50% vlage odgovaraju zahtjevima po standardu. Uočava se neznatno smanjenje čvrstoće na savijanje i raslojavanje kod ploča radjenim iverjem suho mljevenim, ali još uvijek sa rezultatima većim od zahtjevanih.
- Čvrstoća raslojavanja vanjskog sloja bolja je kod iverja radjenog polusuhim mljevenjem. Zato je kod korištenja iverja mljevenog suhim postupkom potrebno dodavati nešto više ljepila u vanjski sloj nego kod polusuhog (cca 0,5%).

2.2 Utjecaj izvorne debljine iverja

Usporedbom mljevenja br. 7, 8, 9 može se zaključiti:

- Kod debljina iverja u rasponu 0,2 - 0,25 mm, pri izradi iverja nema uočljivih razlika u utjecaju na svojstva iverja i ploča.
- Kod usporedbe početnih debljina iverja 0,2 i 0,3 mm, vidimo da se kod veće debljine smanjuje učešće finih frakcija (otvori sita 0,0 - 0,3 mm), a mikroiverje je prosječno deblje.

- Utjecaj izvorne debljine iverja na prosječnu debljinu mikroiverja vidljiv je iz slijedećeg prikaza:

Početna prosječna debljina iverja u mm	0,2	0,24	0,3
Prosječna debljina nakon usitnjavanja u mm	0,102	0,111	0,132

- Koeficijent vitkosti je nešto bolji kod izvorno tanjeg iverja.
- Osnovna svojstva ploča kod sve tri ispitane debljine iverja su približno iste, sem što se kod debljeg iverja uočava tendencija nešto većeg bubrenja.

2.3 Utjecaj veličina otvora sita

Počeci izrade mikroiverja bili su usmjereni samo na ugradnju konidur sita u postojeće mlinove, a segmenti su naknadno dogradjeni u raznim oblicima i izvedbama.

U ispitivanju su obrađena sita veličina otvora 1,5 i 2,0 mm. Usporedbom mljevenja 2 i 8, gdje su različita sita a isti segmenti možemo zaključiti:

- Sita sa manjim otvorima smanjuju osnovne dimenzije mikroiverja, međjutim ovo smanjenje nije ujednačeno unutar pojedinih frakcija. Smanjenje duljine znatnije je kod kru-pnih frakcija i kreće se 16 - 30%, dok je kod finijih fra-kcija cca 5 - 11%.
- Debljine iverja se takodjer smanjuju upotrebom manjih otvora sita, a povećava učešće finih frakcija (0,0-0,3 mm).
- Smanjenjem veličine sita povećava se utrošak električne energije i pada kapacitet mlina.

- Svojstva ploča radjena sa otvorima sita 1,5 i 2,0 mm odgovaraju zahtjevima i ujednačena su. Uočene razlike u obliku i dimenzijama mikroiverja, ne pokazuju bitan utjecaj na svojstva, sem što je finoća površine bolja kod mikroiverja radjenog sa manjim otvorima sita.

2.4 Utjecaj segmenata na izradu mikroiverja

Za ovo istraživanje upotrebljene su tri vrste segmenata, a usporedba je izvršena kod otvora konidur sita 2,0 i 1,5 mm.

Usporedbom mljevenja 2 i 6 te 8 i 11 možemo zaključiti:

- Tuplji ugao žljebova segmenata daje finiju strukturu iverja.
- Usitnjavanje u smjeru ugla segmenta daje finiju strukturu iverja.
- segment V-žljeb daje nešto manje prosječne dimenzije mikroiverja u odnosu na V-20° zbijeni žljeb, koji ima nešto veća učešća krupnijih frakcija.
- Koeficijent vitkosti je nešto veći kod segmenta V-20° zbijeni žljeb, a utrošak energije neznatno manji.
- Segmenat V-20° zbijeni žljeb daje prosječne dimenzije mikroiverja nešto dulje, uže i minimalno tanje kod usporedbe sa cik-cak žljebom.
- Segmenat cik-cak povećava učešće krupnijih frakcija
- Svojstva ploča izradjenih sa sva tri segmenta odgovaraju postavljenim zahtjevima.

3. ZAKLJUČAK

- 3.1 Mikroiverje polusuhog mljevenja ima za cca 30% veću prosječnu duljinu, isto toliko manju debljinu, te bolji koeficijent vitkosti u usporedbi sa suhim ljevenjem, ali i znatno veći utrošak električne energije.

- 3.2 Osnovna svojstva ploča radjenih sa mikroiverjem polusuhog i suhog mljevenja odgovaraju zahtjevima standarda. Kod usporedbe osnovnih svojstava ploča radjenih po suhom i polusuhom postupku ista su neznatno slabija kod suhog mljevenja.
- 3.3 U samoj proizvodnji primjena polusuhog mljevenja traži veće investicije (predsušenje i naknadno sušenje) i u ljetnim uslovima teže održiv zahtjev da vlaga drva ne padne ispod 40%. Zbog toga je za praksu prihvatljivija izrada iverja suhim mljevenjem, a eventualno potrebno poboljšanje svojstava može se postići minimalnim povećanjem utroška ljepila.
- 3.4 U pregledu izvorne debljine iverja vanjskog sloja vidljivo je da tanje iverje daje veće učešće finih frakcija, tanje mikroiverje prosječno i unutar pojedinih frakcija.
- 3.5 Osnovna svojstva ploča radjenih sa mikroiverjem iz izvornih debljina 0,2 - 0,3 mm odgovaraju zahtjevima, a kod svojstava nema bitnih razlika. Za praksu je zato prihvatljivija izvorna debljina 0,3 mm kod proizvodnje mikroiverja.
- 3.6 Veličina otvora sita ima utjecaj na osnovne dimenzije i učešće pojedinih frakcija t.j. smanjenjem otvora sita smanjuju se i dimenzije mikroiverja, ali to smanjenje nije ujednačeno unutar pojedinih frakcija, pri čemu se debljina znatnije smanjuje kod krupnijih frakcija, a povećava se učešće finih frakcija i utrošak električne energije.
- 3.7 Ispitivanjem tri segmenta za izradu mikroiverja uočava se da se njima može djelimično u kombinaciji sa otvorima sita utjecati na željeni oblik mikroiverja pri čemu je zapaženo:
- Segmenat V-žljeb u odnosu na segmenat V-20⁰ zbijeni žljeb smanjuje prosječne dimenzije iverja kroz povećanje učešća finih frakcija.

- Segmenat V-20° zbijeni žljeb daje iverje sa nešto boljim koeficijentom vitkosti uz manji utrošak električne energije.
- Segmenat V-20° zbijeni žljeb u usporedbi sa cik-cak zbijenim žljebom daje iverje nešto dulje i uže, te minimalno tanje.
- Kod usporedbe sva tri ispitana žljeba u ovom istraživanju mogla bi se dati izvjesna prednost segmentu V-20° zbijenom žljebu.
- Izbor segmenta ovisan je o vlazi iverja, vrsti drvene sirovine, karakteristikama izvornog iverja, te potrebi finoće vanjske površine.

3.8 Svojstva svih ploča izradjenih sa navedenim mljevenjima i dobivenim mikroiverjem odgovaraju postavljenim zahtjevima prema JUS-u.

Doc.dr Vladimir Bruči

HOMOGENIZIRANJE SVOJSTAVA DRVNOG IVERJA
I PRORAČUN HOMOGENOSTI PLOČA IVERICA
(pregledni rad)

Kod proizvodnje iverica može se konstantna kvaliteta postići samo onda, ako se najvažnija svojstva drvnog iverja, kao učešće određenih vrsta drva, razdioba veličine iverja, sadržaj vode i sadržaj suhe tvari ljepila, mogu održavati konstantnim. Ta svojstva postižu postepeno svoje konačne vrijednosti na putu kojim iverje prolazi kroz silose, sušionice, separatore, mlinove, uređaje za doziranje i strojeve za nanošenje ljepila. Kolebanja se mogu među ostalim izjednačiti i u horizontalnim bunkerima za doziranje. Postupak homogeniziranja je sa stajališta statistike jedan slučajan postupak. Postoji jedna slučajna smjesa koja je okarakterizirana srednjom vrijednošću i standardnom devijacijom određenog svojstva iverja. Primjenjena na jedan horizontalni bunker, matematička obrada procesa miješanja pokazuje bitno izjednačivanje svojstava iverja. Najveći utjecaj na kvalitetu smjese ima visina bunkera i način njegovog punjenja i pražnjenja. Računskim primjerom dan je pregled kvantitativnih zavisnosti.

HOMOGENIZIRANJE SVOJSTAVA DRVNOG IVERJA

Uvod

Predmet istraživanja je horizontalni dozirni bunker za drvo iverje prikazan na slici 1^{*}. Bunker se može upotrijebiti za sirovo i osušeno iverje, te za iverje na koje je nanijeto ljepilo. Bunker ima zadaću uskladištenja, doziranja i homogeniziranja svojstava iverja, što je od najvećeg značenja za održavanje konstante kvalitete iverica. Za samo uskladištenje može se isto tako dobro upotrijebiti jednostavniji bunker. Točnost doziranja s drugačijom vrstom bunkera jedva se može

* Drugu M.Barberić, dipl.ing. zahvaljujem za izradu slika i pomoć kod opreme rada.

Rad rađen u okviru teme Zavoda za istraživanja u drvnjoj industriji Šumarskog fakulteta u Zagrebu: Istraživanja na području tehnologije furnira i ploča

postići. Homogeniziranje zahtijeva kod horizontalnog dozirnog bunkera kompliciran način punjenja i pražnjenja. U najčešćim izvedbama bunker se puni pomoću pokretnog korita jednog pužnog transportera. Nova količina iverja taloži se u slojevima na stražnju kosinu postojećeg iverja. Debljina jednog sloja dobiva se iz trenutne dobavne količine pužnog transportera i brzine korita koje se kreće amo-tamo.

Ukupni sadržaj bunkera se na jednoj transportnoj traci na dnu bunkera kontinuirano pokreće u smjeru iznošenja i na čelnoj strani se izvlači pomoću posebnih valjaka. Brzina trake na dnu bunkera određuje dakle količinu iverja koja se izvlači iz bunkera.

