

# Ispitivanje čistoće spojeva okruglim čepom

## DIE PRÜFUNG VON FESTIGKEIT DER RUNDZÄPFENVERBINDUNGEN

Doc. dr **Stjepan Tkalec**  
Šumarski fakultet u Zagrebu

UDK 630\*836.1

Primljeno: 30. VI. 1987.  
Prihvaćeno: 15. VII. 1987.

Izvorni znanstveni rad

### Sažetak

U radu se obrađuje jedna od najvažnijih karakteristika kvalitete stolica, a to je čvrstoća lijepljenja T-spojeva. Zadatak ovog rada je ispitivanje utjecaja načina obrade okruglog čepa, te odstupanja dimenzija čepa i otvora na čvrstoću lijepljenih spojeva. Ispitivanje je obuhvatilo eksperiment na 5 statističkih uzoraka različitih varijanti izvedbe spojeva s okruglim čepovima. Analizom dobivenih rezultata utvrđeno je da oblik površine i natisnutog čepa kao i točnost obrade znatno utječe na čvrstoću lijepljenja.

Ključne riječi: drvne konstrukcije — spojevi čepovima — dosjedi — natisnutost čepova — čvrstoća lijepljenja.

### Zusammenfassung

Eine der wichtigsten Charakteristiken hinsichtlich der Qualität wird erörtert: Klebefestigkeit der Eckverbindungen der Stühle. Die Aufgabe dieser Arbeit ist die Prüfung der Einwirkung der Art der Rundzapfenbearbeitung, sowie der Abweichung der Zapfen — und Lochabmessungen auf die Festigkeit der geklebten Verbindungen. Die Prüfung umfasst Versuche an 5 statistischen Stichproben verschiedener Varianten der Verbindungsausführung mit Rundzapfen. Durch die Analyse der Ergebnisse wurde es unter anderem festgestellt, dass die Form der Oberfläche, die Rundzapfenverdichtung, sowie die Genauigkeit der Bearbeitung auf die Klebefestigkeit bedeutend einwirkt.

Schlüsselwörter: Holzkonstruktion — Zapfenverbindung — Passungen — Zapfenverdichtung — Klebefestigkeit.

## 1. UVOD

U našoj zemlji je znatno razvijena industrija stolica, među kojima, po brojnosti, prvo mjesto zauzimaju tokarene stolice koje se izrađuju pretežno od bukovine. Problematika proizvodnje tokarenih stolica vrlo je složena i zahtijeva stalne aktivnosti na unapređivanju konstrukcijskih rješenja i tehnološkog procesa radi postizanja ekonomičnosti proizvodnje i poboljšanja kvalitete.

Klasične tokarene stolice, tj. »kolonijal« i »wind-sor«, izrađuju se u relativno velikim serijama s namjenom za američko i zapadnoevropsko tržište. Tokarene stolice modernih oblika najviše su razvili talijanski i skandinavski dizajneri.

Klasične tokarene stolice uglavnom sadrže tri ključna konstrukcijska oblika, na kojima se bazira njena konstrukcija. To su širinski slijepljene ploče — sjedala, savijeni odnosno širinski-dužinski lijepljeni sklopovi naslona, te rešetkaste konstrukcije spojene okruglim čepovima — nožišta i nasloni. Rustikalne i moderne tokarene stolice sadrže u svojim konstrukcijama različite varijante spojeva okruglim čepovima.

Jedan američki stručnjak za unutarnje opremanje izjavio je da se danas u Americi i svijetu proizvode stolice »Early american« po tehnologiji iz razdoblja 1720. godine kada je započelo razdoblje

»Early colonial«. Da li je suvremena tehnologija utjecala više na produktivnost rada, a manje na kvalitetu proizvoda, danas je ipak moguće odgovoriti.

## 2. PROBLEMATIKA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Kvalitetu namještaja za sjedenje određuju njegova tehnička i estetska svojstva. U praksi se kvaliteta određuje na osnovi odabranih ispitanih svojstava koja predstavljaju činioce kvalitete. Zahtjevi kvalitete ovise o načinu, odnosno mjestima upotrebe stolica. Danas u svijetu još nema jedin-stvenih metoda ispitivanja stolica, te postoje znatne razlike u pristupu i interpretaciji rezultata.

Dosadašnja istraživanja o spajanju okruglim čepovima uglavnom se svode na ispitivanje tokarenih stolica, te će se spomenuti neki rezultati koji su u vezi s istraživanjem čvrstoće sličnih spojeva. R. Jeršić i B. Sinković [1] u proučavanju faktora kvalitete stolica obradili su rezultate ispitivanja izdržljivosti na dinamička opterećenja. Prilikom ispitivanja »kolonijal« stolica utvrđene su karakteristične greške koje su se očitovale popuštanjem slijepljenih spojeva na mjestima učepljenja noga i prečki nožišta, a zatim iz-

