

*FAIPARI KUTATÓ INTÉZET KÖZLEMÉNYEI*

---

# FAIPARI KUTATÁSOK

1963. I. SZÁM



MEZŐGAZDASÁGI KIADÓ

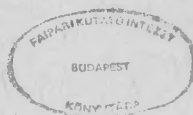
# FAIPARI KUTATÁSOK

1963. I. SZÁM

MEZŐGAZDASÁGI KIADÓ  
BUDAPEST 1963

Szerkesztette  
BARLAI ERVIN

© Faipari Kutató Intézet, 1963



3633

63-12.426 - Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat, Budapest  
Mezőgazdasági Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat  
Felelős kiadó a Mezőgazdasági Kiadó igazgatója  
Felelős szerkesztő Barlai Ervin  
Műszaki szerkesztő: Berkes László

x

Megjelent 500 példányban, 23, 5 (A/5) iv terjedelemben  
93 ábrával, + 14 old. melléklettel

x

Készült az MSZ 5601-59 és 5602-55 szabványok szerint

MG - 214 - a - 6300

## A FAIPARI KUTATÁSOK NÉHÁNY KÉRDÉSÉRŐL

Dr. Dalocsa Gábor  
a műszaki tudományok kandidátusa  
igazgatóhelyettes

### BEVEZETÉS

A fa- és fafeldolgozó-ipar műszaki fejlődése, a termelés új technikai és technológiai kivitelezése mindinkább megköveteli a termelési gyakorlat tudományos alátámasztását. Különös jelentősége van ezen igény kielégítésének napjainkban, amikor is a tudomány jelenléte a termelésben mindinkább a termelőerő szerepét tölti be. Mivel pedig hazai fakutatásunk mindössze alig több, mint egy évtizedes multra tekinthet vissza, szükséges néhány olyan természetű kérdést megvizsgálni, mely biztosítja a hazai kutatómunka nemzetközi színvonalát, utmutatást ad arra nézve, hogy a Távlati Tudományos Kutatási Terv alapján hogyan valósítsuk meg a termelés tudományos szükségletének kielégítését, s egyidejűleg a tudományos eredmények hatékonyságának és gyakorlati alkalmazásába vételének elemzésére is kiterjed.

### I. A HAZAI ÉS NEMZETKÖZI FAKUTATÁS SZINNVONAL ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A kutatási eredmények nemzetközi összehasonlítására egységes mérőszám ma még nincs, ezért a színvonal összehasonlítása szempontjából véleményünk szerint a legfontosabb tényező a kutatási eredmény prioritása. Ha a kutatás, mely legyen alap-, alkalmazott-, vagy fejlesztési kutatás, olyan eredménnyel zárult, hogy a nemzetközi színvonalon a hazai kutatás javára biztosítja az elsőbbséget, akkor a kutatómunkának nemcsak a színvonala, de a hatékonysága is biztosított. De jelentőségre tarthat számot az olyan kutatás is, amely a már nemzetközileg elért eredményeket



lényegesen egyszerűbb metodikai eljárással tudja produkálni, s ezen keresztül a termelésbe vagy a gyakorlatba sokkal kisebb ráfordításokkal tudja bevezetni, s egyidejűleg magasabb termelékenységet biztosít. Azok a kutatási eredmények viszont, amelyek ugyan a jelenlegi ismereteinknél többet nyújtanak, de a nemzetközi eredmények színvonala alatt állnak, rendszerint csak látzólagos eredményeket biztosítanak, s így ezen kutatások körét a lehető minimálisra kell korlátozni. Ha ilyen alapelvek szerint bíráljuk el a hazai fakutatás színvonalát, akkor a következő eredményt mondhatjuk el az 1962 évi tényszámokat és az 1963 évi tervfeladatokat alapulvéve. Olyan eredményeket, amelyek a prioritást biztosítják, bizonyíthatóan vagy feltehetően az összkutatások 10-15 %-ánál értünk el. Ilyen eredmény volt pl. a szárítóberendezések automatizálására kifejlesztett szabályozó és mérés-technikai berendezés kikísérletezése, megtervezése és kivitelezése, a hazai lombosfaanyagok (elsősorban cserfa) fahelyettesítő anyagként való felhasználásának a lehetősége, a lombosfát feldolgozó fűrészüzemek szalagszerű munkafolyamatának a kialakítása. De ugyancsak nemzetközi érdeklődésre tarthat számot a most kutatás alatt álló faforgácslap gyártás automatikus szabályozására és vezérlésére folytatott kutatások egyes mérés-technikai elemei és szabályozási megoldása.

Vannak ezenkívül témák, ahol csak az egyes részeredmények adnak prioritást a hazai fakutatásnak. A prioritás részarányának növekedését azonban a hazai faipari kutatásoknál ma még gátolja, hogy alapkutatásokkal igen gyéren foglalkozunk, s a kutató gárdánk kinevelése is csak kezdeti szakaszban van.

A nemzetközileg elért kutatási eredményeknek hazai felhasználására elsősorban a mechanikai technológia és a faforgácslap gyártás, valamint a nagyfrekvenciás ragasztás útján történő gyártástechnológiák kidolgozása terén értünk el számottevő eredményeket. Ezen eredmények részaránya az össz kutatási tevékenység kb. 30-35 %-át teszi ki. Hiányosságnak lehet mondani e területen, hogy mivel alkalmazott és fejlesztési kutatásról van szó, a kutatóink a legtöbbször megelégszenek a már elért nemzetközi színvonal biztosításával.

A kutatási eredmények további részaránya csak a jelenlegi ipari technikai vagy technológiai színvonal növelését és a nem-

zetközi színvonalhoz viszonyított távolság csökkentését célozza. Ezen a területen a részarányt lényegesen meg kell változtatnunk.

A magyar fakutatás továbbfejlesztése érdekében még évekig tartó alkotó és szervező munkára van szükség, s e munkát nem szabad csak a kutatási feladatok végrehajtására koncentrálni, hanem nagyon sok kell, hogy ebből jusson a káderek nevelésére, az elmélet és gyakorlat szoros egységének biztosítását célzó intézkedésekre, a nemzetközi kapcsolatok fokozott kiépítésére, s egyidejűleg a nemzetközi munkamegosztásból reánkáruló kötelezettségek megoldására. Csak így tudjuk a perspektivikus tervekben előirányzott feladatokat maradéktalanul teljesíteni és elérni azt, hogy a hazai faipari tudományos kutatás összehasonlítása a nemzetközi színvonalal kedvező eredményt mutasson.

## II. FELADATAINK A TÁVLATI TUDOMÁNYOS KUTATÁSI TERV TÜKRÉBEN

A fa- és fafeldolgozó-ipar további gyors fejlődéséhez a mechanikai, technológiai és üzemszervezési gyakorlata már nem biztosítja azt a feltételt, melyet a termelési gyakorlat nemzetközi színvonalra való felzárkózása szükségszerűen megkövetel az ipar műszaki dolgozóitól. A termelőtevékenység összetevőinek tudományos elemzése, általánosítása és továbbfejlesztése, más szóval a tudomány és termelés szoros kapcsolata a fa- és fafeldolgozó-iparban is mindinkább előtérbe kerül, s egyre inkább elkerülhetetlenné válik a faipari tudományos kutatás szervezeti egységének megteremtése és olyan irányba való fejlesztése, mely új irányt szab a termelőerők fejlődésének. Alátámasztják ezt az elmúlt évek statisztikai adatai is.

Az egyes kiemelt mutatók alakulását a 6. oldalon levő 1. táblázatból láthatjuk.