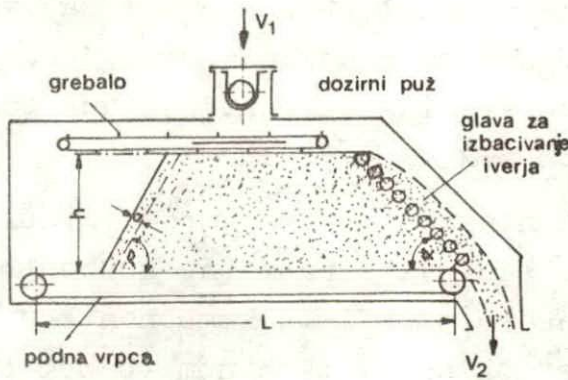
Zadatak

Ova ispitivanja se bave pitanjem homogeniziranja, tj. kakva kvaliteta smjese se može postići s horizontalnim dozirnim bunkerom. Kvaliteta smjese je okarakterizirana standardnom devijacijom funkcije razdiobe jednog svojstva koje treba držati konstantnim (npr. sadržaj vode, sadržaj suhe tvari smole, udio sitnih čestica, udio različitih vrsta drva itd.).

Opis procesa miješanja u horizontalnom dozirnom bunkeru

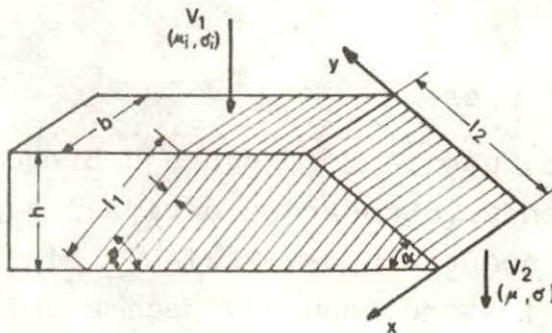
Proces miješanja u horizontalnom dozirnom bunkeru je stohastički proces (slučajno miješanje). Nakon što je bunker napunjen po slojevima nastaje slučajno miješanje s različitim koncentracijama na pojedinim mjestima. Ova razlika u koncentracijama nastaje zbog nepravilnog načina rada različitih strojeva (npr. strojeva za nanošenje ljepila, sušionica, vrpčastih vaga, iverača itd.).

Za računanje se pojednostavljeno uzima da se z slojeva iverja u bunkeru u području valjaka za izvlačenje sastoji od k različitih komponenata s parametrima razdiobe μ_i i σ_i ($i = 1$ do k). Treba biti $z \gg k$, tako da svaku od k komponenata sačinjava više slojeva koji doduše ne moraju biti susjedni. Na taj način nastaje slijedeći model: U smjeru y (slika 2)



Sl. 1 Shema horizontalnog dozirnog bunkera.

a - debljina sloja; h - visina iverja u bunkeru;
 L - duljina vrpčastog transportera u podu (=najveća duljina punjenja); V_1 - obujam iverja na ulazu u bunker; V_2 - obujam iverja koje izlazi iz bunkera; α - nagib valjaka za izvlačenje iverja; φ - kut nagiba iverja.



Sl. 2 Model iverja u bunkeru i oznake potrebne za proračun.

a - debljina sloja, b - unutarnja širina bunkera, h - visina iverja u bunkeru, L_1 - duljina kosine (duljina jednog sloja), L_2 - duljina kosine na izlaznoj strani, V_1 - obujam iverja koje ulazi u bunker, V_2 - obujam iverja koje izlazi iz bunkera, x, y - koordinate, α - nagib niza valjaka za izvlačenje iverja, φ - kut nagiba iverja, μ_i - srednja vrijednost komponente, μ - srednja vrijednost smjese, σ_i - standardna devijacija komponente, σ - standardna devijacija smjese.

postoje skokovi u koncentraciji, tj. slojevi za $x = \text{konst.}$ su međusobno različiti. U smjeru x dakle unutar jednog sloja $y = \text{konst.}$ koeficijent korelacije je kontinuirana funkcija koja se smanjuje razmakom $x - x_0$.

Primjenimo li konzekventno ovaj model, tada postoje također u smjeru osi x skokovite promjene koncentracije, kada se kod punjenja bunkera skok i -te komponente u $(i+1)$ komponentu (slijedeću) ne poklapa s okretnom točkom puža koji se kreće amo-tamo. Zbog uvjeta da je $z \gg k$ može se taj faktor zanemariti.

Može se pretpostaviti da kod skidanja takvog sloja sa čela bunkera nastaje neravnomjerno slučajno miješanje. Smatramo li taj sloj kao reprezentativnu masu uzorka, može se proces miješanja u dozirnom bunkeru zbog dodavanja komponenata po slojevima i skidanjem dijela mase statistički shvatiti kao uzimanje uzorka mase $M = \sum_{j=1}^z m_j$ iz dijelova mase m_j protoka iverja.

Standardna devijacija smjese

Dijelovi mase m_j uzorka M odgovaraju broju slojeva z na valjcima za izvlačenje. Standardna devijacija smjese može se izračunati iz standardnih devijacija z dijelova mase m_j . Za srednju vrijednost i standardnu devijaciju vrijedi:

$$\mu \pm \sigma = \frac{\sum_{j=1}^z m_j (\mu_j \pm \sigma_j)}{\sum_{j=1}^z m_j} \quad (1)$$

a za standardnu devijaciju:

$$\sigma = \frac{1}{\sum_{j=1}^z m_j} \sqrt{\sum_{j=1}^z (m_j \sigma_j)^2} \quad (2)$$

Ako se ukupna masa $M = \sum_{j=1}^z m_j$ svake komponente podijeli u z_i slojeva jednakih masa m_i sa standardnom devijacijom $\sigma_i = \sigma_j$ razmjerno $M = z_1 m_1 + z_2 m_2 + \dots = \sum_{i=1}^k z_i m_i$ dobijemo iz jednadžbe (2)

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k z_i m_i} \sqrt{\sum_{i=1}^k z_i (m_i \bar{\sigma}_i)^2} \quad (3)$$

ili jednostavnije pisano:

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{z} \sqrt{\sum_{i=1}^k z_i \bar{\sigma}_i^2} \quad (4)$$

Za slučaj da su $\bar{\sigma}_i$ svih zislojeva jednake, vrijedi:

$$\bar{\sigma} = \frac{\bar{\sigma}_i}{\sqrt{z}} \quad (5)$$

To znači da je jednoličnost u dozirnom bunkeru to bolja, što je formirano više slojeva. Pretpostavka da je $\bar{\sigma}_i = \text{konst.}$ stoji ako se povećanje broja slojeva postiže većom visinom bunkera, a ne smanjivanjem debljine sloja. ($\bar{\sigma}_i$ je ovisan o veličini mase uzorka!).

Pretpostavka za ovaj izvod je: za dio mase m_i ili sloja svake komponente vrijede parametri raspodjele $\bar{\sigma}_i$ i μ_i njihovog osnovnog skupa, tj. vrijednosti slučajnih uzoraka predstavljaju uvijek osnovni skup. Ta pretpostavka nije sama po sebi razumljiva. Ona ovisi o veličini slučajnog uzorka i zahijeva stanovito prethodno homogeniziranje komponenata, što je kod našeg slučaja istaknuto.

Izvod jednadžbe (4) također pretpostavlja, da su dijelovi mase m_i koji ulaze u smjesu točno dozirani. Ako to nije slučaj treba umjesto jednadžbe (1) pisati:

$$\mu \pm \bar{\sigma} = \frac{\sum_{j=1}^z (m_j \pm \bar{\sigma}_{m_j})(\mu_j \pm \bar{\sigma}_j)}{\sum_{j=1}^z (m_j \pm \bar{\sigma}_{m_j})} \quad (6)$$

Kod toga je $\bar{\sigma}_{m_j}$ standardna devijacija količine. Kolebanja količine imaju u određenim slučajevima jak utjecaj na standardnu devijaciju smjese, ali ovdje nisu uzete u obzir, jer uvođenje komponenata osniva se na gornjem modelu (sl. 2).

Računski primjer:

Za horizontalni bunker mogu vrijediti podaci (sl. 2):

- visina $h = 1000$ mm;
- širina $b = 2300$ mm;
- nagib na izlaznoj strani $\alpha = 40^\circ$;
- kut nagiba na strani ulaza iverja $\varphi = 50^\circ$;
- izlazna količina $V_2 = 60 \text{ m}^3/\text{h} = V_1$ (približno konst.);
- vrijeme za jedan hod tamo i amo korita puža $t = 30$ s (odgovara dva sloja).

Debljina sloja a :

$$a = \frac{V_1 \cdot t \cdot \sin \varphi \cdot 10^9}{3600 \cdot 2 \cdot h \cdot b} \quad (7)$$

$$a = \frac{60 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 30 \text{ s} \cdot \sin 50^\circ \cdot 10^9}{3600 \text{ s}/\text{h} \cdot 2 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 2300 \text{ mm}}$$

$$a = 83,3 \text{ mm}$$

Broj slojeva na izlaznoj strani

$$z = \frac{h \cdot \cos(\alpha + \varphi - 90^\circ)}{a \cdot \sin \alpha} \quad (8)$$

$$z = \frac{1000}{83,3 \cdot \sin 40^\circ}$$

$$z = 18,6 \approx 18 \text{ slojeva.}$$

Homogeniziranje

Ako je npr. sadržaj vode unutar sloja normalno distribuiran sa standardnom devijacijom $\sigma_i = 1\%$ uz srednju vrijednost $u = 10\%$ to odgovara relativnoj grešci od $\pm 10\%$ u odnosu na srednju vrijednost, pa je za $z = 18$ standardna devijacija smjese prema jednadžbi (5):

$$\sigma = \frac{\sigma_i}{\sqrt{z}} = \frac{1\%}{\sqrt{18}} = 0,24\%$$

To znači da je relativna pogreška smanjena od 10% (podatak vrijedi uz pouzdanost 68,3%) na 2,4%. Jednaki rezultati dobiju se za ostala svojstva ukupne mase iverja, npr. mjerenja natresne težine iverja u bunkeru dala su kolebanja srednje vrijednosti 4 do 5%. Po izlasku iz dozirnog bunkera te količine može se očekivati smanjenje kolebanja srednje vrijednosti na oko 1%.

Za nasipanje 18 slojeva potrebno je u našem primjeru 4,5 minute. Dozirni bunker može prema tome smanjiti razliku koncentracije, ako je vrijeme kraće. U tom vremenskom području leže i kolebanja težine vrpčaste vage, zadržavanje u sušari i stroju za nanošenje ljepila.