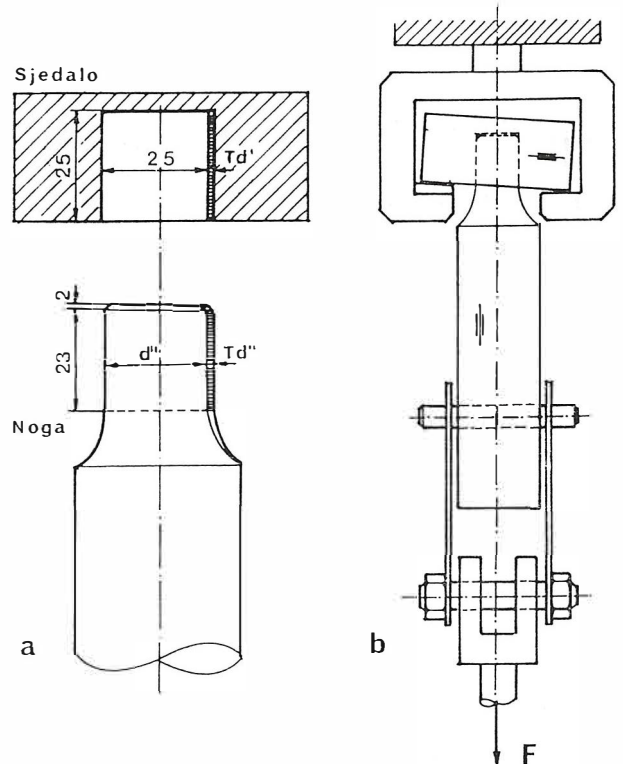
vlačenjem čepova. J. Kamenický [2] je na osnovi svojih istraživanja donio zaključke da čvrstoća spoja okruglim čepovima i moždanicima znatno ovisi o vrsti dosjeda, te da najveću čvrstoću daju spojevi sa zadorom 0,15 ... 0,30 mm za meko drvo, a 0,10 ... 0,20 mm za tvrdo drvo. Za promjere iznad 10 mm zadori su veći. L. Oltman [6] istražio je postojanost veza između izdržljivosti na statička i dinamička opterećenja, te je utvrdio da postoji visoki stupanj veze između tzv. statičke i dinamičke čvrstoće kod spojeva stolica lijepljenih PVAc ljepilom. Na temelju toga postoji mogućnost procjene izdržljivosti na osnovi ispitane statičke čvrstoće. To potvrđuju i istraživanja autora članka [7], koji je utvrdio koeficijent korelacije  $r = 0,88 \dots 0,90$ . O problematici natisivanja poznata je informacija tvrtke Knoevenagel iz SR Njemačke [8], koja daje preporuku da se plosnati i zaobljeni čepovi mogu natisivati do natisnutosti 1 mm. S. Tkalec [7] u svom ranijem istraživanju utvrđuje optimalnu natisnutost za plosnate-ovalne čepove od bukovine 8 ... 9% vlažnosti,  $n = 0,434 \pm 0,1$  kod zadora natisnutog čepa 0,01 ... 0,06 mm. Uz navedene rezultate ističe se potreba i značenje određivanja tolerancija radi postizanja zahtijevane točnosti obrade. J. Kudela i Dubovski [4] ispitivali su veličine promjene dimenzija kod ovalnog čepa i otvora u uvjetima raznih sadržaja vlage bukovine i smrekovine. Utvrđena je visoka korelacija između smanjenja dimenzija otvora i utezanja drva. Povećanje otvora nešto je manje od ukupnog bubrenja drva. Najbolja stabilnost spoja može se dobiti kada su čep i otvor radijalno postavljeni u odnosu na okomicu postavljenu na ravninu sljubnice, tj. sržni trakovi su okomiti na stranice čepa, odnosno dočepa. Dakle, u praksi je potrebno nastojati čepovima spajati bočnice, ukoliko je to u industrijskoj proizvodnji moguće.

Uz dosadašnja empirijske spoznaje o mogućnostima poboljšanja spoja okruglim čepom potrebno je eksperimentalno utvrditi optimalne parametre za dimenzioniranje i izvedbu takvih i sličnih konstrukcijskih oblika. Cilj istraživanja je iznalaženje veličine natisnutosti i izbrazdanosti čepova, kod kojih će se postizati najveće čvrstoće na statička i dinamička opterećenja, kao i utjecaj točnosti obrade na čvrstoću lijepljenja. Zadatak istraživanja odnosi se na pravilno korištenje opremom za natisivanje, te provjeru rezultata dosadašnjih metoda rada koji će se komparativno analizirati.

### 3. METODA RADA

#### 3. 1. Planiranje i provedba pokusnih lijepljenja

U okviru podjele metodičkog konstruiranja na intuitivne i diskurzivne metode, u ovom se radu primjenjuje kombinacija diskurzivno-matematičke i diskurzivno-aplikativne metode.



Sl. 1. Skice uzoraka za ispitivanje i princip kidanja  
a) Nominalne dimenzije rupe i čepa,  
b) Skica naprave za ispitivanje na stroju tvrtke WOLPERT

Diskurzivno-aplikativna metoda može biti direktna, prema kojoj se ispituje gotov proizvod, odnosno indirektna kada se ispituju pojedini sklopovi i sastavi značajni za konstrukciju proizvoda. Rad obuhvaća parcijalna ispitivanja spojeva tokarenih nogu koje su učepljene u sjedalo od masivnog drva.

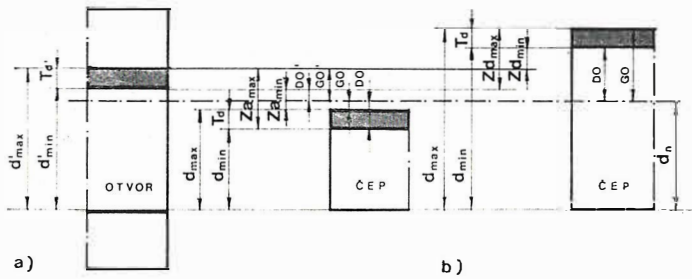
Konstrukcijski T-oblik predstavljen je uzorkom (sl. 1a), koji je izveden iz tokarene stolice BONANZA namijenjene američkom tržištu.