Az adatokból levonható következtetések szerint a faiparban a termelőtevékenység növelése érdekében fokozottabban kell támaszkodni a tudomány és technika eredményeire, hogy azokat a termelőtevékenységi arányokat, amelyet a párt és a kormány az ipar számára előírt, biztosítsuk, és e tekintetben elsősorban a tudományos kutatásra és a műszaki fejlesztésre hárulnak nagy feladatok.

## 1. táblázat

A mutatók megnevezése	Százalékos növekedés: 1959 = 100 %		
	1960	1961	1962
	é v e k b e n		
A nettó termelés megoszlása az állami iparon belül %	2,7	2,8	2,8
A nettó termelés növekedésének indexe	113,5	126,5	140,1
Az egy foglalkoztatottra jutó nettó termelés indexe	101,2	105,9	108,0
A termelés évenkénti növekedéséből a termelékenység növelése útján elért hányad %	13,5	46,4	20,0

Jelentős segítséget nyújt a fentiekhez a Távlati Tudományos Kutató Terv (TTKT), melyet a faipar legjobb szakembereiből álló munkabizottságok állítottak össze, s melyet a kormány a múlt évben jóváhagyott.

A jóváhagyott terv a műszaki haladás alapvető irányelveinek a megvalósítását kell, hogy biztosítsa a faiparban, melyek a következők:

- a faanyagok komplex felhasználásának a fokozása,
- a munkaeszközök - gépek, szerszámok és berendezések - tökéletesítése,
- a munkatárgyak, új anyagok és szerkezetek alkalmazása, az idompréseléssel előállított termékekkel az előregyárthatóság fokozása, a felületkezelt fahelyettesítő anyagok előállítása,
- a technológiai folyamatok tökéletesítése, a gépi megmunkálás részarányának fokozása, a folyamatos termelés bevezetése és a komplex gépesítés és a részleges automatizálás megvalósítása.

Az irányelveknél az élő és holt munkával való takarékoság egyaránt szempont, de a jelentős erőfeszítéseket az élő munkával

való fokozott takarékoság megvalósítása igényli, mivel a termelési lékenység, az időegység alatt előállított termék mennyisége a döntő a termelés színvonalának a jellemzésére, továbbá a műszaki fejlettség kifejezésére.

A TTKT-ben a 33.sz. "Erdőgazdálkodás és faipar fejlesztése" főfeladat tartalmazza a faipari kutatásokat, mely az erdőgazdálkodással együtt került jóváhagyásra, s így tükrözi annak a szerves együttműködésnek a szükségességét, amelyet az erdőgazdálkodással együtt a magyar fa- és fafeldolgozó-iparban - de népgazdasági szinten is - a komplex faanyagkihozatal növelése érdekében tennünk kell. Ha csak azt vizsgáljuk, hogy a komplex fahasználásunknak a mutatószáma az 1959 évi felmérések alapján 41 %, szemben az európai országok hasonló átlagos mutatójával, ahol ez az érték 65,1 % volt, úgy láthatjuk, hogy a faipari kutatások terén az erdőgazdasági kutatással együttműködve jelentős feladatok megoldása vár még ránk.

A korszerű megmunkáló gépek, de különösen a szerszámok kialakítása területén is jelentős feladat hárul a kutatásra. Nagyteljesítményű gépek beállításával kell a gépek számát csökkenteni, a szerszámok terén pedig elsősorban az új típusú és a keményfémlemezű szerszámok kikísérletezése és fokozott elterjesztése a fontos.

Az új anyagok tekintetében a farost és faforgácslapok választékának gyártástechnológiájának és gyártóberendezéseinek a tökéletesítése a feladat. De ugyanilyen fontos ezen termékek felületkezelésének az egy lépcsőben való megoldása, mert ezzel az élő és holt munka arányt a további feldolgozás során lehet eredményesen módosítani. A gépi megmunkálás részarányának a jelenlegi 35-40 %-ról legalább 60-65 %-ra kell emelkednie, s egyidejűleg a technológiai folyamatokat automatizálni szükséges. Ezeknek a feladatoknak leginkább kollektív kutatással lehet eleget tenni. Minden kutatónak látnia kell, hogy korunk kutatómunkájának fő jellemvonása a kollektív kutatás, a kutatási közösségek, a témakollektívák kialakítása és együttműködése: ma kollektív kutatás nélkül nincs jelentős tudományos eredmény. Természetesen a kollektív kutatás is mindenkor arra a feladatra kell, hogy irányuljon, melyet a népgazdaság fejlesztési kérdései elsősorban megkívánnak.

A Távlati Tudományos Kutatási Tervben előirányzott perspektivikus témafeladataink közül 1963 évre 19 témafeladat van be tervezve, vagyis az 1980-ig előirányzott témák 31,5 %-a, s ez a II. ötéves terv utolsó évére kb. 40 %-ra emelkedik, de itt figyelembe kell venni a tervekben előirányzott egyidejűséget ill. folyamatosságot, valamint az egyes témák célkitűzéseinek változását.

Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a II. ötéves terv végén a kitűzött kutatási témák kb. 50 %-án valamilyen célkitűzést alkalmazott vagy fejlesztési kutatási szinten meg fogunk oldani. Egyidejűleg azonban néhány alapkérdés kutatását is el kell végeznünk, amelyek a faipari tudományos kutatás módszereinek korszerűsítését célozzák. Így különösen a roncsolásmentes anyagvizsgálat és a fahelyettesítő anyagok szerkezeti felépítésének vizsgálatára vonatkozó módszerek kidolgozása az, amelyre a közeljövőben szükség lesz, s e téren akarunk jelentős előrehaladást tenni.

A kutatómunkában rendkívül fontos, hogy a kutatni kívánt kérdést valamennyi összetevőivel komplexül lássuk, értékeljük és elemezzük, mely elemzésnek a lényegét kell feltárni, s a lényeg megismerésének alapján kell az újat megalkotni, feltalálni, kidolgozni, mely magasabb szinten adja a probléma megoldását. Ez pedig csak akkor lehetséges, ha alkotóan foglalkozunk azokkal a kutatási problémákkal, melyeket a részünkre kötelező terveink előírnak.

A TTKT-ban kijelölt 7. feladatsból egy kivételével valamennyiből szerepelnek kutatási témák éves terveinkben. Egyedül a "Butorgyártás műszaki színvonalának fejlesztése" feladat hiányzik, amely ma a faipar szétforgácsolódásának következtében nincs éves tématervünkben előirányozva.

Talán az ez évben megszervezésre előirányzott butoripari osztály megváltoztatja az Intézet kutatási témáinak strukturális arányát, amely az 1961-62-es években a 2. táblázat szerint alakult.

Egyidejűleg meg kell jegyezni, hogy kutatási költségeinknek alakulása viszonylag alacsony. Az egy kutatóra eső költség 1961-ben 210 ezer, 1962-ben 222 ezer Ft volt. A hazai összfelkutatási költség alig négy ezreléke a faipar össztermelésének, s ez a

faipari kutatások fejlesztése és szükségszerű koncentrációja irányában mutat.

2. táblázat

Megnevezés	Kutatási témák %-aránya a ráfordítások alapján	
	1961	1962
Mechanikai technológiai kutatások	18	19
Fahelyettesítő anyagok kutatása	40	44
Kémiai kutatások	10	10
Gépészeti kutatások	20	19
Favédelmi kutatások	8	4
Anatómiai kutatások	4	4
Összesen:	100	100

Nemzetközi viszonylatban is megfigyelhető az a tendencia, hogy nemcsak a kutatásra fordított összegek emelkednek, hanem az egy kutatóra eső összes költségek is arányosan növekszenek. Ez pedig azt jelenti, hogy a kutatási témák bonyolultsági foka és a kérdés megoldására vonatkozó technikai és egyéb berendezések összetettsége fokozódik, ami jelentősen növeli a kiadásokat (pl. elektron-mikroszkóp). Mivel pedig a jelenlegi termelés technikai berendezései nem képesek még csak közelítően sem azokat a paramétereket biztosítani, melyet az egyre bonyolultabb gyártási folyamatok - melyeket a kutatás eredményes végrehajtása feltárt - megkövetel, igen nagy beruházásokat kell eszközölni, melynek megtérülése igen hosszú időt vesz igénybe.