Utjecaj visine bunkera

Uvrstimo li jednadžbu (7) u (8) dobijemo vezu između broja slojeva, dimenzija bunkera i vremena za jedan hod korita puža amo-tamo:

$$z = \text{konst.} \cdot \frac{h^2 \cdot b}{V_1 \cdot t \cdot \sin \alpha} \quad (9)$$

Volumen jednog sloja

$$V_z = V_1 \cdot \frac{t}{z} = \frac{b \cdot h \cdot a}{\sin \varphi} \quad (10)$$

određen je periodikom kolebanja koncentracije, jer se slojevi trebaju tako formirati da najveća promjena koncentracije nastaje u smjeru osi y . Ako su prema tome V_2 i širina bunkera b dane vrijedi za broj slojeva $z \sim h^2$, a prema jednadžbi (5):

$$\sigma = \frac{G_i}{h} \quad (11)$$

S aspekta homogenosti veliku ulogu igra visina bunkera. Visina bunkera je međutim ograničena konstruktivnim razlozima (broj valjaka za iznošenje), pritiskom na bočne stranice i uvjetima da debljina sloja mora biti višekratnik veličine iverja.

Poboljšanje razdiobe natresne gustoće može se postići također mehaničkim uređajima, kao npr. odvagom manje količine iverja u takt vagama ili regulacijom visine ćilima pomoću valjaka koji određuju visinu ćilima i rotiraju u suprotnom smjeru. Izjednačenje ostalih svojstava mase iverja time se ipak ne postiže.

PRORAČUN GUSTOĆE PLOČA IVERICA

Gustoća uzorka iverice je kvocijent mase uzorka m i obujma uzorka V . U literaturi i u standardima, rezultati ispitivanja - (čvrstoća savijanja, čvrstoća raslojavanja, bubrenje itd.) - prikazuju se u pravilu, odnosno nekada se to zahtijeva, kao funkcija gustoće, jer ona utječe na sva važna svojstva iverica.

Kod proizvodnje iverica teži se postizanju konstantne gustoće. Velik utjecaj na gustoću i njeno kolebanje ima način rada natresnih stanica, koje formiraju ćilim. Greška nastala kod natresanja nije identična kolebanju gustoće koje zapravo predstavlja ukupnu grešku, koja se mora rastaviti na pogreške, odnosno nesigurnosti mjerenja više utjecajnih veličina. Ako se određuje gustoća poslije klimatizacije na nebrušenim ivericama treba uzeti u obzir slijedeće faktore:

a) kolebanja natresne gustoće standardno suhog drvnog iverja,

b) kolebanja sadržaja vlage iverja na koje je nanižeto ljepilo,

c) kolebanja sadržaja suhe tvari ljepila koje se nanosi na iverje,

d) obujamska greška natresne stanice,

e) greška debljine kod postupka prešanja u vrućoj preši.

Faktori a, b i c su zbog pojednostavljenja sažeti i dalje uvijek govorimo o kolebanju natresne gustoće iverja.

RAČUNANJE GUSTOĆE UZORKA

Uzorak iz formiranog ćilima

U općenitom slučaju se iz k različitih vrsta iverja formira (natresanjem) ćilim sa z slojeva ($z = 2k, 3k, \dots$).

Pri tome nastaje greška natresanja u x i y smjeru (sl. 3) koja ima jednu sistematsku (uvjetovanu određenom natresnom stanicom) i jednu stohastičku (slučajnu) komponentu. Stohastička komponenta dobije se superpozicijom obujamske greške kod natresanja (greška debljine kod natresanja) i kolebanja natresne gustoće iverja.

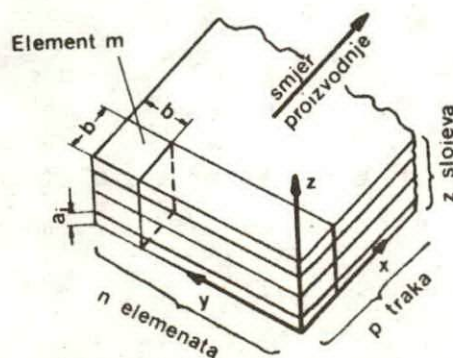
Sistematska greška sastoji se u pravilu samo od obujamske greške, osim ako usmjerena struja zraka ne stvara razdiobu iverja prema veličini tako da mjestimično dolazi do velikih razlika u natresnoj gustoći.

Masa zamišljenog uzorka iz ćilima može se na temelju slike 3 izračunati na slijedeći način:

$$m \pm \Delta m = b^2 \sum_{j=1}^z (a_j \pm \Delta a_j) (\rho_{sj} \pm \Delta \rho_{sj}) \quad (12)$$

gdje je: m = masa uzorka (elementa) - srednja vrijednost
 a_j = natresna debljina sloja - srednja vrijednost
 ρ_{sj} = natresna gustoća sloja - srednja vrijednost

nadalje su: Δm , Δa_j , $\Delta \rho_{sj}$ apsolutni iznosi greške.



Sl. 3 Oznake na modelu ćilima.

Utjecaj kolebajućeg sadržaja vlage iza sušenja kod tih razmatranja je zanemaren.

Parametri razdiobe (srednja vrijednost i standardna devijacija, odnosno varijacioni koeficijent) ispitivanih faktora mijenjaju se u smjeru osi z od sloja do sloja skokovito i međusobno se ne mogu uspoređivati, dok se u smjeru osi x i y susjedni elementi mogu uspoređivati, jer predstavljaju harmoničnu cjelinu.

Uzorak iz sirove ploče

Pretpostavimo li da se kod prešanja elementa prikazanog na slici 3 mijenja dimenzija samo u smjeru osi z , a površina elementa b^2 i masa ostaju iste, tada za svaki sloj koji je posebno natresen natresna debljina a_j prelazi u debljinu prešanja c_j , a natresna gustoća ρ_{sj} u gustoću sloja ploče ρ_j . Gustoća elementa sirove ploče može se izračunati iz jednadžbe (12), ako se obje strane jednadžbe podijele s obujmom prešanog elementa.

$$V \pm \Delta V = b^2(d \pm \Delta d) \quad \text{gdje je} \quad d = \sum_{j=1}^z c_j \quad (13)$$

Na taj način dobijemo gustoću prešanog elementa

$$\rho \pm \Delta \rho = \frac{\sum_{j=1}^z (a_j \pm \Delta a_j) (\rho_{sj} \pm \Delta \rho_{sj})}{(d \pm \Delta d)} \quad (14)$$

Računanje standardne devijacije i varijacionog koeficijenta gustoće

Uvedemo li, kako je to u statistici uobičajeno, za opis srednjeg odstupanja slučajne varijable od njene srednje vrijednosti standardnu devijaciju, ta jednadžba glasi (14):

$$\rho \pm S = \frac{\sum_{j=1}^z (a_j \pm S a_j) (\rho_{sj} \pm S \rho_{sj})}{d \pm s d} \quad (15)^*$$

Standardna devijacija s gustoće može se izračunati iz parcijalnih diferencijala gustoće prema veličinama a_j , ρ_{sj} i d . Diferencijali glase:

* Način pisanja jednadžbe (15) nije korektan. Kod izvoda, koji se odnose na "prave" vrijednosti u statistici se obično piše μ_{INDEKS} za srednju vrijednost npr. μ_{a_j} za a_j , σ_{INDEKS} za standardnu devijaciju npr. σ_m za S .

$$\frac{d\rho}{da_1} = \frac{\rho s_1}{d} \rightarrow \sum_{j=1}^z \frac{d\rho}{da_j} = \sum_{j=1}^z \frac{\rho s_j}{d} \quad (16)$$

$$\frac{d\rho}{d\rho s_1} = \frac{a_1}{d} \rightarrow \sum_{j=1}^z \frac{d\rho}{d\rho s_j} = \sum_{j=1}^z \frac{a_j}{d} \quad (17)$$

$$\frac{d\rho}{dd} = \frac{-\sum_{j=1}^z a_j \rho s_j}{d^2} \quad (18)$$

Standardna devijacija gustoće prema uobičajenom načinu pisanja je:

$$S = \sqrt{\sum_{j=1}^z \left(\frac{d\rho}{da_j}\right)^2 S_{a_j}^2 + \sum_{j=1}^z \left(\frac{d\rho}{d\rho s_j}\right)^2 S_{\rho s_j}^2 + \left(\frac{d\rho}{dd}\right)^2 S_d^2} \quad (19)$$

Uvrstimo li izraze (16), (17) i (18) u (19) dobijemo:

$$S = \sqrt{\sum_{j=1}^z \left(\frac{\rho s_j}{d}\right)^2 S_{a_j}^2 + \sum_{j=1}^z \left(\frac{a_j}{d}\right)^2 S_{\rho s_j}^2 + \left(\sum_{j=1}^z \frac{a_j \rho s_j}{d^2}\right)^2 S_d^2} \quad (20)$$

Jednadžba (20) može se jednostavno izračunati, ako se umjesto pojedinih standardnih devijacija uvrste varijacioni koeficijenti. Varijacioni koeficijent je prosječno relativno (postotno) odstupanje slučajne veličine od njene srednje vrijednosti. Tada vrijede prema definiciji slijedeće zavisnosti:

$$\begin{aligned} S &= v \cdot \rho / 100 \\ S_{a_j} &= v_{a_j} \cdot a_j / 100 \\ S_{\rho s_j} &= v_{\rho s_j} \cdot \rho s_j / 100 \\ S_d &= v_d \cdot d / 100 \end{aligned} \quad (21)$$

Iz jednadžbe (20) dobijemo prema tome:

$$v = \sqrt{\sum_{j=1}^z \left(\frac{\rho s_j a_j}{\rho \cdot d}\right)^2 v_{a_j}^2 + \sum_{j=1}^z \left(\frac{\rho s_j \cdot a_j}{\rho \cdot d}\right)^2 v_{\rho s_j}^2 + \left(\sum_{j=1}^z \frac{a_j \cdot \rho s_j}{\rho d^2}\right)^2 v_d^2} \quad (22)$$

sa:

$$\frac{\rho s_j \cdot a_j}{\rho \cdot d} = \frac{m_j}{m}$$

$$i \quad \sum_{j=1}^z \frac{a_j \rho s_j d}{\rho d^2} = \frac{\sum_{j=1}^z a_j \cdot \rho s_j}{\rho d^2} = \frac{\sum_{j=1}^z m_j}{m} = 1$$

dobijemo

$$v^2 = \sqrt{\sum_{j=1}^z \left(\frac{m_j}{m} v_{a_j}\right)^2 + \sum_{j=1}^z \left(\frac{m_j}{m} v_{\rho s_j}\right)^2 + v_d^2} \quad (23)$$

Budući da elemenat na slici 3 ima osnovnu površinu b^2 konstantnu može se u jednadžbi (23) uvrstiti umjesto greške debljine obujamska greška s istim iznosom, dakle:

$$v_{a_j} \equiv v_{v_j}$$

S varijacionim koeficijentima gustoće i natresne gustoće u opširnijem načinu pisanja:

$$v \equiv v_{\rho}$$

$$v_{\rho s_j} \equiv v_{\rho s_j}$$

poprima jednadžba (23) konačni oblik:

$$v_{\rho} = \sqrt{\sum_{j=1}^z \left(\frac{m_j}{m} v_{v_j}\right)^2 + \sum_{j=1}^z \left(\frac{m_j}{m} v_{\rho s_j}\right)^2 + v_d^2} \quad (24)$$

Prema toj formuli može se izračunati varijacioni koeficijent gustoće iz grešaka obujma kod formiranja ćilima, kolebanja natresne gustoće i greške debljine.