Prikazani ispitni uzorak izrađen je od bukovine (*Fagus sylvatica* L.), sadržaja vode sjedala 6,5 ... 9,1%. Vлага je izmjerena na dan lijepljenja sklopova, odnosno evidentiranja izmjera rupa i čepova. Razliku vlage uvjetovali su postojeći pogonski uvjeti u kojima je izveden eksperiment. Nominalne dimenzije čepa: promjer  $d_n = 25$  mm; duljina rupe  $l' = 25$  mm; ulijepljena duljina čepa  $l = 23$  mm; zazor sa skošenjem brida  $z = 2$  mm. Nominalni promjer rupe  $d'_n = 25$  mm.

Tablica I

PREGLED PODATAKA O ISPITIVANJU  
SPOJEVA OKRUGLIM ČEPOM

Dimenzije čepa	Ozn.	U-1	U-2	U-3	U-4	U-5
Ø tokarenog čepa - mm	d	25 <sup>+0,2</sup>	25 <sup>+0,2</sup>	25 <sup>+0,5</sup>	25 <sup>+0,8</sup>	25 <sup>+1,1</sup>
Ø natisnutog čepa - mm	d''	-	25 <sup>+0,0</sup> 25 <sup>-0,2</sup>	25 <sup>+0,3</sup> 25 <sup>+0,1</sup>	25 <sup>+0,3</sup> 25 <sup>+0,1</sup>	25 <sup>+0,3</sup> 25 <sup>+0,1</sup>
natisnutost čepa - mm	n	-	0,2-0,4	0,2-0,4	0,5-0,7	0,8-1,0



Sl. 2. Shematski prikaz dosjeda i odstupanja promjera

Za konstantne dimenzije otvora planirano je pet skupina po 23 uzorka noga s čepovima i dimenzijama kako su navedene u tablici I.

Za razmatranje dosjeda i tolerancija iznijet će se samo neki pojmovi i izrazi koji će se primjenjivati za proračun potrebnih veličina (sl. 2).

Nominalna dimenzija ( $d_n$ ) je teoretska dimenzija zadana nacrtom, dobivena proračunom ili određena iskustveno. Stvarne ili izvedbene dimenzije odstupaju od nominalne, tj. one su nešto veće ili manje. Prosječna stvarna dimenzija ( $d_s$ ) jest aritmetička sredina stvarnih izmjera.

Granične dimenzije ( $d_{max}$ ;  $d_{min}$ ) predstavljaju krajnje dimenzije, tj. maksimalnu i minimalnu graničnu dimenziju. Tolerancija ili dopušteno odstupanje ( $T$ ) je razlika graničnih dimenzija. Raspon između minimalne i maksimalne proizvedene dimenzije rezultat je netočnosti obrade.

Kod sastavljanja okruglim čepom, promjer otvora ( $d'$ ) i promjer tokarenog-običnog čepa ( $d$ ), odnosno promjer natisnutog čepa ( $d''$ ) izračunat će se kao srednji promjer dobiven iz dvije unakrsne izmjere:

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2} \dots \text{mm} \quad (1)$$

Odstupanje otvora — rupe ( $Td'$ ) računa se:

$$Td' = d'_{max} - d'_{min} \dots \text{mm} \quad (2)$$

Na isti se način određuju odstupanja čepa ( $Td$ ), odnosno natisnutog čepa ( $Td''$ ), zadora ( $TZa$ ) i zadora ( $TZd$ ). Gornje odstupanje ( $GO$ ) predstavlja razliku između maksimalne granične i minimalne dimenzije. Tako će u primjeru gornje odstupanje otvora biti:

$$GO' = d'_{max} - d_n \dots \text{mm} \quad (3)$$

Donje odstupanje ( $DO$ ) predstavlja razliku između minimalne granične i nominalne dimenzije. Donje odstupanje otvora iznosi:

$$DO' = d_{min} - d_n \dots \text{mm} \quad (4)$$

Dosjed (nasjed, nalijeganje) predstavlja međusobni odnos sastavljenih dijelova (npr. s otvorom i čepom), koji, u ovisnosti o njihovim dimen-

zijama, omogućuje lakše ili teže upuštanje pri sastavljanju. Bez obzira na postojeće standarde i predložene sisteme, razlikuju se tri vrste dosjeda. Labavi ili slobodni, kod kojih između konstrukcijskih elemenata postoji zračnost ili zazor ( $Za$ ), prijelazni dosjed, kod kojeg je prisutna manja zračnost ili manji zador, te čvrsti dosjed ili zador ( $Zd$ ), kod kojeg je prisutno stezanje ili uprešanost elemenata.

Svaki dosjed karakterizira minimalni i maksimalni zazor ( $Za_{min}$ ;  $Za_{max}$ ), odnosno minimalni i maksimalni zador ( $Zd_{min}$ ;  $Zd_{max}$ ).

Zazor je karakteristika labavog i prijelaznog dosjeda, a definira se kao pozitivna razlika između dimenzija otvora i čepa. Maksimalni zazor je pozitivna razlika između maksimalnog promjera otvora i minimalnog promjera čepa:

$$Za_{max} = d'_{max} - d_{min} \dots \text{mm} \quad (5)$$

Minimalni zazor je pozitivna razlika između minimalnog promjera otvora i maksimalnog promjera čepa:

$$Za_{min} = d'_{min} - d_{max} \dots \text{mm} \quad (6)$$

Srednji zazor određuje se ako se dijelovi koji će se spajati izrađuju sa srednjim veličinama tolerancija:

$$Za_{sr.} = \frac{Za_{max} + Za_{min}}{2} \dots \text{mm} \quad (7)$$

Međutim, stvarni srednji zazor za praktične se potrebe može računati na osnovi dobivenih izmjera i proračuna srednjih vrijednosti otvora i čepa:

$$\bar{Z}a = \bar{d}' - \bar{d} \dots \text{mm} \quad (8)$$

Ovo je ujedno i grubi pokazatelj o tome da li se pretežno radi o zazoru ili zadoru.