Az eddigi kutatás szervezési tapasztalatai azt mutatták, hogy a jövőbeni faipari kutatásokat a téma felvételénél koncentrálni kell. Ez azt jelenti, hogy a témák száma csökken, viszont a témákon belül a megoldandó célkitűzések mindinkább komplexé, összetettebbé válnak. Egyidőben a témák megoldását differenciálni kell, hogy a megoldásokat a lehető legszélesebb skála területén a legellentétebb oldalairól is megvilágítsuk.

De ezt a differenciálódást az üzemi mélységig is bontani kell. Egyre inkább be kell vonni a kutatási feladatok megoldásába az üzemi laboratóriumok szabad kapacitását, a legjobb technológiai és technikai szakemberek seregét, mert csak így érhetünk



el gyors eredményt. Ha pedig a kutatási témák végrehajtását így szervezzük, úgy lehetőség nyílik arra, hogy az elmélet és gyakorlat egységét ne mint két ellentétes jelenség kölcsönhatását, hanem mint egymás feltételezettségét lássuk, s ezzel munkánk lényegesen javulni fog.

Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a gyakorlat a megismerés alapja és az igazság kritériuma, s a műszaki tudományokra ez a tétel fokozottabban érvényes, hiszen a termeléssel, a termelés fejlettségének színvonalával való kapcsolata - amikor is azt mondjuk, hogy "a tudomány termelőerő" - ma már elvitathatatlan. Ha azt a kérdést vizsgáljuk, hogy kielégíti-e a hazai fakutatási kapacitás a fa- és fafeldolgozó-ipar igényeit, határozott nemmel kell válaszolni. Ha csak azt nézzük, hogy az elsődleges fafeldolgozó-ipar igényei szerepelnek a terveinkben, azok is csak igen kis hányadban, és a butor, az épületasztalos, valamint az egyéb fával foglalkozó iparágak igényeivel egyáltalában nem foglalkozunk, láthatjuk, hogy válaszunk helyes.

A jövőbeni feladat tehát, hogy valamennyi területen olyan színvonalon végezzük a kutatást, amely jelentős eredményeket ad az iparnak a műszaki fejlesztéséhez. Persze nem szabad azt hinni, hogy ez azonnal megvalósul, ezért a kutatások erkölcsi kopását is figyelembe kell venni. De ugyanígy nem szabad figyelmen kívül hagyni azt sem, hogy a kutatási eredmények ipari megvalósítása még igen jelentős befektetést igényel, s ez gyakran eléri a kutatási ráfordítások 4-6-szorosát. Azt kell tehát megvalósítani, amiről már korábban többször beszéltünk, hogy a kutatás eredményeinek üzemi bevezetésével fejeződjék be.

Ennek kell az elvi és gyakorlati alapját megtalálni és akkor igen nagy eredményekről számolhatunk be.

Világosan látni kell tehát azt, hogy ha a hazai fa- és fafeldolgozó-ipart a korszerű technika és technológia alapján akarjuk fejleszteni, a faipari kutatások színvonalát, kapacitását olyan szintre kell emelni, amely biztosítja az igények kielégítését. Ugyanakkor ezen igények kitűzése reális legyen és vegye figyelembe a lehetőségeket. Nem vitás, hogy a közgazdasági csoport és a butoripari osztály megszervezésére tett erőfeszítések ebben a tekintetben helyesek.

A kutatás és a gyakorlat szorosabb kapcsolatának megvalósítása keretében nem elég, hogy a kutató intézet vezetősége, vagy

az egyes kutatók úgy ítélik meg a témájukat, hogy az az ipar számára hasznos, mivel általában minden kutatási tevékenységről kimutatható annak hasznos volta, azonban az kell, hogy az üzemek is magukénak érezzék azokat a témákat, melyekkel a kutató foglalkozik, segítsék azok megoldását részleteiben vagy egészében, s akkor a kutatási eredmény meggyorsultan kerül üzemi bevezetésre, s jelentősen növekszik a munka gazdasági hatékonysága. Ehhez azonban igen komoly tudomány-szervező és a kutatásokat, valamint az ipari tevékenységet elvi alapon koordináló munkára van szükség. Szükséges itt megemlíteni azt a kérdést is, hogy a kutatók és az új technika és technológia tervezői közötti kapcsolat terén ma még hiányosságokat látunk.

Az a véleményünk, hogy a kutatási eredmények leggyorsabb üzemi bevezethetőségének egyik lehetősége a kutatási eredményeknek, a tervezésnél történő felhasználása. Ha az új termelő üzemek vagy rekonstrukciók megtervezésénél a kutatási eredményeket felhasználnák, vagy a kutatási feladatokat bizonyos fokig úgy irányítanánk, hogy a távlati műszaki fejlesztési tervvel szorosabb kapcsolatban legyenek, úgy a kutatási eredmények bevezetésének ma még hosszú periódusát igen jelentősen csökkenteni lehetne.

A kutatás és az ipar közelebbrehozásával kapcsolatban a VIII. Kongresszuson is felmerült egy olyan javaslat, hogy meg kellene valósítani azt a pályázati rendszert, miszerint a fiatal kutatók 3 évenként beszámolnának végzett munkáikról, problémáikról, ismereteik bővüléséről, s ennek a beszámolónak eredményeként vagy megerősítenék őket korábbi beosztásukban, vagy eredménytelenség esetén más területre, elsősorban az iparba kerülnének, ahol a követelmények ma még alacsonyabbak, s minden bizonynyal ezek a kutatók a gyakorlati munkában jelentős sikereket érnének el, majd alaposabb szakmai ismeret, műszaki képzés után visszakerülhetnének az Intézethez. Az a véleményünk, hogy e módszer megvalósításával egy olyan egészséges körforgás alakulna ki a kutatók és a vállalatok között, mellyel a tudomány és gyakorlat kapcsolatát jelentősen lehetne erősíteni, ugyanakkor azok a kihelyezett munkatársak, akik az ipari gyakorlatot megszerezték, igen jó külső munkatársai lehetnének az Intézetnek.

### III. A KUTATÁSOK HATÉKONYSÁGÁNAK KÉRDÉSE

A kutatómunka hatékonyságának kérdését igen sok iparágban és Intézetben vizsgálták és vizsgálják, s e tekintetben kialakult álláspontok különbözőek. Igaz, hogy az egyes témákra történt ráfordításokat ki tudjuk mutatni, de a kutatómunka eredménye alapján annak hatékonysága megállapítására ma még egységes metodikánk nincs. Így gyakran felmerül a kérdés: hogyan értékeljük a kutatómunka eredményességét? Különösen fontos ez azért, mert a kutatómunka befejezése után a bevezetés még hosszú ideig elhúzódhat, vagy van olyan téma amely egyáltalán nem is kerül felhasználásra, mivel a kései felhasználás időpontjában az ipari kutatások tekintetében a technika ill. a technológia már messze megelőzte a kutatás időpontjában kimutatott gazdasági eredményt. Ezekből pedig egyenesen következik, a kutatás hatékonysága megállapításának összetettsége, így fontos e kérdés elemzése a faiparban is. Azokban az esetekben, ahol a kutatómunka eredménye a befejezés után valamilyen formában rövid időn belül realizálódik a számítások elvégzése egyszerűbb, ezért tekintsük át a realizálást determináló egyes tényezőket:

1. Ha a kutatás olyan eredménnyel zárult, hogy az akár technikai, akár technológiai vonatkozásban világviszonylatban új, úgy az esetleges export révén a hatékonyság vizsgálható, s ez népgazdasági eredményességre vezet.