Djelomično različite greške pojedinih natresnih stanica, već prema udjelu u ukupnoj masi $\frac{m_j}{m}$ treba uzeti u obzir.

DISKUSIJA FORMULE

U jednadžbi (24) dana je u općem obliku formula za računanje kolebanja gustoće; za pojedine posebne slučajeve treba je analizirati:

Greška obujma i kolebanja natresne gustoće

Greška debljine ne uzima se u obzir. Pretpostavimo li nadalje pojednostavljeno da se svih z-slojeva sastoji od jed-

nako velikih masa \underline{m}_j , da sve natresne stanice imaju jednaku grešku natresanja \hat{v}_{vj} i svi slojevi imaju jednako kolebanje natresne gustoće $\hat{v}_{\rho sj}$ (vanjski i unutarnji slojevi), tada vrijedi za kolebanje gustoće sirove ploče:

$$\hat{v}_{\rho} = \frac{1}{\sqrt{z}} \sqrt{\hat{v}_{vj}^2 + \hat{v}_{\rho sj}^2} \quad (25)$$

Ta jednadžba nam kaže da će kolebanje gustoće biti to manje što više slojeva z ima ćilim. Ipak iz činjenice da kod kontinuiranog postrojenja za izradu iverica broj slojeva odgovara broju natresnih stanica ne može se bez daljnjeg zaključiti da će kolebanje natresne gustoće biti to manje što je veći broj natresnih stanica. Kratko razmatranje vodi do pravilnog zaključka:

Shvatimo li greške \hat{v}_{vj} i $\hat{v}_{\rho sj}$ u jednadžbi (25) kao grešku koncentracije i smjese u jednom uzorku, možemo prema Stangeu (1) staviti da se greška smanjuje s povećanjem broja zrnaca \underline{n} u uzorku (ovdje broj ivera) proporcionalno s brojem iverja $1/\sqrt{n}$.

Budući da je broj iverja u prvom približenju proporcionalan s masom uzorka ($n \sim m$) i da svi elementi imaju istu osnovicu \underline{b}^2 , obje greške su proporcionalne $1/\sqrt{d}$ s debljinom uzorka $d = \sum_{j=1}^z c_j$.

Prema tome greška za svaki izrađeni sloj može se ovako napisati:

$$\hat{v}_{vj} = \frac{k_1}{\sqrt{c_j}} \quad (26)$$

$$\hat{v}_{\rho sj} = \frac{k_2}{\sqrt{c_j}} \quad (27)$$

gdje su \underline{k}_1 i \underline{k}_2 konstante.

Ako je $c_j = d/z$ (analogno prema $m_j = m/z$) dobivamo uvrštenjem (26) i (27) u (25) za kolebanje natresne gustoće:

$$v^{\varphi} = \frac{\sqrt{k_1^2 + k_2^2}}{\sqrt{z} \cdot \sqrt{d/z}} = \frac{\sqrt{k_1^2 + k_2^2}}{\sqrt{d}} \quad (28)$$

Uaj rezultat dokazuje da kolebanje natresne gustoće ne određuje broj izrađenih slojeva z , nego debljina d sirove ploče.

Budući da funkcionalna karakteristika relacija (26) i (27) ovisi također o raspodjeli iverja može kod ekstremno malih i ekstremno velikih debljina sirove ploče doći do odstupanja od proporcionalnosti.

$$v^{\varphi} \sim \frac{1}{\sqrt{d}} \quad (29)$$

Ta kolebanja mogu se u praksi stvarno primijetiti; ona se očituju tako da je kod manjih debljina sirove ploče v^{φ} manji od teoretske vrijednosti, a kod većih debljina v^{φ} je veći od teoretske vrijednosti. Temeljni rezultat ovih razmatranja time se ne mijenja. Kolebanja gustoće se ne smanjuju izradom više slojeva uzastopno, odnosno većim brojem natresnih stanica, ako ukupna debljina ćilima ostaje jednaka.

Želimo li sve rezultate objasniti bez teorije, samo na temelju tehničkih mogućnosti predočivanja, možemo to učiniti na slijedeći način: sam postupak natresanja iverja (s rotirajućim valjcima ili strujom zraka) uzrokuje neravnomjernosti u ćilimu, to znači da će na jednom mjestu biti više, a na drugom manje iverja. Ako te neravnomjernosti nastaju slučajno na cijeloj radnoj širini izrade ćilima one se djelomično poništavaju i to utoliko bolje što više "slojeva iverja" dolazi jedan na drugi, tako da na kraju rezultirajuća neravnomjernost, odnosno greška izrade ćilima (natresanjem) zavisi samo o debljini ćilima. Pri tome je nevažno da li se pojedini "slojevi iverja" izrađuju vremenski jedan za drugim sa jednom stanicom ili više natresnih stanica koje su postavljene u jednom nizu. (Isto tako, kako je za rezultat jednog eksperimenta kod bacanja metalnog novca svejedno da li se novac baca pojedinačno

ili zajedno). Ta razmatranja vrijede doduše samo do jedne, već prema principu stanice, najveće količine. Osim toga se pretpostavlja da sve stanice rade jednako.

Teorija je donekle i ovaj put pobijena od prakse. Prema tome za praksu rezultat (28) glasi: Nije moguće stavljanjem u niz n -stanica od kojih svaka radi sa n -tim dijelom nominalne količine iverja smanjiti ukupnu grešku kod izrade ćilima; jedna jedina stanica kod iste debljine ćilima ne će praviti veću grešku.

Praktičara, koji ima pregled različitih sistema za izradu ćilima, ovaj rezultat ne će iznenaditi.

Greška težine po jedinici površine

Brojčana vrijednost kolebanja gustoće dobivena prema jednadžbi (28) daje tzv. grešku težine po jedinici površine $\rho^{\Delta}G$. Trebalo bi grešku po jedinici površine zapravo nazvati greškom mase po jedinici površine, jer se ona dobije iz greške obujma i gustoće. Poznato je da greška po jedinici površine raste sa smanjenjem debljine ploče. Isto tako mnogobrojna mjerenja potvrdila su proporcionalnost $1/\sqrt{d}$. Područje na slici 4 koje je ograničeno s obje krivulje predstavlja maksimalne i minimalne vrijednosti greške po jedinici površine ili također kolebanje gustoće, ako pretpostavimo da greška debljine teži ka nuli. Položaj graničnih krivulja određen je brojčanim vrijednostima konstanti k_1 i k_2 (vidi jednadžbu (28)) koje ovise o iverju i principu rada stanice za izradu ćilima.

Treba primijetiti da dokučiva tolerancija težine po jedinici površine ovisi o veličini uzorka i načina uzimanja uzoraka (3). Kod dvostrukih dimenzija uzorka u smjeru dužine i smjeru širine dakle četverostruke mase uzorka, može se očekivati smanjenje greške težine po jedinici površine na pola. Također mogu se bitno poboljšati rezultati određivanja težine po jedinici površine načinom uzimanja uzoraka, ako se npr. od ukupne količine uzoraka ne uzimaju samo uzorci u smjeru

poprečnom na smjer proizvodnje ploče, nego također i uzorci u smjeru proizvodnje iverica. U smjeru duljine ploča, dakle u smjeru proizvodnje, kod kontinuiranih postupaka praktički ne postoji sistematska greška. Uzorci uzeti u smjeru proizvodnje, djeluju na izjednačenje greške u smjeru okomitom na smjer proizvodnje i iskrivljuju rezultate ispitivanja.

Greška debljine

Ako na gustoću kod vrućeg prešanja djeluje samo greška debljine, tada vrijedi uz $v_{vj} = 0$, $v_{\varphi sj} = 0$ i $v_d \neq 0$ prema jednadžbi (24):

$$v_{\varphi} = v_d \quad (30)$$

Prema tome i kod izrade ćilima bez grešaka nastaju kolebanja gustoće koja su procentualno jednaka greški debljine. Ovo kolebanje gustoće povećava se kod brušenja ploče, jer na mjestima veće gustoće se zbog manje debljine tog dijela ploče manje odbrusi nego na mjestima manje gustoće.

Greška obujma u cijelom ćilimu

Obujamska greška natresanja cijelog ćilima, dakle greška koju može prouzročiti cijelo postrojenje za izradu ćilima prema jednadžbi (24) iznosi:

$$v_v = \sqrt{v_{\varphi}^2 - v_d^2 - \sum_{j=1}^2 \left(\frac{m_j}{m} \cdot v_{\varphi sj} \right)^2} \quad (31)$$

Uvrstimo li da su kolebanja natresne gustoće $v_{\varphi sj} = \text{konst.}$ za sve slojeve, dobivamo iz jednadžbe (31):

$$v_v = \sqrt{v_{\varphi}^2 - v_d^2 - v_{\varphi s}^2} \quad (32)$$

Budući da se u mnogim tvornicama iverica greška po jedinici površine određuje, može se v_v izračunati na slijedeći način:

$$v_v = \sqrt{v_g^2 - v_s^2} \quad (33)$$

Iz obujamske greške natresanja cijelog postrojenja za izradu ćilima ne može se zaključivati ništa o pojedinačnoj greški v_{vj} posebno za svaku natresnu stanicu.

PRIMJER PRORAČUNA

Četiri natresne stanice izrađuju ćilim sa 4 sloja, dva puta vanjski sloj DS i dva puta srednji sloj MS.

Masa iverja:

$$m_{DS} = 5,5 \text{ t/h}$$

$$m_{MS} = 10 \text{ t/h}$$

Natresna gustoća iverja s ljepilom:

$$DS: \rho_s = 190 \text{ kg/m}^3 \text{ (fini vanjski sloj)}$$

$$MS: \rho_s = 150 \text{ kg/m}^3$$

Kolebanje natresne gustoće:

$$DS: v_{\rho_s} \approx 2,0\%^{*})$$

$$MS: v_{\rho_s} \approx 2,5\%$$

*) Varijacioni koeficijent se prema definiciji u jed.(21) odnosi na jednostavnu standardnu devijaciju!