Zador je karakteristika prijelaznog i čvrstog dosjeda. Maksimalni zador je negativna razlika između minimalnog promjera otvora i maksimalnog promjera čepa. Za čvrsti dosjed vrijedi:

$$Zd_{max} = -(d'_{min} - d_{max}) \dots \text{mm} \quad (9)$$

Odnosno minimalni zador je:

$$Zd_{min} = -(d'_{max} - d_{min}) \dots \text{mm} \quad (10)$$

Kod prijelaznog dosjeda, npr. ako je  $d'_{min} > d_{min}$ , a  $d'_{max} < d_{max}$ , (uzorak 3), zador je negativna veličina, tj. ona označava zazor. Realno najmanji zador će biti kod  $d'_{min}$ , a otvor treba biti  $d'_{max}$ . Ako je  $d'_{min} \geq d_{min}$ , zador je 0, ili se javlja zazor.

Stvarni srednji zador prema srednjim vrijednostima iznosi:



$$\bar{z}d = -(\bar{d}' - \bar{d}) \dots \text{mm} \quad (11)$$

Srednja natisnutost čepova izračunana je na osnovi razlike nenatisnutih i natisnutih čepova.

$$\bar{n} = \frac{\sum (d - d'')}{n} \dots \text{mm} \quad (12)$$

Prema iznijetim izrazima provedeni su proračuni evidentiranih podataka izmjera, tablica II, a rezultati se nalaze u pregledu dosjeda i odstupanja, tablica III.

U daljem razmatranju govorit će se o teoretskim, tj. proračunskim veličinama zazora i zadora za koje postoji vjerojatnost da su se u serijskoj proizvodnji mogle dogoditi, odnosno o stvarnim veličinama koje su evidentirane tokom provedbe eksperimenta.

- $d'_{\max}$  = maksimalni promjer otvora — rupe
- $d'_{\min}$  = minimalni promjer otvora
- $Td'$  = tolerancija promjera otvora
- $d_{\max}$  = maksimalni promjer čepa
- $d_{\min}$  = minimalni promjer čepa
- $Td$  = tolerancija promjera čepa
- $d_n$  = nominalna dimenzija otvora — čepa
- DO'; GO' = donje, gornje odstupanje otvora od nominalnog promjera
- DO; GO = donje, gornje odstupanje čepa od nominalnog promjera
- $Za_{\max}$ ;  $Za_{\min}$  = zazor maksimalni, minimalni

Tablica III

KARAKTERISTIKE SPOJA		U-1	U-2	U-3	U-4	U-5
		dimenzije u mm				
1	2	3	4	5	6	7
Maksimalni promjer rupe	$d'_{\max}$	25,08	25,02	25,10	25,05	25,06
Minimalni promjer rupe	$d'_{\min}$	24,95	24,98	24,90	24,98	24,96
Srednji promjer rupe	$\bar{d}'$	25,006	25	25,013	25,016	25,009
Maksimalni promjer čepa	$d_{\max}$	25,21	25,30	25,525	25,875	26,15
Minimalni promjer čepa	$d_{\min}$	25,125	25,15	25,465	25,75	26,05
Srednji promjer čepa	$\bar{d}$	25,185	25,198	25,496	25,805	26,096
Maksimalni promjer natisnutog čepa	$d''_{\max}$	-	25,05	25,20	25,35	25,375
Minimalni promjer natisnutog čepa	$d''_{\min}$	-	24,725	24,925	25,05	24,975
Srednji promjer natisnutog čepa	$\bar{d}''$	-	24,885	25,133	25,226	25,226
Srednja natisnut. čepa	$\bar{n}$	-	0,311	0,370	0,576	0,917
Maksimalni zazor ob. čepa	$Za_{\max}$	-0,045	-0,13	-0,365	-0,70	-0,99
Max. zazor natisn. čepa	$Za''_{\max}$	-	0,295	0,175	0,00	0,085
Min. zazor običnog čepa	$Za_{\min}$	-0,26	-0,32	-0,625	-0,895	-1,19
Min. zazor natisn. čepa	$Za''_{\min}$	-	-0,07	-0,30	-0,37	-0,415
Sred. zazor natisn. čepa	$Za''$	-	+0,115	-0,120	-0,210	-0,217
Max. zazor običnog čepa	$Zd_{\max}$	0,26	0,32	0,625	0,895	1,19
Max. zazor natisn. čepa	$Zd''_{\max}$	-	0,07	0,30	0,37	0,415
Minimalni zazor običnog čepa	$Zd_{\min}$	0,045	0,13	0,365	0,70	0,99
Minimalni zazor natisnutog čepa	$Zd''_{\min}$	-	-0,295	-0,175	0,00	-0,085
Sred. zazor običn. čepa	$\bar{Z}d$	0,179	0,198	0,483	0,789	1,087
Sred. zazor natisn. čepa	$\bar{Z}d''$	-	-0,118	0,120	0,210	0,217
Tolerancija rupe	$Td'$	0,13	0,04	0,20	0,07	0,10
Tolerancija čepa	$Td$	0,185	0,15	0,06	0,125	0,01
Tolerancija natis. čepa	$Td''$	-	0,325	0,60	0,37	0,40
Tolerancija zazora	o. $TZa$	-0,125	-0,19	-0,26	-0,195	-0,20
	n. $TZa''$	-	0,225	-0,125	-0,37	-0,33
Tolerancija zadora	o. $TZd$	0,125	0,19	0,26	0,195	0,20
	n. $TZd''$	-	-0,225	0,125	0,37	0,33