2. Ha a kutatás eredményeként olyan természetű termelőeszköz vagy anyag importja válik feleslegessé, melyet korábban devizáért kellett megszerezni, a megtakarítás számszerűen is kimutatható.

3. Ha az ipar műszaki színvonalának növelése, a termelékenység növelése vagy az anyagtakarékosság a kutatás eredményeként közvetlenül kimutatható, s a vállalatok az újítási rendeletben meghatározott nyilvántartást a kutatások bevezetése után a költségváltozásokról vezetik.

4. Ha a kutatási költségek csökkennek, ill. a kutatás átfutási ideje csökken.

A felsorolt tényezők számszerűsítése azonban egyértelműen csak a legkritikább esetben mutatható ki, ezért a különböző kuta-

tások hatékonyságával foglalkozó irodalomban gyakran találkozunk olyan megállapítással, hogy "a kutatások gazdasági eredménye nem mindig mérhető". Nekünk azonban az a véleményünk, hogy a tudományos kutatómunkának mint termelőerőnek a felhasználását valamilyen formában ellenőrizni kell, vagyis tisztán kell látni milyen célokért, milyen mennyiségben s milyen gazdasági hatásokkal érvényesítettük azt a termelő erőt, melyet a faipari kutatások terén az egyes témák kidolgozására felhasználtunk. De nemcsak a végső eredménynél, hanem a kutatási tématervek összeállításakor az esetleges részeredmények értékelésekor is jelentős támpontot biztosítana egy hatékonyság vizsgálati módszer, ugyanis ezzel a későbbi termelési folyamat gazdaságosságára jelentős következtetést tudnánk tenni. A kutatások hatékonysága azonban nem jellemezhető olyan absztrakt módszerekkel, mint pl. a beruházás hatékonysága, hiszen ez esetben a "szellemi tőkét", nem pedig az anyagi részt kell értékelni. A szellemi tőke az ismeretek hatékonyságának értékelése pedig egyértelműen elvezet a kutatómunka termelékenységének fogalmához, mely lényegében már a hatékonyságra is választ adna, még akkor is, ha ez csak az egyik oldalról mutatná be a kérdést. Ehhez azonban lényegében elemezni kellene a befektetett általános és közös munka arányait és kölcsönhatásait a kutatási feladat megoldásának folyamatában. Erre annál inkább szükség volna, mert a faipari kutatások jelentős része ma még az általános munka eredményességére van koncentrálna, s így a tulajdonképpeni eredményesség nem annyira a kutatók jó munkájától, mint inkább a téma kiválasztásától, vagy egy-egy szerencsésebb adottságtól függ, mely függvénye az Intézet anyagi, technikai és egyéb lehetőségeinek. De új megvilágításba helyezi a kutatások hatékonyságát az is, hogy annak mértékét mihez számoljuk.

- a) A jelenleginél jobb eredményekhez,
- b) a nemzetközi vagy világszinvonalhoz,
- c) az új célkitűzések elérése esetén az eredmény s a ráfordítások arányához.

További módosítást ad az idő tényező, hiszen a kutatási eredmények hatékonysága az idő függvényében csökkenő tendenciát mutat, sőt bizonyos esetekben nullává válik. Természetesen vannak

más meghatározó tényezők is, melyek figyelembevétele vagy elhanyagolása a kutatómunka hatékonyságára jelentős hatással lehet.

Éppen ezért nem lebecsülendő az a törekvés, mely a kutató-sok hatékonyságának vizsgálatát egyszeri beruházás címén kezeli, s az iparág összes beruházásainak viszonylatában vizsgálja az eredményt. Ez a vizsgálati mód már jobban tükrözné azokat az adatokat, melyek számításaink elvégzéséhez szükségesek volnának. De itt természetesen figyelembe kell venni az alap, az alkalmazott és fejlesztési kutatások arányát, mivel sokszor a nagyarányú kutatási forma eltolódások okoznak zavarokat a számításainknál.

Ha pedig az elméleti megfontolásokról a gyakorlati számítások módszereinek kidolgozása felé közelítünk, úgy azt láthatjuk, hogy a hatékonyság kifejezésére valamilyen törtmutató értéke kell, hogy választ adjon, mely lényegében a hatás és a hatóerő viszonyát kell, hogy tükrözze. Itt azonban figyelembe kell venni, hogy a kutatómunka csak akkor válik anyagi értékűvé, ha a szellemi befektetés a társadalmi termék előállításához valamilyen formában felhasználást nyer, más szóval az alkalmazott vagy fejlesztési kutatások terén elért eredményt a termeléshez felhasználják. Tehát csak az anyagi termelés többi tényezőjével együttesen lehet vizsgálni a hatékonyságot, mivel a gazdasági eredmény nem egyedül az ipari kutatás eredményeképpen jön létre.

A mutató bonyolultsága tehát ismételten jelentkezik, ezért az egyedüli reális lehetőség, hogy a kutatómunka gazdasági hatékonyságának vizsgálatára jellege szerint típusokat dolgozzunk ki, s a típusokhoz használt alapvető összefüggések, s azok kiegészítésekképpen figyelembe vett egyes tényezők alapján adjunk választ a rész kérdésekre. Vonatkozó vizsgálatok azt eredményezték, hogy ma a faiparban nem annyira a pénzügyi eszközök, hanem a tudományos kutatással foglalkozó káderek szakképzettsége, ismereteik felhalmozódása és új, magasabb fokon történő szintézise határozza meg a kutatómunka hatékonyságát, minőségét.

Ez pedig azt jelenti, hogy erőfeszítéseinket a tudományos munka megszervezésére, a kollektív kutatás alapjainak lerakására kell összpontosítani, hogy munkánk hatékonysága növekedjék.

#### IV. NEMZETKÖZI EGYÜTTMŰKÖDÉS A FAKUTATÁSUNK TERÜLETÉN

A tudomány és technika fejlesztésének jelenlegi üteme a fa- és fafeldolgozó-ipar területén is szükségszerűen megköveteli, hogy a tudományos kutatások nemzetközi kooperációját megvalósítsuk, mégpedig abból a célból, hogy az eredményeink a nemzetközi színvonalat biztosítsák, s ezt a színvonalat a gyakorlatban is láthassuk, másrészt azért, hogy tájékozódjunk azokról az eredményekről, metodikákról, fakutatáshoz használt műszerekről és eszközökről, melyeket a különféle kutató intézetek az egyes kutatási területeken elértek és használnak, s ezzel segítsük az ipar műszaki fejlesztésének gyorsítását. A korábbi együttműködés, - mely a tőkés országok viszonylatában ma is érvényes - a kölcsönös dokumentáció cseréjére, a szakcikkek cseréjére korlátozódott, s ez csak informáltságot, ötleteket, gondolatokat adott a kutatómunkához, de a tulajdonképpeni lényegre nem adott választ. Ezért ezek a formák ma már csak a kapcsolataink fenntartására irányulnak. A szocialista országok között a közvetlen együttműködés ill. a KGST keretén belül kívánjuk a kapcsolatainkat kiépíteni és elmélyíteni.