Debljine prešanih slojeva:

$$DS: C_1 = C_4 = 3 \text{ mm}$$

$$MS: C_2 = C_3 = 7,25 \text{ mm}$$

Debljina neobrušene ploče:

$$d = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = 20,5 \text{ mm}$$

Greška obujma slojeva (prema (4)):

$$v_{vj} = \frac{10}{\sqrt{c_j}} \quad *)$$

*) Varijacioni koeficijent se prema jed.(21) odnosi na jednostavnu standardnu devijaciju!

$$DS: \mathcal{V}_{v_1} = \mathcal{V}_{v_4} = \frac{10}{\sqrt{3}} = 5,75\%$$

$$MS: \mathcal{V}_{v_2} = \mathcal{V}_{v_3} = \frac{10}{\sqrt{7,25}} = 3,7\%$$

pretpostavljena greška debljine:

$$\mathcal{V}_d \approx 1,5\%$$

Prema dosadašnjim podacima može se prema jednadžbi (24) izračunati gustoća. U jednadžbu (24) treba uvrstiti:

$$\sum_{j=1}^4 \left(\frac{m_j}{m} \mathcal{V}_{v_j} \right)^2 = 2 \left(\frac{5,5}{2 \cdot 15,5} \cdot 5,75 \right)^2 + 2 \left(\frac{10}{2 \cdot 15,5} \cdot 3,7 \right)^2 = 4,93$$

$$\sum_{j=1}^4 \left(\frac{m_j}{m} \mathcal{V}_{\varphi_{s_j}} \right)^2 = 2 \left(\frac{5,5}{2 \cdot 15,5} \cdot 2 \right)^2 + 2 \left(\frac{10}{2 \cdot 15,5} \cdot 2,5 \right)^2 = 1,55$$

$$\mathcal{V}_d^2 = 2,25$$

Iz toga slijedi kolebanje gustoće:

$$\mathcal{V}_{\varphi} = \sqrt{4,93 + 1,55 + 2,25} = 2,95\%$$

Uz pretpostavku normalne raspodjele osnovnog skupa može se kolebanje gustoće uz statističku sigurnost $S = 95\%$ predvidjeti u području $\pm 1,96 \mathcal{V}_{\varphi} = \pm 5,8\%$ oko srednje vrijednosti. Očekivana vrijednost greške težine po jedinici površine iznosi za $S = 95\%$:

$$\pm 1,96 \mathcal{V}_v = \pm 1,96 \sqrt{4,93 + 1,55} = \pm 5,0\%$$

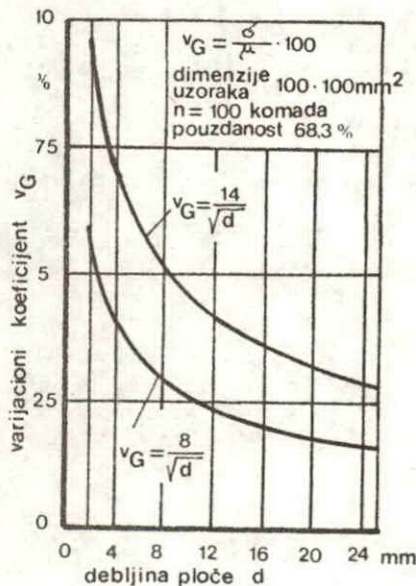
I konačno, dobijemo za grešku volumena također uz $S = 95\%$:

$$\pm 1,96 \mathcal{V}_v = \pm 1,96 \sqrt{4,93} = \pm 4,35\%$$

Brojčani primjer jasno pokazuje, da kolebanje gustoće nije prikladno za ocjenjivanje pojedinih faza proizvodnje i-
verica. Kolebanja natresne gustoće nastaju najčešće pred stanicom za izradu ćilima, zbog nepravilnog rada kod iveranja, sušenja, nanošenja ljepila ili također u uređajima za transport i raspodjelu. Natresne stanice mogu izjednačiti kolebanja natresne gustoće posredstvom vage za kontrolu težine ćilima tek nakon dužeg vremena. Greška težine po jedinici povr-

šine sadrži uglavnom grešku obujma, ali također i kolebanje natresne gustoće koje se teško može odstraniti. Točnost izrade ćilima u praksi se zato mora ocjenjivati na osnovu mjerenja težine po jedinici površine. Zato je potrebno brižljivim planiranjem u fazama pripreme iverja, nanošenja i razdiobe ljepila pobrinuti se da nastanu što manja kolebanja natresne gustoće, odnosno da se nastala kolebanja mogu ublažiti, što se npr. događa kod horizontalnih dozirnih bunkera (5). Konačna gustoća iverica ovisi i o preciznosti preše. Tako je svaka faza proizvodnje iverica suodgovorna za kvalitetu gotovog proizvoda.

U gornjem primjeru uzete pretpostavke nisu ni u kojoj fazi proizvodnje najlošije. Zbog toga rezultati: da 19 mm debela iverica ima kolebanje gustoće od 5,8% (u odnosu na nebrušeni uzorak veličine 100 x 100 mm) nije loš rezultat, ako se sjetimo, da kolebanja gustoće u dva metra dugim oblanjenim daskama od smrekovine na uzorcima istih dimenzija, iznose u normalnom slučaju oko $\pm 8\%$.



Sl. 4 Tolerancije težine po jedinici površine u ploči iverici.

S a ž e t a k

Gustoća utječe na gotovo sva važna svojstva iverice. Svaka faza proizvodnje iverice, od stovarišta sirovine (drvo) do linije za brušenje, utječe više ili manje na kolebanje gustoće.

Formula za računanje kolebanja gustoće obuhvaća utjecaj kolebanja natresne gustoće iverja, grešku kod izrade ćilima sa svakom pojedinom stanicom i grešku debljine za vrijeme prešanja u vrućoj preši. Ta formula sadrži također tako zvanu grešku težine po jedinici površine. Nadalje može se time dokazati, da se kolebanje gustoće ne može smanjiti uzastopnim natresanjem slojeva jednog na drugi, dakle povećanjem broja stanica za izradu ćilima, ako debljina cijelog ćilima ostaje jednaka.

Na brojčanom (računskom) primjeru pokazana je primjena formule za računanje. Rezultati tog primjera pokazuju jasno, da kolebanje gustoće ne može služiti za ocjenjivanje pojedinih faza proizvodnje, kao npr. pripreme iverja, stanica za izradu ćilima ili vruće preše.

L I T E R A T U R A

1. Stange: Die Mischgüte einer Zufallsmischung als Grundlage zur Beurteilung von Mischversuchen. Chem.-Ing.-Techn. 23, 6, 333 (1954).
2. Müller, W.: Die Mischgüte, gekennzeichnet durch die Standardabweichung der Stichprobenkonzentration, in Abhängigkeit von der Probenmasse bei verschiedenen Verteilungszuständen. Aufbereitungstechn. 8, 6, 380 (1967).
3. Neusser, H., W. Schall und M. Zentner: Die Schwankungen der Rohdichte in Spanplatten, ihre Bestimmung und ihr Einfluss auf die genormten Platteneigenschaften. Holzforsch. u. Holzverwertung 24, 1, 1-9 (1972).
4. Henker, W.: Schenck-Spanplattentagung 1971.
5. Arnold, D.: Die Vergleichmässigung kurzzeitiger Eigenschafts-Schwankungen von Holzspänen. Holz als Roh- u. Werkstoff 31, 10. 385-387 (1973).
6. Arnold, D.: Berechnung der Rohdichte-Schwankung in Spanplatten aus den Schüttdichte-Schwankungen der späne, dem volumetrischen Streufehler der einzelnen Streumaschinen und dem Dickenfehler der Heizpresse. Holzforschung und Holzverwertung 26(1974) 2, s. 33-37.
7. Arnold, D.: Die Gestaltung von Spanplatten Formstationen mit grosser Leistung. Holz als Roh- u. Werkstoff 32(1974), s. 385-389

Doc.dr Vladimir Bruči
 Mr ing.Vladimir Sertić
 Šumarski fakultet Zagreb

ODREĐIVANJE FORMALDEHIDA U PLOČAMA IVERICAMA PERFORATOR METODOM

1. Uvod

Ova uputstva opisuju metodu (perforator-metodu) za određivanje formaldehida iz ploča iverica, koje su izrađene s aminoplastima kao ljepilom.

2. Primjena

Perforator metoda je pogodna za ploče iverice kojih je sadržaj formaldehida iznad 0,010%.

3. Princip određivanja

Formaldehid se ekstrahira pomoću toluena iz ispitivanih uzoraka i prelazi u vodenu otopinu. Sadržaj formaldehida u vodi određuje se jodometrijski.

4. Izrada i priprema uzoraka

Kada se pomoću opisane metode kontrolira proizvodnja ploča iverica, uzorci se pripremaju na slijedeći način: uzorci se uzimaju ravnomjerno po cijeloj širini ohlađene ploče, osim zone široke 500 mm od čela ploče.

Veličina uzoraka jednaka je 25 mm x 25 mm x debljina ploče. Za ispitivanje je potrebno oko 400 g uzoraka za ekstrakciju i 18 uzoraka za određivanje vode.

Iz ploče iverice izabrane za ispitivanje odmah se izrađuju uzorci. Izrađeni uzorci do početka analize moraju biti čuvani na sobnoj temperaturi hermetički zatvoreni. Određivanje formaldehida mora biti izvršeno u roku 24 sata od uzimanja uzoraka.

Kada se ova metoda primjenjuje za druge svrhe, npr. određivanje formaldehida kod već ugrađenih ploča, treba u izvještaju o ispitivanju opisati način uzimanja i pripremu uzoraka.

5. Način ispitivanja

Radi izražavanja količine formaldehida u odnosu na suhu tvar ploče, prethodno mora biti određena voda u uzorcima.

Na satnom staklu promjera 120 mm izvaže se 5 - 6 uzoraka veličine 25 mm x 25 mm na 0,001 g točnosti i zatim suši pri $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ do konstantne težine (oko 12 sati).

Konstantna težina je postignuta kada poslije 4 sata sušenja razlika u odvazi nije veća od 0,1%. Prije vaganja uzorci se moraju ohladiti u eksikatoru.

Postupak ekstrakcije:

Oko 100 g uzoraka vagne se s točnošću od 0,1 g i stavi u tikvicu s okruglim dnom od 1 litre. Zatim se doda 600 ml toluena. Tikvica se tada sastavlja sa ostalim dijelovima aparature.

Toluen mora biti čist i bez vode. U slučaju sumnje na čistoću toluena, mora biti upotrijebljen toluen p.a.

Oko 1000 ml destilirane vode stavi se u srednji dio aparature, tako da razina vode dopire do 1 - 2 cm ispod preljeva u sifon. Tada se sastave i ostali dijelovi aparature (1,2,7), a u tikvicu (8), koja služi za eventualno hvatanje formaldehida po bjezlog iz hladila stavi se 100 ml destilirane vode.