PREGLED DOSJEDA I Odstupanja za ispitane uzorke

Tablica II

Red. broj	UZORAK 1					UZORAK 2					UZORAK 3					UZORAK 4					UZORAK 5				
	$d_{1,2}$	F	$d_{1,2}$	$d''_{1,2}$	$n_{1,2}$	$\bar{n}$	F	$d_{1,2}$	$d''_{1,2}$	$n_{1,2}$	$\bar{n}$	F	$d_{1,2}$	$d''_{1,2}$	$n_{1,2}$	$\bar{n}$	F	$d_{1,2}$	$d''_{1,2}$	$n_{1,2}$	$\bar{n}$	F			
1.	25,18		25,20	24,90	0,30		25,50	25,20	0,30		25,90	25,40	0,50		26,10	25,05	1,05								
	25,18	10000	25,15	24,85	0,30	0,30	12900	25,45	25,10	0,35	0,325	14300	25,85	25,20	0,65	0,575	15350	26,10	25,20	0,90	0,975	14350			
2.	25,20		25,25	25,05	0,20		25,50	25,15	0,35		25,75	25,20	0,55		26,15	25,25	0,90								
	25,20	9200	25,25	25,05	0,20	0,20	13200	25,50	25,15	0,35	0,35	14600	25,75	25,20	0,55	0,55	14150	26,15	25,50	0,65	0,775	14300			
3.	25,20		25,15	24,85	0,30		25,50	25,10	0,40		25,85	25,20	0,65		26,10	25,10	1,00								
	25,20	10000	25,15	24,70	0,45	0,375	8550	25,50	25,10	0,40	0,375	12700	25,85	25,20	0,65	0,65	12850	26,10	25,10	1,00	1,05	13700			
4.	25,20		25,15	24,90	0,25		25,50	25,25	0,25		25,80	25,25	0,55		26,15	25,15	1,00								
	25,20	7300	25,15	24,85	0,30	0,375	10300	25,50	25,20	0,30	0,275	14550	25,80	25,25	0,55	0,65	15700	26,15	25,15	1,00	0,95	13500			
5.	25,20		25,20	24,85	0,35		25,50	25,20	0,30		25,80	25,15	0,65		26,05	25,15	0,90								
	25,20	11600	26,15	24,90	0,25	0,30	9200	25,50	25,20	0,30	0,30	13050	25,85	25,40	0,45	0,55	15900	26,10	25,25	0,85	0,875	13000			
6.	25,18		25,20	24,75	0,45		25,48	25,15	0,33		25,80	25,10	0,70		26,10	25,00	1,10								
	25,25	7100	25,20	24,75	0,45	0,45	11850	25,50	24,95	0,55	0,44	13600	25,80	25,25	0,55	0,625	13950	26,10	25,25	0,85	0,975	15700			
7.	25,18		25,20	24,80	0,40		25,50	25,20	0,30		25,85	25,15	0,70		26,10	25,25	0,85								
	25,20	12400	25,20	24,95	0,25	0,325	8100	25,50	25,15	0,35	0,325	13550	25,85	25,30	0,55	0,625	14150	26,10	25,30	0,80	0,825	16000			
8.	25,20		25,20	24,95	0,25		25,50	25,25	0,25		25,85	25,15	0,70		26,10	25,20	0,90								
	25,20	11350	25,20	24,90	0,30	0,275	9150	25,50	25,15	0,25	0,25	14500	25,85	25,25	0,60	0,65	11800	26,10	25,20	0,90	0,90	12400			
9.	25,18		25,20	24,80	0,40		25,50	24,90	0,60		25,85	25,35	0,50		26,10	25,00	1,10								
	25,22	7000	25,20	24,75	0,45	0,425	7550	25,45	24,95	0,50	0,55	12150	25,80	25,25	0,55	0,525	14000	26,10	25,40	0,70	0,90	14100			
10.	25,20		25,20	24,75	0,45		25,50	25,20	0,30		25,80	25,40	0,40		26,10	25,00	1,10								
	25,20	9350	25,15	25,00	0,15	0,30	9300	25,45	25,00	0,45	0,375	13300	25,80	25,25	0,55	0,475	14200	26,10	25,20	0,90	1,00	11200			
11.	25,20		25,30	25,05	0,25		25,50	25,07	0,43		25,75	25,05	0,70		26,10	25,30	0,80								
	25,20	8450	25,30	24,95	0,35	0,30	13250	25,30	25,10	0,40	0,415	14400	25,75	25,35	0,40	0,55	14100	26,10	25,05	1,05	0,925	14600			
12.	25,20		25,20	25,00	0,20		25,50	25,25	0,25		25,75	25,10	0,65		26,10	24,95	1,15								
	25,20	8900	25,20	25,00	0,20	0,20	13400	25,50	25,15	0,35	0,30	13500	25,75	25,30	0,45	0,65	13700	26,10	25,00	1,10	1,125	13100			
13.	25,20		25,18	24,80	0,38		25,50	25,10	0,40		25,80	25,30	0,50		26,05	25,10	0,95								
	25,20	9400	25,20	25,00	0,20	0,29	13200	25,52	25,35	0,47	0,285	14400	25,80	25,35	0,45	0,475	14600	26,05	25,20	0,85	0,90	12900			
14.	25,20		25,25	24,95	0,30		25,55	25,12	0,43		25,80	25,20	0,60		26,05	25,30	0,75								
	25,20	12600	25,25	25,00	0,25	0,275	10200	25,50	25,25	0,25	0,34	16500	25,80	25,35	0,45	0,525	15750	26,05	25,20	0,85	0,80	13700			
15.	25,15		25,20	25,00	0,20		25,50	25,15	0,35		25,80	25,20	0,60		26,10	25,10	1,00								
	25,18	10903	25,15	24,80	0,35	0,275	12400	25,45	25,00	0,45	0,40	13750	25,80	25,40	0,40	0,50	13400	26,10	25,20	0,90	0,95	12400			
16.	25,20		25,20	25,00	0,20		25,50	24,95	0,55		25,85	25,10	0,75		26,05	25,15	0,90								
	25,20	11850	25,20	24,90	0,30	0,25	11600	25,55	25,05	0,50	0,525	10500	25,85	25,20	0,65	0,70	12800	26,05	25,20	0,85	0,875	16500			
17.	25,18		25,18	24,85	0,33		25,50	25,05	0,45		25,80	25,25	0,65		26,10	25,20	0,90								
	25,20	12000	25,15	24,80	0,35	0,34	10950	25,50	25,20	0,30	0,375	14150	25,80	25,30	0,50	0,525	14300	26,10	25,15	0,95	0,925	13700			
18.	25,20		25,20	25,00	0,20		25,50	25,20	0,30		25,75	25,20	0,55		26,10	25,00	1,10								
	25,20	10450	25,20	24,95	0,25	0,225	11550	25,52	25,15	0,37	0,345	11500	25,75	25,10	0,65	0,60	12050	26,10	25,30	0,80	0,95	14050			
19.	25,18		25,18	24,90	0,28		25,50	25,05	0,50		25,80	25,30	0,50		26,10	25,30	0,80								
	26,15	9103	25,18	24,75	0,43	0,365	11800	25,50	25,00	0,5															