Ezek a kapcsolatok a nemzetközi munkamegosztás alapelveinek megfelelően a kölcsönös bizalom és segíteni akarás jegyében kötik össze a kutató intézeteket. A kooperatív munka már eddig is több területen éreztette a hatását. Az együttműködés eddigi általános eredményei az alábbiakkal jellemezhetők:

a) a szocialista országok közötti kutatási együttműködés hozzájárult az Intézet szervezeti kialakítása irányvonalának a meghatározásához, a kísérleti gép- és műszerparknak egyes gépekkel, ill. berendezésekkel való kiegészítéséhez, valamint a kölcsönös tájékoztatáshoz az egymást kölcsönösen érdeklő kérdésekben,

b) néhány kutatási metodikánkat sikerült közös nevezőre hozni, hogy az eredmények nemzetközi viszonylatban is összehasonlíthatók legyenek, s ezáltal a metodikák kialakításánál jelentős időmegtakarítást értünk el,

c) az együttműködés kérdésében olyan megállapodások jöttek létre, melyek a konkrét kutatási feladatokat a legjobb adottságokkal rendelkező intézetre specializálják, s ezáltal a gyors munkavégzést biztosítják.



A konkrét együttműködés területén elsősorban a Szovjetunióval a Leningrádi Butor- és Lemezipari Tudományos Kutató Intézettel van már hosszabb idő óta közvetlen kapcsolatunk. 1961 és 1962-ben két témát dolgoztunk ki közösen, melyek a forgácslapok higroszkópikus és antiszeptikus tulajdonságainak a javításával, valamint az enyvezettlemez gyártás gépesítési kérdéseivel kapcsolatosak.

További eredmények:

1. Az együttműködés során lehetővé vált tanulmányozni a szovjet enyvezettlemez gyártás technológiáját és ennek eredményeképpen arra a következtetésre jutottunk, hogy a hámozás céljára 16-20 cm-ig, mint minimális átmérőjű rönköt nálunk is fel lehet használni és ezzel a hazai alapanyagbázisunkat jelentősen ki tudjuk bővíteni. Ennek bevezetésével jelentős egzótárönk behozatalát tudjuk kiküszöbölni és ez a népgazdaságunknak mintegy évi 120-150 ezer dollár megtakarítást jelent.

2. Lehetővé vált, hogy a szükséges kísérletek lefolytatására a karbamid-gyantába paraffinemulzió bekeverőgép prototypusát szovjet segítséggel hazailag előállíthassunk. A berendezés már elkészült és a kísérletek megfelelő eredménnyel lezárultak. Ennek üzemi bevezetése szintén mintegy százezer forint megtakarítást eredményez.

3. A hazai faipar műszaki fejlesztése sok olyan technológiai, műszaki problémát vet fel, melynek megoldásához a két kutató intézet együttműködése jelentősen hozzájárulhat, különösen azáltal, hogy az egyes területeken elért eredményeket közös munkával a hazai adottságainkra lehet adaptálni, és ezzel ismételtén jelentős anyagi és időmegtakarítást tudunk elérni.

Az együttműködés további kiszélesítése lehetővé teszi a faanyagok komplex kihasználásának együttes vizsgálatát úgy technológiai, mint szervezeti vonatkozásban. Ugyancsak foglalkozni akarunk a fafeldolgozás olyan területeivel, mint pl. a butoripar mechanizálása és automatizálása, a fahelyettesítés kérdései stb.

Az ilyen közös munka során létrejött együttműködés keretében a személyes megbeszélések rendkívül nagy segítséget adnak a hazai fiatal kutató gárdánknak ismeretei bővítéséhez és a tudományos munka szervezése elvi és gyakorlati kérdéseinek elsajátításában. A szovjet kutatási módszerek eddigi tanulmányozása és

felhasználása azt eredményezte, hogy kutatómunkánk hatékonysága növekedett, a kutatási eredményeink ma már jelentősen gyarapítják a fakutatás tudományos ismeretét.

1962-ben létrejött a Bratislavai Faipari Kutató Intézettel is a közvetlen munkakapcsolat felvétele. Az együttműködés során a két intézet munkatársai a cserfa komplex felhasználásának a kérdéseit fogják vizsgálni és elemezni, továbbá a fokozottabb favédelmi kutatásokat kívánjuk egymás között megosztani.

A legújabb együttműködési forma a fakutatások terén a KGST keretén belül a fahelyettesítő anyagok gyártása, felhasználása és gazdaságossága vizsgálatának a kérdésében jött létre. Ebből a kérdéskomplexumból az Intézetre olyan feladatok megoldása hárul, mint a hulladékanyagok és apróválasztékok felhasználásának, valamint az ezen anyagokból készült termékeknek a vizsgálata. Új kötőanyagok és hidrofóbizáló anyagok kidolgozása a faforgácsolap gyártás területére. A faforgácsolaplan optimális kialakításának a vizsgálata, a fahelyettesítő anyagok felületkezelésének egyes kérdései, s végül az optimális gazdaságosságot biztosító üzemp típusok vizsgálatában való részvétel. Ezekben a kérdésekben mi részfeladatokat fogunk megoldani.

## BEFEJEZÉS

Pártunk VIII. Kongresszusa igen nagy figyelmet szentelt a műszaki fejlesztés gyors és hathatós növelésének, s ezen belül mint egyik meghatározó tényezőnek, a tudományos kutatások elvi, szervezeti és gyakorlati kérdéseinek művelésére is jelentős feladatokat tűztek ki részünkre az elkövetkezendő években. A jövőbeni kutatási feladataink sikeres megoldása még szükségesebbé teszi, hogy a tudomány maradéktalanul betöltse társadalmi hivatását, s egyre inkább termelőerővé váljék. Ez azonban csak úgy biztosítható, ha a nemzetközi munkamegosztásból ránk háruló feladatokat először maradéktalanul megoldjuk, majd helyreállítjuk az alap-, alkalmazott- és fejlesztési kutatások közötti eddigi kialakított arányokat, s ezen belül az alap kutatásoknak is nagyobb figyelmet szentelünk.

Ezért olyan kutatási feladatokat kell előirányozni a távlati tudományos kutatási terv alapján, amelyre a népgazdaságnak a legnagyobb szüksége van, de ugyanakkor a jövőre is kell gondolni s a fa- és fafeldolgozó-ipar termelés technikájának és technológiájának, valamint egyes kapcsolódó kérdéseknek a tudományos alapjait is le kell raknunk. Ezt helyettünk nem végzi el senki és ezt nem tudjuk importálni. Természetesen ehhez fel kell használni a korábban már külföldön elért eredményeket és a hazai kapcsolódó intézetek eredményeit, de magasabb fokon, mint ahogyan azt megkapjuk, mivel a kutatók munkáját elsősorban azzal lehet lemérni, hogy mi újat alkotnak elődeikhez képest. Az előttünk álló feladatok tehát az alábbiak szerint csoportosíthatók:

1. A nemzetközi fakutatási színvonalhoz történő fokozottabb felzárkózás érdekében már az elkövetkezendő években úgy kell a munkát szervezni, hogy a kutatási témáink legalább 30 %-a meghaladja a nemzetközi színvonalat.

2. Munkánk alapját a TTKT-ben meghatározott feladatok végrehajtására kell összpontosítani, s kutatásainkat a technika fejlesztésére, a termelékenység növelésére és a gazdaságosság fokozására kell irányítani.

3. A tudomány és a gyakorlat kapcsolatának megvalósítása érdekében az üzemi laboratóriumokat és a szakembereket fokozottabban kell bevonni a kutatási feladatok megvalósításába.

4. Fokozottabban a kutatások hatékonyságának növelésére, a munka minőségi javítására, továbbá a tervező intézetekkel és az üzemekkel való kapcsolat további javítására kell a figyelmet fordítani.

5. A komplex és kollektív fakutatás elvi és gyakorlati módszereit munkánkban fokozottabban alkalmazni kell, s ezért a nemzetközi munkamegosztásból származó előnyöket a népgazdaság számára ki kell használnunk, s egyidejűleg új tudományos eredményekkel kell gazdagítani a faipari tudományos ismereteket.