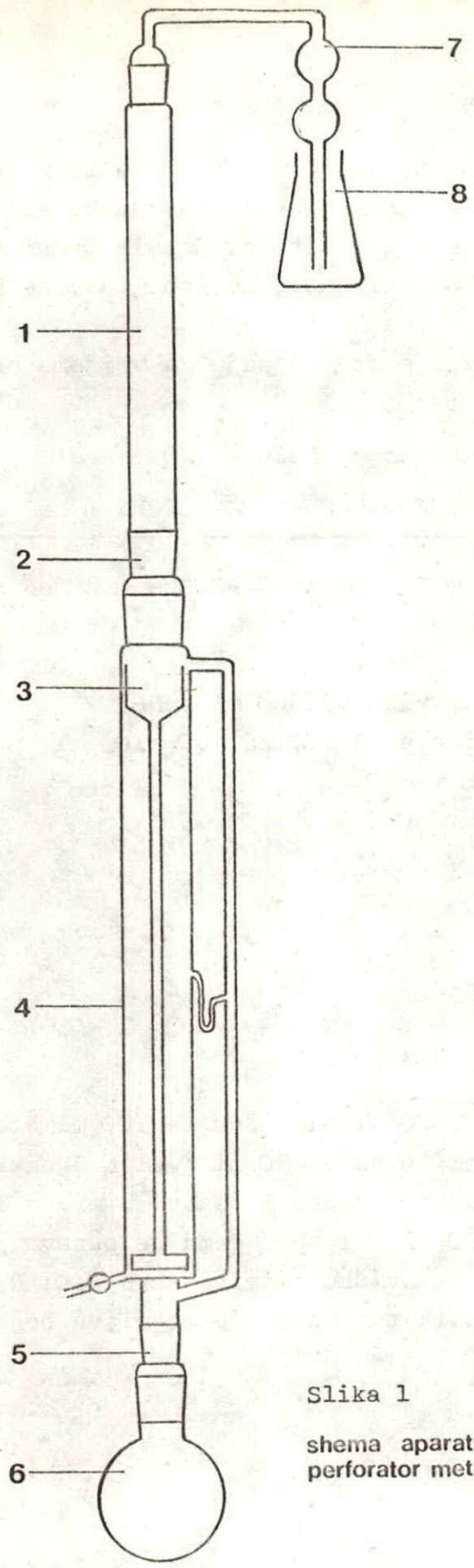
Poslije sastavljanja aparature, uključi se grijanje. Sam postupak ekstrakcije provodi se dva sata uz mirnu i ravnomjernu ekstrakciju. Početak ekstrakcije računa se od momenta preljevanja prvih količina toluena preko sifona (poslije 20 - 25 min.).

Za vrijeme postupka ekstrakcije mora se kontrolirati povratni tok toluena, a treba naročito paziti da destilirana voda iz tikvice (8) ne dospije u tikvicu (6). Dva sata poslije početka ekstrakcije prekine se grijanje i ukloni predložak (8). Sadržaj perforatora, poslije hlađenja na 20°C , prelije se u odmjernu tikvicu od 2000 ml, aparatura ispere sa dva puta po 200 ml destilirane vode i zatim doda 100 ml vode iz predloška (8). Iz tikvice se ukloni toluen, a tikvica nadopuni točno na 2000 ml s destiliranom vodom.

Slijepa proba se izvodi na isti način sa svježim tolueonom, ali bez uzoraka.

Legend a uz shematski prikaz aparature za
perforator metodu

Pozicija	Naziv elementa
1	Dimroth-hladilo, ukupne dužine 400 mm, jezgro NS 45/40, ležište NS 29/32
2	Konični spojni element, ležište NS 45/40, jezgro NS 70/50
3	Filter, porozitet 1, promjer zdjelice 60 mm
4	Perforator 1000 ml, ležište NS 70/50, jezgro NS 29/32
5	Konični spojni element, ležište NS 29/32, jezgro NS 45/40
6	1000 ml tikvica sa okruglim dnom, ležište 45/40
7	1-struka cijev sa kuglama, jezgro NS 29/32 (dužine 380 mm) 10 mm vanjski promjer, 50 mm promjer kugle, razmak kugle od donjeg kraja cijevi 200 mm, 50 mm između kugli
8	Predložak (npr. Erlenmayer-ova tikvica 300 ml)

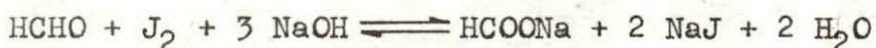


Slika 1
shema aparature za
perforator metodu

Titracija otopine formaldehida

Ekstrahirani formaldehid se kvantitativno oksidira u alkaličnoj otopini sa suviškom joda u mravlju kiselinu. Višak joda se titrira s otopinom tiosulfata. Ostale tvari koje podliježu oksidaciji s jodom (etilalkohol, aceton itd.) ne smiju biti prisutne.

Slijedeće reakcije se odvijaju za vrijeme oksidacije formaldehida:



Pribor:

- Erlenmayer tikvice od 300 ml s NB
- Trbušaste pipete od 10, 20, 50, 100 ml
- Bireta od 50 ml

Reagensi:

- 0,01 N J_2
- H_2SO_4 1 : 1
- 0,01 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- 1 N NaOH
- 1% škrob

Iz tikvice od 2000 ml pipetira se 100 ml otopine i stavi u tikvicu s NB od 300 ml. Doda se 50 ml 0,01 N J_2 i 20 ml 1 N NaOH. Tikvica se začepi s brušenim čepom i ostavi u mraku 15 minuta. Zatim se doda 10 ml H_2SO_4 1 : 1, pri čemu se ponovo javlja smeđa boja. Jod koji se nalazi u višku titrira se s 0,01 N otopinom $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ uz škrob kao indikator do svijetlo-plave boje.

6. Način izračunavanja

Sadržaj vode "u" izračuna se kako slijedi:

$$u = \frac{W_u - W_o}{W_o} \times 100 = \%$$

W_u = težina vlažnog uzorka

W_o = težina uzorka poslije sušenja na 105°C

Perforator vrijednost u % izračuna se iz slijedeće formule:

$$\text{Perforator vrijed. u \%} = \frac{0,3 (b_t - a)}{\frac{E_u}{100+u} \times 100} = \frac{0,003 (b_t - a) (100 + u)}{E_u}$$

E_u = težina uzorka prije analize u g (na 0,1 g točno)

b_t = potrošak 0,01 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ u ml za slijepu probu

a = potrošak 0,01 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ u ml za uzorak

u = sadržaj vode uzorka u %

Potrebno je izvesti dvije ekstrakcije uzoraka iz jedne ploče (za interno rutinsko određivanje dovoljna je jedna ekstrakcija).

Pojedinačna vrijednost dvostrukog određivanja smije se razlikovati međusobno u apsolutnom iznosu od 0,005%, a ne više od 10% relativno u odnosu na veću pojedinačnu vrijednost. U protivnom potrebno je izvesti treće određivanje.

7. Izvještaj o ispitivanju

U izvještaju o ispitivanju potrebno je navesti slijedeće podatke:

- datum izrade ploče iverice
- datum izrade uzoraka za ispitivanje
- mjesto uzimanja uzoraka iz ploče
- datum prijema uzoraka
- način pakiranja uzoraka
- podaci o klimatizaciji uzoraka: trajanje klimatizacije, sadržaj vlage uzoraka, temperatura zraka
- datum ispitivanja perforator metodom.

O ispitivanim uzorcima potrebno je navesti podatke:

- debljina ploče (mm)
- gustoća (kg/m^3)
- sadržaj vode (%)
- perforator vrijednost (% formaldehida/a.s. ploče)

ODREĐIVANJE FORMALDEHIDA U PLOČAMA IVERICAMA WKI METODOM

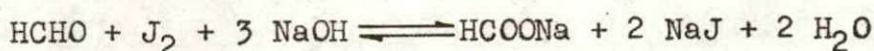
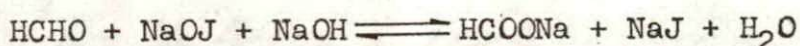
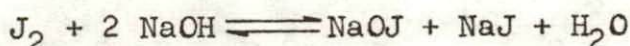
WKI metoda služi za određivanje formaldehida u oplemenjenim i neoplemenjenim pločama ivericama.

Postupak određivanja formaldehida je slijedeći:

Iz klimatiziranih ploča izrežu se uzorci veličine 25 x 25 mm. U uzorcima se odredi sadržaj vode. Po dva uzorka pričvrste se na unutarnji čep polietilenske boce od 500 ml (sl. 1). U polietilensku bocu prethodno se odpipetira 50 ml destilirane vode. Tako pripremljena boca s uzorcima čvrsto se zatvori i stavi u sušionik na 40°C. Poslije 24 ili 48 sati boce se izvade iz sušionika i stave u ledenu vodu na pola sata, radi potpune apsorpcije formaldehida u vodi.

Formaldehid se određuje jodometrijski u paraleli na slijedeći način:

10 ml vodene otopine formaldehida odpipetira se u Erlenmayer tikvicu od 300 ml s brušenim čepom. Sada se doda 50 ml 0,01 N otopine joda i zatim 20 ml 1 N otopine NaOH. Tikvica se zatvori brušenim čepom i ostavi 15 minuta u mraku. Nakon stajanja dodaje se 10 ml H₂SO₄ (1:1) i 5 ml otopine škroba i titrira s 0,01 N otopinom tiosulfata, dok titrirana otopina ne poprimi slabo-plavu boju. Formaldehid koji se nalazio u otopini oksidirao se je u lužnatom mediju s otopinom joda u mravlju kiselinu. Preostali jod retitrira se s otopinom tiosulfata, a sama oksidacija ide po jednadžbi:



Svako ispitivanje izvodi se u paraleli uz ponovljenu titraciju.

Slijepa proba također se titrira u paraleli, a za obračun rezultata uzimaju se srednje vrijednosti.

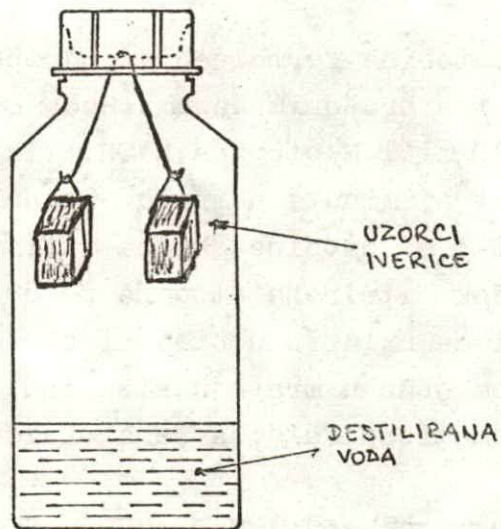
$$\text{Formaldehid (mg/100g)} = \frac{75 (b - a)}{\frac{Eu}{100+u} \times 100}$$

b = potrošak 0,01 N tiosulfata za slijepu probu

a = potrošak 0,01 N tiosulfata za titraciju 10 ml ispitivane otopine

Eu = težina uzorka u g prije ispitivanja

u = sadržaj vode u uzorku u %



Dr VLADIMIR BRUČI
Mr VLADIMIR SERTIĆ

ODREĐJIVANJE EMISIONE KLASJE PLOČA IVERICA

SAŽETAK

U radu je određena perforator vrijednost prema DIN EN 120 i WKI-vrijednost prema internom propisu Fraunhofer-Institut für Holzforschung WKI-Braunschweig u svrhu određivanja emisi-
one klase iverica.