Uzroci ispitivanja izrađeni su u redovnom procesu proizvodnje stolica. Elementi sjedala bušeni su spiralnim svrdlima, a zatim su formatizirani na dimenzije 70 x 70 x 30 mm. Uzorci nogu tokareni su ručno, radi postizanja zahtijevane točnosti za svaku skupinu uzoraka.

Nakon izmjera i provedene evidencije uzorci skupine U-1 slijepljeni su PVAA disperznim ljeplivom DRVOFIX EXTRA proizvodnje »Karbon« — Zagreb.

Viskozitet po JUS-u (D7/20<sup>0</sup> C) 140 s  
Količina nanosa:

Čep:	0,014 g/cm ili 140 g/m <sup>2</sup>
Rupa:	0,012 g/cm <sup>2</sup> ili 120 g/m <sup>2</sup>
Obostrano:	260 g/m <sup>2</sup>

Ostale skupine U2 ... U-5 sljepljivane su nakon natiskivanja i brazdanja okruglih čepova na stroju za natiskivanje tvrtke KOEVENAGEL, VZ 122, SR Njemačka. Na uzorku U-5 natiskivanje se provodilo s dva prolaza kroz valjke, jer se jednostrukim natiskivanjem nisu dobivale geometrijski pravilne sljubnice, ujedno je dolazilo do destrukcije čepova i razvlaknjivanja drva uz površinu.

Uzorci za ispitivanje tokareni su u Tvornici stolica IVANČICA — Lepoglava u specifičnim uvjetima, otuda je dobivena velika točnost pri tokarenju čepova nogu. Natiskivanje, bušenje i lijepljenje je izvedeno u Tvornici stolica LEPA — Lepoglava u redovnom procesu proizvodnje.

U praksi su poznate dvije tehnologije natiskivanja:

- profiliranim cilindrima uzduž čepa
- profiliranim valjcima u poprečnom smjeru

Čepovi su prije lijepljenja natiskivani metodom valjanja.

Slijepljeni uzorci odloženi su na 20 dana u prostoriju s klimatskim uvjetima 24 ... 27<sup>0</sup> C i relativnom vlagom zraka 45 ... 52%. Vлага ravnoteže oko 8 ... 10%.

Ispitivanje čvrstoće spojeva provedeno je na hidrauličkoj kitalici »Amsler« tvrtke WOLPERT, SR Njemačka, pomoću naprave za T-spojeve, kako je prikazano na slici 1b.

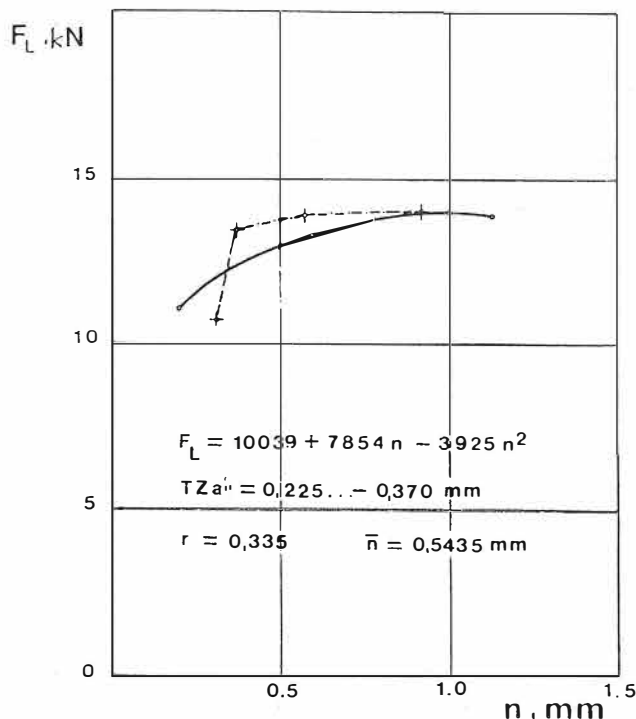
### 3.2. Obrada podataka i rezultati istraživanja

Obrada podataka provedena je u Centru za obradu podataka (COP) Šumarskog fakulteta u Zagrebu. Izjednačenje podataka o silama loma ( $F_L$ ) za određenu natisnutost ( $n$ ) čepova izvršeno je krivolinijskom regresijom (parabolom):

$$y = a + bx + cx^2$$

gdje je:

- $y = F_L$  = zavisna varijabla
- $x = n$  = nezavisna varijabla



Sl. 3. Zavisnost sile izvlačenja ( $F_L$ ) od veličine natisnutosti okruglih čepova ( $n$ )

Izračunati su koeficijenti regresije, index korelacije, aritmetička sredina i varijance od  $x$  i  $y$ , te  $F_{max}$ . Odnos veličine sile izvlačenja ( $F_L$ ) i natisnutosti ( $n$ ) u okviru odstupanja zadora ( $TZa''$ ), odnosno zadora ( $TZd''$ ), prikazan je na dijagramu (sl. 3).