Bizunk abban, hogy a kutatások szervezésére tett intézkedéseink lehetővé teszik a fenti feladatok megvalósítását, s ezzel a faipar termelőtevékenységének tudományos megalapozottságához jelentős mértékben hozzájárulhatunk.

A RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLAT ALKALMAZÁSI TERÜLETÉNEK  
KUTATÁSA ÉS AZ ALKALMAZÁS MÓDSZERE

Hadnagy József tud.munkatárs

Munkatársak:

Ruska László tud.munkatárs

Vámos Róbert tud.s.munkatárs

Farkas Károly technikus

1961

A kutatási eredmények részletes ismertetése előtt szükséges a roncsolásmentes vizsgálati módszerekről néhány általános jellegű megjegyzést tenni.

A vizsgálati és mérési módszerek összes ágaiban két nagy eljárási csoport létezik, amelyek abban különböznek egymástól, hogy az egyik esetben a vizsgált objektum - legyen az élő vagy élettelen -, határozott változást kénytelen elszenvedni a vizsgálat következtében, míg a második esetben ez a változás olyan jelentéktelen, hogy azt a vizsgált objektum szempontjából teljes mértékben el lehet hanyagolni.

Az alapvetően különböző szempontok ellenére - amelyek pl. az orvostudományban emberiek és etikaiak, a műszaki tudományokban pedig tisztán anyagi és gazdasági jellegűek, valamennyi tudományban kívánatos a roncsolást mellőző vizsgálati módszerek minél nagyobb mérvű alkalmazása, sőt végső távlatban kizárólagosan erre törekszik minden tudomány.

Az a tény, hogy a vizsgálati "alany" tönkretetésével vagy legalábbis roncsolásával járó vizsgálati módszerek ma még nagyobb területen jelentkeznek, semmi esetre sem jelenti ennek a kívánságnak a célszerűtlenségét és megoldhatatlanságát, legfeljebb arra mutat, hogy a roncsolásmentes vizsgálati eljárások mai fejlettségi foka az eddigi rendkívüli eredmények ellenére is alacsony.

Nem kétséges, hogy mind gazdasági, mind pedig műszaki és emberi szempontból igen fontos feladat, ezeket a módszereket továbbfejleszteni, ill. alkalmazásukat minél szélesebb területre kiterjeszteni. Ennek érdekében azonban legelsősorban ezeknek az eljárásoknak lényegébe történő világos betekintése szükséges, mivel az alkalmazási lehetőségek és határok - különösen az elvi jellegük - ezáltal ítélhetők meg a legbiztosabban.

Miután a roncsolásmentes vizsgálatok területén még az elnevezést tekintve is elég nagy rendezetlenség tapasztalható, szükséges legalább az alapfogalmaknak világos és félreérthetetlen leszögezése.

Mindenekelőtt rögzíteni kell, hogy mit értünk roncsolásmentes vizsgálaton. Elképzelhető pl. olyan eset, amikor a vizsgálandó anyagot a vizsgálat módja látszólag nem roncsolja, azonban esetleg későbbi kihatásában jelentkezik a roncsolódás, mint pl. a mechanikai tartósság vizsgálata esetében. Ezért roncsolásmentesnek csak az a módszer nevezhető, amelynél a vizsgálandó anyaggal a vizsgálat közben olyan csekély energiát közlünk, hogy az az anyag szerkezetétén semmiféle fizikai vagy kémiai változást nem okoz.

Tudatosan kizárandó az az eset a módszer jellegére vonatkozó tárgyalásból, amikor a vizsgálat csak kisebb anyagdarabokon végezhető el roncsolásmentesen, míg nagyobb darabot kisebb "próbatestre" kell eldarabolni. Mivel azonban éppen a faiparban legtöbbször ez az eset áll fenn, szükséges, hogy ezt az esetet is besoroljuk valahová. Tekintettel arra, hogy a próbatest nagysága rendszerint az érzékelő kapacitásától és érzékenységétől függ, elvileg ez az eset is a roncsolásmentes módszerekhez tartozik. Viszont ha az érzékelő nem fejleszthető annyira, hogy azzal egész termelvények vizsgálhatók legyenek, hanem azokat fel kellene darabolni, akkor már nem beszélhetünk roncsolásmentes vizsgálatról.

A másik általánosságban mozgó probléma az, hogy a roncsolásmentes vizsgálatoknál rendszerint több variáns jöhet szóba. Ezeknek az értéke azonban nem egyforma, mivel a kiértékelés legtöbbször magától a vizsgált anyagtól, annak szerkezetétől és a keresett jellemzőtől is függ. Ezért az egyes lehetőségek közül ki kell választani a műszaki és gazdaságossági szempontból egy-

aránt legmegfelelőbbet, figyelembevéve az alkalmazási feltételeket, a használhatóságot, a mérési biztonságot és még egy sereg más tényezőt is.

## A) ÁLTALÁNOS RÉSZ

A téma irodalmának feldolgozásában is szükséges volt néhány szempont szerint rész témák köré csoportosítani az anyagot. Ezt a részletezést főleg az indokolta, hogy a faipari kutatás is két nagy részre osztható. Az egyik nagy terület a természetes faanyag tulajdonságainak kutatására, a másik - a roncsolásmentes vizsgálatok modern módszereit még fokozottabb mértékben követelő terület - a fahelyettesítő anyagok jellemzőinek meghatározása. Egy másik részletezési lehetőség a fizikai és mechanikai jellemzők vizsgálatának szétválasztásával adódik. A jelentés is körülbelül ezt a négyes felosztást követi, először a természetes fa fizikai és mechanikai tulajdonságainak vizsgálatát tárgyalva, majd ugyanezen két szempont jelentkezik a fahelyettesítő anyagoknál is.

### Irodalmi feldolgozás

Mielőtt a roncsolásmentes vizsgálati módszerek egyenkénti részletes tárgyalására sor kerül, néhány, - a faanyag tulajdonságaiból fakadó - nehézségre kell felhívni a figyelmet. Mint ismeretes, a fa élő szervezet lévén, bonyolult biológiai, kémiai és fizikai szerkezettel rendelkezik. Az egyes fafajokon belül az egyes tulajdonságok széles skálában változhatnak és egymással szoros kölcsönhatásban vannak. Ezek a körülmények a fa szerkezetét inhomogénné teszik, vagyis egy bizonyos fizikai jellemző nem adható meg egy határozott mennyiséggel, hanem csak bizonyos intervallum két határértékével. Ez az első nehézség, amely a roncsolásmentes vizsgálatoknál jelentkezik, mivel az energiaközlő és felvevő berendezések többnyire diszkrét értékeket szolgáltatnak, és így az értékelés nem könnyű. Hozzájárul ehhez a fa három fő anatómiai irányában változó tulajdonsága - az ortogonál-an-



izotrópia. Nem mindegy tehát egy vizsgálat elvégzésénél az energiaáram iránya sem. Ezenkívül a fizikai jellemzők egymásrahatásából a paraméterek szétválasztása gyakran lehetetlen, tekintve, hogy a műszer, amely csak bizonyos másodlagos jeleket érzékel "nem tud arról", hogy a kapott információ melyik paraméter eltérése miatt változik.

Ezek és még sok más ok játszik közre abban, hogy a fa nyersanyagának vizsgálatában miért tudnak a roncsolásmentes eljárások olyan nehezen tért hódítani. A nehézségek azonban mindenkor leküzdhetők, csak kellő tapasztalat, idő és kutatómunka szükséges hozzá. A következőkben ismertetett vizsgálati módszerek némelyike ma még csak elméletileg létezik, de a fejlődés iránya feléjük mutat, és így nem hiányozhat az áttekintés köréből.