Na temelju perforator vrijednosti određena je emisi-
ona klasa iverice. Za bolje razumijevanje problematike koju stvara
naknadno oslobodjenje formaldehida iz iverica dat je kratak
prikaz smjernica o primjeni iverica poradi izbjegavanja nepo-
željne koncentracije formaldehida u zraku; -smjernica o klasi-
ficiranju iverica s obzirom na oslobađanje formaldehida i kao
prilog popis oplemenjivanja iverica i zahtjeva na obloge kada
se iverice oblažu.

Ključne riječi: emisi-
ona klasa, emisi-
ona vrijednost, perforator
vrijednost, WKI-24^h vrijednost, WKI-48^h vrijednost.

UVOD

Za izbjegavanje nepoželjnog zadaha koji nastaje oslobađanjem formaldehida iz iverica izdane su "Smjernice o primjeni iverica poradi izbjegavanja nepoželjne koncentracije formaldehida u zraku". Ove smjernice čine osnovu za primjenu iverica koje ispunjavaju uvjete iz "Smjernica o klasifikaciji iverica s obzirom na oslobađanje formaldehida"; one su, odnosno bit će sastavni dio propisa o zahtjevima koji se postavljaju na kvalitetu iverica. Oba ova dokumenta preporučena su najvišoj inspekcijskoj službi za građevinarstvo kod Institut für Bau-technik u Berlinu za uvođenje u kontrolu kvalitete.

KRATAK PRIKAZ PROBLEMATIKE U VEZI S NAKNADNIM OSLOBAĐANJEM FORMALDEHIDA

Smjernice o primjeni iverica poradi izbjegavanja nepoželjne koncentracije formaldehida u zraku vrijede za iverice koje se koriste u graditeljstvu uključujući unutarnju ugrađnju (posebno za ploče prema DIN 68 762, DIN 68 763, DIN 68 764 dio 1 i 2 i DIN 68 765) kojima se oblažu ili prekrivaju velike površine (stijene, stropovi, podovi). U ovim smjernicama postavljaju se zahtjevi za primjenu iverica poradi ograničenja koncentracije formaldehida u prostorijama u kojima se zadržavaju ljudi.

OSNOVNI POJMOVI

- Emisione klase u smislu ovih smjernica navedene su u tablici 2, koloni 1.
- Pod pojmom "iverica" u okviru ovog prikaza podrazumijeva se neoplemenjena i neobložena ploča iverica.
- Oplemenjivanje u smislu ovih smjernica ima za cilj da se smanji oslobađanje formaldehida iz iverice u okolni prostor.
- Oplemenjivanje površine iverica je nanošenje različitih materijala na obje površine (vidi popis oplemenjivanja i oblaganja).
- Oplemenjivanje (zatvaranje) bočnih stranica iverica je nano-

šenje različitih materijala na bočne stranice.

- Oblaganje u smislu ovih smjernica je potpuno pokrivanje iverice preko svih sljubnica (npr. prekrivanje primjenom folija), čime se smanjuje količina formaldehida koja se oslobađa iz iverica u okolni prostor.

ZAHTJEVI NA PLOČE IVERICE

Ove smjernice predviđaju upotrebu iverica koje ispunjavaju zahtjeve "Smjernica o klasifikaciji iverica s obzirom na oslobađanje formaldehida" i postavljaju slijedeće zahtjeve za primjenu:

- Iverice emisione klase E1 mogu se upotrijebiti bez oplemenjivanja i oblaganja.
- Iverice emisione klase E2 i E3 moraju, u cilju smanjenja količine formaldehida koji se oslobađa iz iverica, biti oplemenjene odmah po izradi u proizvodnom pogonu ili se moraju kasnije na mjestu upotrebe oplemeniti ili obložiti.
- Za ploče iverice s izbušenim površinama (perforiranim), npr. akustične ploče, mogu se koristiti samo iverice emisione klase E1.
- Oplemenjene i obložene iverice emisione klase E1 moraju imati emisiju vrijednost $\leq 0,1$ ppm HCHO.
- Iverica mora i kada je ugrađena imati oplemenjene površine, ako je ploča emisione klase E2, dimenzija (formata) $\geq 0,8$ m² pri čemu su stranice duge ≥ 40 cm, a mora biti oplemenjena na površinama i bočnim stranicama, ako je emisiona klasa ploče E3.
- Ploče koje su u ugrađenom stanju tijesno priljubljene bočnim stranicama i međusobno lijepljene smatraju se jednom pločom i njihove se bočne stranice prije lijepljenja ne moraju posebno zatvarati.
- Ako se ploče oblažu to se mora učiniti oblogom koja garantira emisiju vrijednost $\leq 0,1$ ppm HCHO (vidi tablicu 2).

Bočne stranice treba nepropusno zatvoriti.

Osnovni zahtjev koji se postavlja i na oplemenjivanje i na oblaganje iverica jest smanjenje količine formaldehida koji se oslobađa iz iverice, čime se postiže emisiona vrijednost $\leq 0,1$ ppm HCHO.

Oplemenjena i neoplemenjena iverica mora, uz ostale karakteristike prema raznim normama, biti označena oznakom koja daje podatke o količini formaldehida koji se naknadno oslobađa.

POPIS OPLEMENJIVANJA I OBLAGANJA IVERICA

U ovom popisu navedena su oplemenjivanja i oblaganja za koja je u praksi već dokazana njihova djelotvornost.

Oplemenjivanje za emisione klase E2 i E3:

1. Melaminskom smolom natopljen papir. Papir težine 70 g/m^2 .
2. Temeljna folija s papirom težine 120 g/m^2 i slojem SH laka sa sadržajem suhe tvari ca 25% i nanosom 100 g/m^2 .
3. Poliester lak sa sadržajem suhe tvari ca 95% uključivši stirool i nanosom 230 g/m^2 .
4. Dvokomponentni poliuretanski lak sa sadržajem suhe tvari ca 85% i nanosom 300 g/m^2 .
5. Lak na bazi alkidne smole (visoki sjaj) sa sadržajem suhe tvari ca 65% i nanosom 230 g/m^2 .
6. Uljna boja koja sadrži alkidne smole (polumat) sa sadržajem suhe tvari 70% i nanosom 230 g/m^2 .
7. Furniri prema tablici 1 i nitrolakom ili poliuretananakrilnim lakom sa sadržajem suhe tvari ca 20% i nanosom navedenim u istoj tablici.

Tablica 1 Furniri i nanos laka

Furniri vrst drva - debljina	Nitrolak		Poliuretanski lak	
			g/m ²	
Orah 0,50	≥ 290			
Hrast 0,65	≥ 260		≥ 150	
Bor 0,90	≥ 250			
Makore 0,50	≥ 170			

Oblaganje:

1. Za iverice emisione klase E2

Obloge s difuzijom vodene pare koja je ekvivalentna difuziji vodene pare kroz sloj zraka debljine $s_d \geq 1,0$ m.

2. Za iverice emisione klase E3

Obloge s difuzijom vodene pare koja je ekvivalentna difuziji kroz sloj zraka debljine $s_d \geq 5,0$ m.

Ekvivalent difuzije vodene pare sloju zraka debljine s_d dobije se na slijedeći način: $s_d = \mu \cdot s$

pri čemu je: s = debljina obloge u m

μ = otpor difuzije vodene pare prema DIN 4108 Teil 4.

Smjernicama o klasificiranju iverica s obzirom na naknadno oslobađanje formaldehida određuje se postupak klasificiranja iverica na temelju perforator vrijednosti, daju se metode ispitivanja, te način i opseg kontrole i način obilježavanja (označavanja) ploča iverica. Iverice se klasificiraju na temelju perforator vrijednosti prema tablici 2. Kod neoplemenjenih i neobloženih ploča nisu dozvoljene emisione vrijednosti veće od 2,3 ppm HCHO, odnosno perforator vrijednost veća od 60 mg HCHO/100 g aps. suhe ploče iverice, kod oplemenjenih ploča ne dozvoljavaju se emisione vrijednosti veće od 0,1 ppm HCHO.

Tablica 2 Emisione klase ploča iverica

Emisione klase	Emisiona vrijednost ¹⁾ u ppm HCHO	Perforator vrijednost ²⁾ u mg HCHO/100 g aps. suhe ploče
E1	$\leq 0,1$	≤ 10
E2	$> 0,1$ do 1,0	> 10 do 30
E3 ³⁾	$> 1,0$ do 2,3	> 30 do 60

1) Vidi dalje: Postupak za određivanje emisione vrijednosti.

2) Određuje se perforator metodom prema FESYP-u ili DIN EN 120.

3) Ne dozvoljava se kod oplemenjenih ploča.

ISPITIVANJA U SVRHU KLASIFICIRANJA S OBZIROM NA KOLIČINU FORMALDEHIDA KOJI SE NAKNADNO OSLOBAĐA IZ IVERICA

U svrhu klasificiranja iverica mogu se koristiti za sada samo postupci koji su navedeni u ovom prikazu i to: postupak ispitivanja emisione vrijednosti i perforator metoda. Ostali postupci npr. metoda plinske analize prema FESYP-u i metoda s bocama prema Fraunhofer-Institut für Holzforschung WKI-Braunschweig, tzv. WKI metoda za sada se dozvoljavaju samo za unutarnju i vanjsku kontrolu, ali ne kao ispitivanja u svrhu klasificiranja iverica.

Ispitivanja se vrše za područja debljina iverica: do 25 mm, preko 25 do 40 mm, preko 40 do 60 mm i preko 60 mm.

ISPITIVANJA U CILJU ODREĐIVANJA EMISIONE VRIJEDNOSTI

Emisiona vrijednost je kod određenih uvjeta mjerena koncentracija (ravnomjerna) formaldehida u zraku unutar jedne prostorije za ispitivanje; ako se ravnomjerna koncentracija u prostoriji ne postigne ni poslije 240 sati, uzima se vrijednost koja se dobije poslije 240 sati.