Natisnutost kod najveće sile loma izračunava se deriviranjem jednadžbe izjednačenja:

$$y' = b + 2cx$$

iz čega slijedi:

$$X = \frac{-b}{2c} = \frac{7854}{2 \times 3925} = 1,0005 \text{ mm}$$

Parametri jednadžbe:

$$b = 7854; c = -3925$$

Index korelacije:

$$r = 0,335$$

Aritmetička sredina:

$$\bar{n} = 0,543 \text{ mm}$$

Standardna devijacija:

$$\sigma_F = 2334 \text{ N}$$

$$\sigma_n = 0,2509 \text{ N}$$

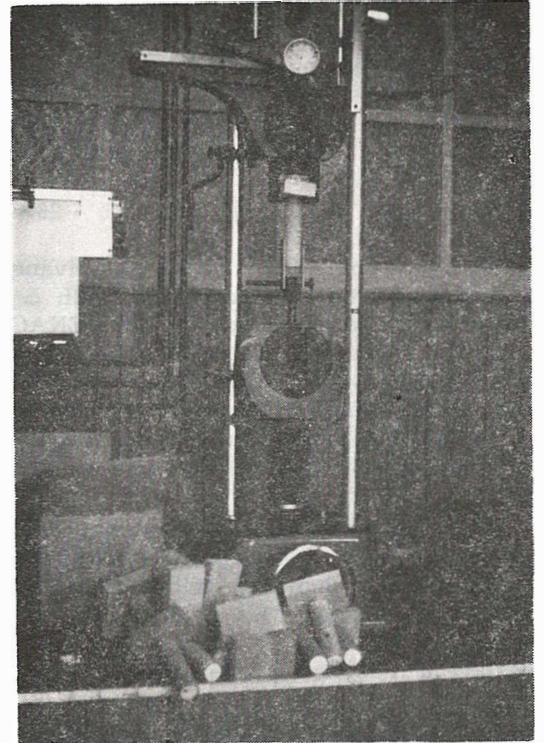
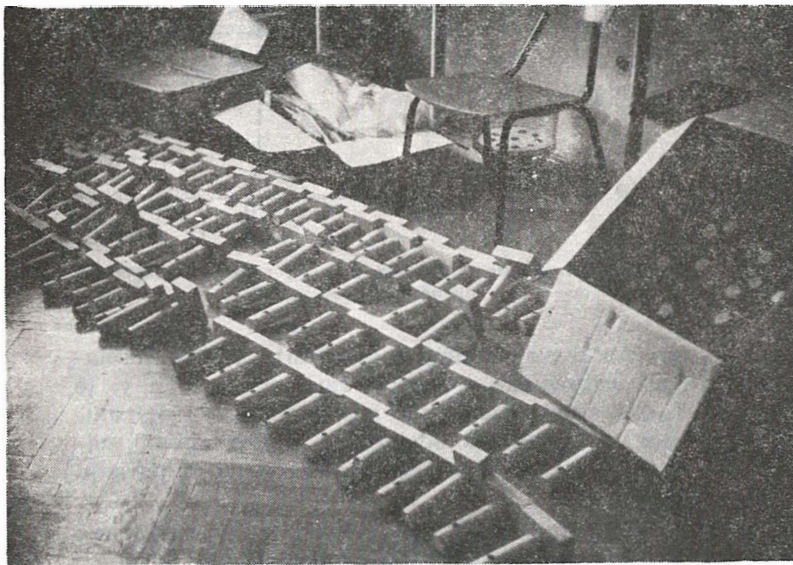
U tablici IV. uspoređuju se rezultati za natisnute spojeve. Srednje vrijednosti zadora natisnutih čepova pokazuju zador u rasponu — 0,115 ...



Tablica IV

UZORAK	Z A Č E P I			$\bar{Z}_d$ mm	$\bar{n}$ mm	$F_L$ N	$N/cm^2$
	$Z_{d_{min}}$ mm	$Z_d$ mm	$Z_{d_{max}}$ mm				
U-1 o. n.	0,045 -	0,179 -	0,26 -	0,215 -	- -	9811 -	559 (18,19) <sup>2</sup>
U-2 o. n.	0,13 0,235	0,198 -0,115	0,32 0,07	0,19 -0,225	- 0,311	- 10765	(18,20) 591
U-3 o. n.	0,365 -0,175	0,483 0,120	0,625 0,30	0,26 0,125	- 0,370	- 13415	(18,42) 728
U-4 o. n.	0,70 0,00	0,789 0,210	0,895 0,37	0,195 0,37	- 0,576	- 13928	(18,84) 747
U-5 o. n.	0,99 -0,085	1,087 0,217	1,19 0,415	0,20 0,33	- 0,917	- 14061	(18,86) 745