Egy konkrétan megvalósításra kerülő eljárás - laboratóriumi eredményeit és alkalmazási módszerét a jelentés B) fejezete tárgyalja részletesen.

A közeljövőben esetleg alkalmazásra kerülő roncsolásmentes eljárásokat pedig a vele kapcsolatos témakör tárgyalásának befejezése tartalmazza.

### 1.1. A roncsolásmentes vizsgálati módszerek ismertetése

A roncsolásmentes anyagvizsgálat a ma ismert technikai vívmányok csúcsteljesítményeit alkalmazza. A tudomány minden ága képviseli magát az anyagvizsgálat területén. Egyfelől a modern fizikai berendezések, egészen az atom szerkezetét kutató magfizikai műszerek alkalmazásával, másrészt a kémia, az elektrotechnika, a klasszikus mechanika, az atomkémia valamennyi eszközének bevonásával éri el az anyagvizsgálat ma már szinte csodálatos eredményeit. A fejlődés különösen a fémek és fémszerkezeti anyagok kutatásában rohamos, és messze maga mögött hagyja a többi anyagok vizsgálatánál alkalmazott módszereket. De az itt elért eredmények sok esetben átvihetők, vagy legalább alapelveikben alkalmazhatók más anyagokra, így a faanyagra is.

A roncsolásmentes vizsgálat alapelve minden esetben ugyanaz. A megvizsgálandó anyaggal valamilyen formában energiát közlünk, majd az anyag tulajdonságai révén megváltoztatott energiát

felfogjuk és mérjük. A változás mennyiségi, illetve minőségi mutatójából következtetünk az anyag tulajdonságára.

Az irodalom ezzel kapcsolatosan igen nagy. Így mindenfajta vizsgálati elvnek az ismertetésére mód nincs. Csak azokra az általánosan ismert és széles körben alkalmazott vizsgálati módszerekre térek ki, melyek a fa kutatásánál is szóbajöhetnek. Általánosságban a közölt energia természete szerint csoportosíthatók a különféle módszerek.

### 1.11. Mechanikai energiaközléssel dolgozó módszerek

A roncsolásmentes vizsgálatban kevésbé alkalmazhatók, csak néhány kivételes esetben, pl. rezgéscsillapítás vizsgálatánál, vagy a dinamikai rugalmasság megállapításánál. Ez az utóbbi módszer faanyagnál is alkalmazható lenne, pl. nagy dinamikus rugalmasságot követelő tornaszerek anyagát lehet vizsgálni az ún. ejtőgolyós módszerrel, melynél az anyag dinamikai ellenállására lehet következtetni a ráeső tömeg visszaugrási magasságából és a csillapítási tényező időbeni változásából.

A lendülettényező csökkenése számítható a klasszikus ütközési törvényből

$$E_v = \frac{1-k}{1+k} \frac{1}{2} m_1 (c_1 - v_1)^2 + \frac{1}{2} m_2 (c_2 - v_2)^2$$

k értékét mérhetjük közvetve a visszapattanási magasságból

$$k = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

A képletekben szereplő betűk jelentése:

$E_v$  = a lendülettényező csökkenés

$m_1$  és  $m_2$  = az ütköző testek tömegei.

Jelen esetben  $m_2 \gg m_1$

$c_1$  és  $c_2$  az ütköző testek sebessége ütközés előtt.

$v_1$  és  $v_2$  ütközés után.

$C_2$  és  $v_2$  azonban = 0.

$h_2$  és  $h_1$  pedig az ejtési és visszapattanási magasságok.

$E_1 - E_v \rightarrow 0$  a kísérlet során, és a közben megszámlálható visszapattanások száma arányos a test dinamikai rugalmasságával.

Mechanikus rezgékeltéssel, de a rezgés energiájának átalakítása útján - pl. elektromágneses erőtér keltésével - a rezgés csillapítási tényezőjével arányos mennyiséget lehet meghatározni.

### 1.12. Ultrahang energia alkalmazása

Többféle olyan eljárás ismeretes, amely mesterségesen gerjesztett ultrahang energia segítségével alkalmazható bizonyos anyagok tulajdonságainak meghatározására.

A legfontosabbak alapelveik szerint:

- a) átvilágításos eljárás,
- b) visszavert hullámokkal dolgozó eljárás,
- c) rezonancia módszer.

Az ultrahang az általános hullámmozgás egyenletei szerint viselkedik, melynek alapját a hullámterjedési sebesség a hullámhossz és frekvencia összefüggése képezi.

$$c = \lambda \cdot N$$

Összefüggés ad lehetőséget a különböző anyagok vizsgálati módszereinek kidolgozására. A keltett hangrezgések ugyanis a vizsgált felületen történő áthatoláskor módosulnak, illetve visszaverődnek. Raleygh szerint a visszaverődés mértéke

$$A = \left( \frac{\rho_1 \cdot c_1 - \rho_2 \cdot c_2}{\rho_2 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2} \right)$$

ahol  $\rho_1 \cdot c_1$  és  $\rho_2 \cdot c_2$  az érintkező anyagok un. akusztikus keménysége. Az áthatolt (vagy visszavert) rezgéseket különböző átalakítókkal lehet felfogni és mérni. A legáltalánosabban alkalmazott technika az elektronikus átalakítás, piezoelektromos anyagok segítségével.

A rezonancia módszer lényege, hogy a vizsgálandó anyag összrezgésszámát határozzák meg, mechanikusan gerjesztett rezgésnél, amikor az ultrahang generátor állandó amplitudójú és frekvenciájú rezgést kelt.

A rezonancia a maximális amplitudónál jelentkezik. Az így meghatározott összrezgésszámból különböző mechanikai jellemzőket, pl.: a rugalmassági modulust lehet meghatározni az alábbi általános függvénykapcsolatból.

$$Y = F(m, f)$$

$m$  a vizsgált test tömege,  $f$  pedig a frekvencia.

### 1.13. Elektromos energiával működő berendezések

Főleg a fémeknél alkalmazzák az elektromos energia átalakítása útján nyerhető információ lehetőségét. Ezek között az eljárások között vannak olyanok, amelyek csak elektromos mennyiségeket, feszültséget vagy elektromos ellenállást stb. mérnek és összetett berendezések, melyek a mágneses hatást is felhasználják.

A faiparban főleg fémkeresésre használják a mágneses tér-erősség megváltozásával működő elektromos keresőberendezéseket.

Ezenkívül felületi finomságmérésnél is szóba jöhetnek optikai jellegű mérésmentesség átalakítása formájában.

Elterjedt módja a különböző feszültségmeghatározó vizsgálatoknak a mechanikai nyulás elektromos úton történő észlelése. Többféle berendezés ismert ezen a területen.

### 1.14. Optikai anyagvizsgáló eszközök

Főleg a nagyobb szerkezeti elemek, sőt kész szerkezetek vizsgálatát végzik optikai eszközökkel. Fából vagy betonból készült szerkezeteknél, ahol az alakváltozások nagyobb mértékben jelentkeznek; az egyes csomópontokban vagy szerkezeti részekben uralkodó feszültségi irányokat és ezek nagyságát lehet optikai feszültségmérő bélyegek segítségével megmérni. Ezek rendszerint lamellás beosztású fényáteresztő lemezek, amelyek deformáció közben változtatják törésmutatójukat. Az egyes feszültséggyűjtő helyeken az így megváltozott törésmutató miatt sávos interferen-

cia képek alakulnak ki, melyek irány és szélesség szerint a mért deformációval, ill. az ennek megfelelő feszültségekkel arányosak.

Az optikai feszültségmérő berendezések igen nagy gyakorlatot és elméleti felkészültséget követelnek, mivel elhelyezésük és főleg értékelésük csak az erőjáték ismeretében lehetséges, amellett a leolvasás is igen szubjektív lehetőségeket rejt magában.