Uvjeti kod ispitivanja:

Prostor za ispitivanje (plinonepropustan)	
s obujmom zraka oko	40 m ³
Temperatura u prostoriji	23 ± 1° C
Relativna vlaga zraka u prostoriji	45% ± 3%
Izmjena zraka	1 izmjena na sat
Opterećenje prostora	1 m ² površine ploča na 1 m ³ obujma zraka
Ugradnja ploča	sa svih strana ravnomjerno oplakivanje zrakom

Promjene količine formaldehida u prostoriji za ispitivanje za vrijeme ispitivanja vrši se s bilo kojom prikladnom metodom.

Iverice (uzorci) za ispitivanje ne smiju biti starije od 14 dana i prilikom uzimanja moraju se plinonepropusno zapakirati. Opterećenje prostora za ispitivanje treba vršiti sa 10

ploča formata 1x2 m, ako su formati manji treba uzeti odgovarajući veći broj ploča.

Određivanje perforator vrijednosti

Perforator vrijednost se određuje perforator metodom (vidi: V. Bruči, V. Sertić: Uputstva za određivanje perforator i WKI vrijednosti. BILTEN ZIDI, godina 8, broj 5).

Uzorci ne smiju biti stariji od 14 dana i moraju se prilikom uzimanja plinopropusno zapakirati. Za svako područje debljina treba ispitati najmanje 3 ploče svakog tipa.

OSTALI POSTUPCI

Za potrebe unutarnje i vanjske kontrole, ali ne u svrhu klasificiranja iverica mogu se upotrebiti: metoda plinske analize i WKI metoda s bocama.

Ako se ispitivanja u svrhu klasificiranja i ispitivanja vanjske kontrole vrše različitim metodama, onda se rezultati ispitivanja vanjske kontrole preračunavaju na vrijednosti dobivene metodama koje se vrše u svrhu klasificiranja. Faktori potrebni za preračunavanje moraju se odrediti na temelju matematički dovoljno velikog broja ispitivanja i to za svaki proizvodni pogon i svako područje debljina pojedinog tipa ploča.

KONTROLA

U svakom proizvodnom pogonu iverice se klasificiraju na temelju prvog ispitivanja, a zatim se kontrolom koja se sastoji od unutarnje i vanjske kontrole vrši permanentni nadzor. Propisi za kontrolu ostalih svojstava iverica u potpunosti zadržavaju svoju važnost.

Unutarnjom kontrolom svaki proizvođač treba za svaki proizvodni pogon provjeravati da li ispunjava uvjete koji proizlaze iz izvršenog klasificiranja s obzirom na naknadno oslobađanje formaldehida, tj. na temelju emisionih klasa ispitivanjem najmanje jedne ploče dnevno za svaki tip ploče. U tu svrhu može se

koristiti: perforator metoda, metoda plinske analize ili WKI - metode. Osim toga određuje se sadržaj vode u % u vrijeme ispitivanja. Količina formaldehida koja se oslobađa i sadržaj vlage treba odrediti najmanje 7 dana po izradi ploča.

Rezultati se statistički obrađuju prema propisima vanjske kontrole. Vanjska kontrola se vrši po ovlaštenoj službi za kontrolu drvnih proizvoda. Prije dolaska službe vanjske kontrole treba izvršiti klasificiranje iverica (na temelju perforator vrijednosti) ili odrediti emisionu vrijednost i izračunati faktore za preračunavanje (odrediti međusobnu vezu između pojedinih postupaka). Vanjska kontrola vrši se najmanje dva puta godišnje. Pri tome se kontroliraju rezultati unutarnje kontrole i pridržavanje uvjeta koji se postavljaju na određenu emisionu klasu. Na najmanje tri ploče za svako područje debljina, svakog tipa ploče treba odrediti količinu formaldehida koja se oslobađa jednim od gore spomenutih postupaka i izvršiti obilježavanje ploča. Najmanje jednom godišnje treba provjeriti faktore za preračunavanje između pojedinih postupaka koji su određeni prilikom prvog ispitivanja.

Ploče (uzorci) koje se uzimaju za vanjsku kontrolu ne smiju biti starije od 4 tjedna i prilikom uzimanja moraju se plinonepropusno zapakirati.

Iverice se obilježavaju pripadajućim emisionim klasama prema tablici 2, kolona 1:

- a) neoplemenjene iverice sa E1, E2, E3.
- b) iverice koje treba oplemeniti, obilježavaju se najmanje u svakom paketu oznakom emisione klase kojoj se dodaje broj 1, npr. E1-1, E3-1.
- c) oplemenjenje iverice označavaju se po izvršenom oplemenjivanju, npr. E1b.

Zahtjevi za obilježavanje prema ostalim propisima (normama) ostaju pri tome nepromijenjeni.

ZADATAK

Zadatak rada je odrediti emisionu klasu ploče iverice na temelju perforator i WKI-24 sata vrijednosti.

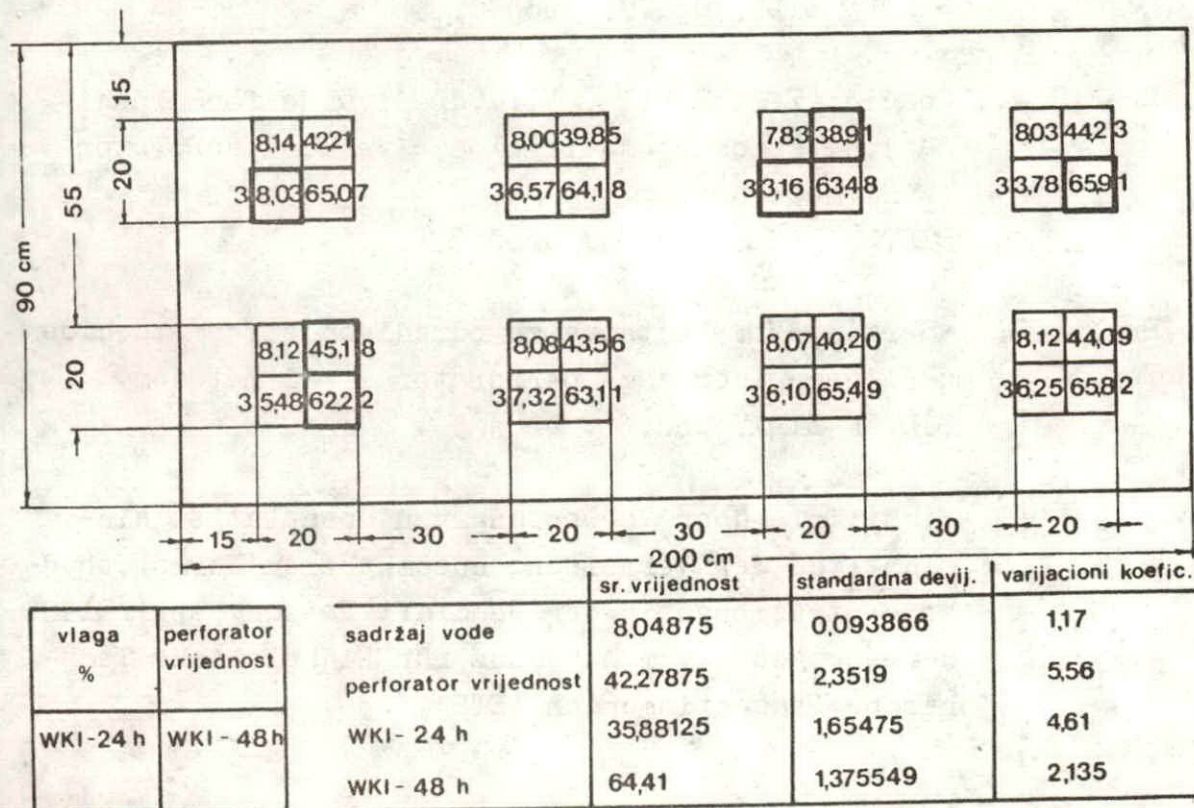
METODA RADA

Perforator vrijednost određena je postupkom koji je opisan u DIN EN 120 - Bestimmung von formaldehyd in Spanplatten; Perforatormethode, a WKI-vrijednost prema internom propisu Institut für Holzforschung - WKI, Braunschweig. Zbog malog broja uzoraka nismo mogli izračunati faktore za preračunavanje. Rezultate obih metoda dali smo paralelno. WKI metodom određivali smo vrijednost formaldehida koji se oslobađa poslije 24 i 48 sati.

Ispitivanja su vršena na iverici debljine 16 mm, dimenzija 0,9 x 2,0 m.

NAČIN UZIMANJA UZORAKA I REZULTATI ISPITIVANJA

Ispitivanje, tj. način uzimanja uzoraka i rezultati ispitivanja dani su na slici 1.



Sl. 1 Način uzimanja uzoraka i rezultati određivanja perforator vrijednosti, WKI-24 i WKI-48 vrijednosti

ZAKLJUČAK

Srednja perforator vrijednost dobivena prema DIN EN 120 iznosila je 42,28 mg/100 g, standardna devijacija bila je 2,35, a varijacioni koeficijent bio je 5,56%. WKI-24 sata vrijednost bila je 35,88, standardna devijacija 1,65, a varijacioni koeficijent 4,61%. WKI-48 sata vrijednost bila je 64,41, standardna devijacija 1,37, a varijacioni koeficijent 2,1%. Sadržaj vlage uzoraka bio je 8,04%, standardna devijacija 0,09%, a varijacioni koeficijent 1,17%.

Na temelju dobivene perforator vrijednosti i tablice 2, kolona 1, vidimo da naša ploča iverica ima emisionu klasu E3.

Kod primjene te ploče treba se dakle rukovoditi uputstvima koja se odnose na emisionu klasu E3, ukoliko želimo spriječiti neugodan zadržavanje formaldehida u prostorijama u kojima se zadržavaju ljudi.

LITERATURA

1. Bruči, V., Sertić, V. i Barberić, M.: Određivanje količine formaldehida koji se oslobađa iz iverica.
BILTEN ZIDI, God.7, broj 6.
2. Bruči, V., Opačić, I. i Sertić, V.: Određivanje formaldehida koji se oslobađa iz ploča iverica perforator i WKI metodama.
BILTEN ZIDI, God.8, broj 3.
3. Bruči, V. i Sertić, V.: Uputstva za određivanje formaldehida u pločama ivericama perforator i WKI metodom.
BILTEN ZIDI, God.8, broj 5.
4. Richtlinie über Verwendung von Spanplatten hinsichtlich der Vermeidung unzumntbarer Formaldehydkonzentrationen in der Raumluft Fassung April 1980. Herausgegeben vom Ausschuz für Einheitliche Technische Baubestimmungen (ETB).