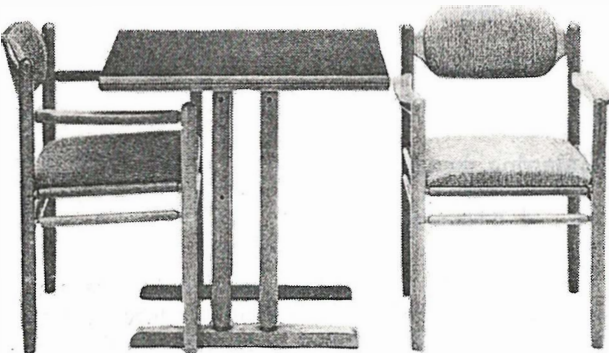
Minimalne i maksimalne vrijednosti zadora i zadora pokazatelj su vrste dosjeda. Na osnovi izmjera otvora i čepa u uzorku U-4 mogao se dogoditi čvrsti dosjed koji karakterizira zador, dok podaci za ostala tri uzorka s natisnutim čepovima karakteriziraju izmjere koje odgovaraju prijelaznim dosjedima. Međutim, ovdje je važniji podatak o realnom srednjem zadoru za pojedine uzorke koji odstupa od nominalne dimenzije iz razloga



Sl. 4. a) i b) — Priprema i ispitivanje uzoraka s okruglim čepovima u laboratoriju Katedre za tehnologiju drva Su-marskog fakulteta u Zagrebu

0,217 mm. Međutim, to je prividni zador, ako se pretpostavi da će čepovi nakon navlaživanja nabubriti gotovo do promjera na koji su tokareni. Trajna natisnutost čepova ovdje nije istražena.

Evidentirani zazor i zadori imaju teoretsko značenje, jer se praktički u izvedenom eksperimentu nisu dogodili, ali je postojala vjerojatnost da se takve kombinacije slučajno dogode.



što je vrlo teško podesiti stroj za natisivanje na malo broju pokusnih obradaka. Nadalje, stlačeno drvo podložno je elastičnim deformacijama, što se očituje većim rasipanjem oko nominalne dimenzije. Ranija istraživanja autora pokazala su da su standardne devijacije, odnosno rasipanja oko srednjih vrijednosti kod glodanih i tokarenih čepova znatno manja nego kod natisivanih pod konstantnim režimom.

#### 4. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada vršena su istraživanja sa svrhom primjene znanstvenih metoda u području konstruiranja radi unapređivanja aktivnosti konstruiranja kao nauke, a zatim u iznalaženju odgovora na neke konstruktivno-tenhološke aspekte pri konstruiranju stolica koji su od utjecaja na njihovu kvalitetu.

Na osnovi istraživanja spojeva s okruglim čepom mogu se donijeti slijedeći zaključci:

- Natiskivanje čepova ima svoju opravdanost ako se provodi na temelju pravilno dimenzioniranih dosjeda, veličine natisnutosti oblika izbrazdanosti i u granicama dopuštenih odstupanja.
- Natisnuti i izbrazdani okrugli čepovi pokazali su znatno veću čvrstoću nego glatko tokareni nenatisnuti čepovi istih dimenzija.
- Najveća čvrstoća postignuta je na uzorku U-4 s rasponom natisnutosti:  $n = 0,7 \dots (0,576) \dots 0,9$  mm, kod odstupanja dimenzija otvora  $Td' = 0,07$  mm, čepa  $Td = 0,125$  mm; te srednjeg zadora  $Zd'' = 0,210$  mm.
- Premalene natisnutosti, kao i sama izbrazdanost, daje slabije rezultate od glatkih čepova s optimalnim zadorom za bukovinu.
- Pravila za natiskivanje i dopuštena odstupanja iz ovog rada ne mogu se primijeniti za plosnate i ovalne čepove jer se radi o različitim konstrukcijskim oblicima.
- Bez primjene tolerancije u konstruiranju i izvođenju ne može se pristupiti racionalizaciji spajanja drvnih konstrukcija tehnikom natiskivanja i brazdanja odnosno žlijebljenja sljubnica.
- Natisnutost iznad 0,8 mm ne može se uspješno izvoditi u jednoj operaciji na stroju za natiski-

vanje s tri valjka. Veća natisnutost postiže se s dva prolaza kroz stroj, što otežava izvođenje i utječe na točnost obrade.

Istraživanje drvnih konstrukcija interdisciplinarnog je karaktera, čiji je cilj racionalno konstrukcijsko rješenje. Primjenom diskurzivnih metoda rada dolazimo do rezultata koji će omogućiti izradu proizvoda s funkcionalnom strukturom visokog stupnja tehnološkičnosti i visoke kvalitete.

#### LITERATURA

- [1] Jeršić, R. i dr.: Faktori kvalitete stolica. Drvna industrija 29 (1978) 9 str. 227—234, Zagreb
- [2] Ježek, I.: Ispitivanje čvrstoće spoja s okruglim čepom kod tokarenih stolica. Diplomski rad, Sumarski fakultet u Zagrebu, 1986.
- [3] Kamenický, J.: Podmienily zhotovenia trvanlivych unosnych čapovych a kolikovych spojov. Drevo 32 (1977.) 4 str. 106—110, Bratislava.
- [4] Kudela, J. i dr.: Rozmerové zmeny otvorov v dreve a dreva v okolí otvoru vplyvom zmien vlhkosti. Drevo 41 (1986.) str. 361—364.
- [5] Ljuljka, B.: Lijepljenje u tehnologiji finalnih proizvoda — Skripta, Sumarski fakultet, Zagreb, 1978.
- [6] Oltman, L.: Statická a dynamická unosnost stoliček. Drevo 32 (1977) 10 str. 304—307, Bratislava.
- [7] Tkalec, S.: Utjecaj konstrukcijskih spojeva na kvalitetu stolica. Disertacija, Sumarski fakultet u Zagrebu, 1986.
- [8] \*\*\*: Kombinerter rund — und Flachzapfenverdichter. Betriebsanleitung, Maschinenfabrik Knoevenagel, Hainholz, 1982.