#### 1.15. Röntgensugaras berendezések

A fémiparban széles körben alkalmazzák a röntgensugarakkal működő vizsgáloberendezéseket. Minthogy azonban a röntgensugarak elnyelése, áthatolása vagy visszaverődése az átvilágított anyag tömörségétől és homogenitásától függ - éppen ezt a körülményt használják ki a különböző berendezések - a faanyag esetében igen kezdetleges próbálkozástól eltekintve, a röntgensugár óskorából, mikor minden elképzelhető anyagot átvilágítottak vele, nem is folytak ilyen irányú kísérletek, és éppen az említett nehézségek miatt igen kicsiny a valószínűsége annak, hogy konkrét formában fel lehessen használni a faanyag szerkezetének vizsgálatára.

#### 1.16. Rádióaktív izotópok alkalmazása

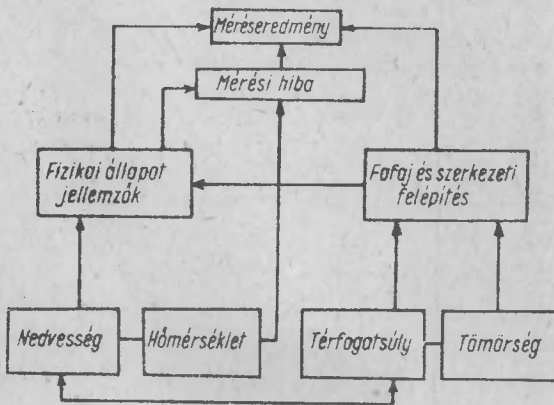
Végül, de nem utolsósorban kell megemlíteni a ma még meglehetősen kezdeti stádiumban levő magfizikai alapokon nyugvó vizsgálati módszereket. Ezek az atomsugárzáson alapuló kísérleti berendezések nyújtják a jövő legnagyobb távlatait. A rádióaktív izotópok alkalmazása már jelenleg is a legszélesebb körben elterjedt, s a közeljövő kilátásai pedig arra mutatnak, hogy rövid időn belül kiszorítják az eddig alkalmazott klasszikus vizsgálati módszereket.

A méretellenőrzés, keménységi izotrópiai vizsgálatok legfontosabb eljárásai máris az izotópok alkalmazásának köszönhetők. Külföldön pedig széleskörű kutatások folynak a sugárzásnak a térfogatsúly és a szilárdságvizsgálatoknál történő felhasználásával kapcsolatban.

## 2. A természetes faanyag vizsgálatának lehetőségei

A fát felépítő élő anyagok tulajdonságainak tanulmányozása nem könnyű dolog. Az élő szervezet funkcionálása közben önmagát építve olyan komplikált felépítésű inhomogén anyagot hoz létre, melynek egy-egy fizikailag, vagy kémiaiilag, vagy bármely más tudományág szerint meghatározható jellemzője ugyyszólván pontról pontra változik és szorosan összefügg az összes többi jellemzővel. Mégis szükséges néhány alapvető tulajdonságnak a kiválasztása és meghatározása az egyes fafajokra vonatkozóan, hogy azok valamilyen objektív szempont szerint összehasonlíthatók legyenek. Ezek a viszonyító alapok a fa térfogatsúlya, szilárdsági és rugalmassági adatai, keménysége, tartóssága és így tovább. Az általánosan használatos próbatetek segítségével dolgozó roncsolásos anyagvizsgálatnál is, de főleg a roncsolásmentes módszereknél a legfőbb nehézséget az okozza, hogy a vizsgált tulajdonság a fa belső felépítésétől is függ, emellett azonban függ a mindenkor fizikai állapotjellemzőktől is. Mármost az alkalmazásra kerülő műszer, vagy mérési módszer a legtöbb esetben nem tudja eldönteni, hogy a kapott eredmények eltérései az első, vagy a második ok következményei-e? Ha pedig sikerül a befolyásolás két alapvető okát egymástól elszigetelni, még mindig maradnak kétségek aziránt, hogy az így kapott eredmények milyen mértékben reprezentálja a valóságot.

Az összefüggések az áttekinthetőség érdekében az alábbi séma szerint ábrázolhatók.



1. ábra



A keresett jellemzőt megadó méréseredmény részben közvetlenül függ a fafajtól és a fizikai állapottól, részben pedig közvetve a mérés során elkerülhetetlen mérési hibákon keresztül is befolyásolva van. Ezért a kísérleti adatok meghatározása csak bizonyos határok között, előre kiszámítható pontossággal történhet. A mérőberendezés és a mérési módszer átlagos hibahatárainak ismeretében azután elválasztható a valódi és a látszólagos heterogenitásból eredő szórás.

A roncsolásmentes vizsgálati módszereknek a természetes faanyag vizsgálásánál főleg abban áll a jelentőségük, hogy lehetőséget nyújtanak valamely kiválasztott tulajdonságnak a változását tanulmányozni, valamelyik másik változó függvényében. Pl. egy fafaj tartós terhelés közbeni rugalmasságának változását lehet folyamatosan mérni, és ezzel a fa belső strukturájának jellegéről kaphatunk felvilágosításokat. Vagy meghatározhatók pl. azok a belső feszültségek, melyek a fában nedvesség hatására ébrednek, és így tovább. A roncsolásmentes vizsgálati módszerek tehát főleg tudományos kutatási célok elérését segítik elő. Ezenkívül jelentős mértékben alkalmazhatók fából készült épületszerkezetek utólagos vizsgálatára. Tartógerenda szerkezetek, födém-, támasztó-, állványszerkezetek terhelésközbeni viselkedése határozható meg könnyen és gyorsan ezekkel az eljárásokkal, még olyan esetekben is, amikor a szerkezetek számításon ellenőrzése egyáltalában nem, vagy csak igen körülményesen lehetséges. A harmadik lehetőség a fa feldolgozása közben az előforduló fémanyagok jelzése és behatárolása területén jelentkezik, ami a feldolgozó szerszámokra és gépekre vonatkozóan jelent komoly problémát. A röntgensugarakkal, valamint az ultrahanggal működő keresőberendezések mellett az elektronikus és izotópos fémkeresők is kezdenek általánosan elterjedni.

## 2.1. Fizikai jellemzők vizsgálata

### 2.1.1. Térfogatsúly, pórustérfogat

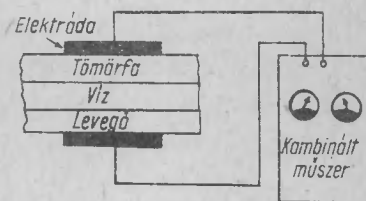
Mint már az előzőekben említve volt, a térfogatsúly a faanyag egyik jellemzője. Elvileg a térfogatsúly egyszerű mechanikai eszközökkel is meghatározható roncsolásmentesen, a faanyag

méretének, súlyának viszonyából. Ez a módszer azonban feltételezi a vizsgált farész szabályos mértani alakját, mivel nagyobb darab fa köbtartalma csak ilyen módon számítható a szükséges pontossággal. A faköbözésre ugyanezt az eljárást alkalmazzák, viszont ott a nagy tömeg miatt néhány tizedköbméternyi eltérés nem számottevő, míg esetleges kutatási feltételek teljesítésére semmiképpen nem elegendő. A pontos mértani formára feldolgozott fa viszont csak kisebb méretekben képzelhető el, és semmiképpen sem mondható roncsolásmentesnek, ha egy rönkből kisebb próbatesteket állítanak elő - vagy roncsolásmentes a vizsgálat elvégzését tekintve, da akkor meg csak kicsi darabokra vonatkoztatható és nem ad kellő felvilágosítást egy nagyobb darab térfogatsúlyáról, mivel az egy viszonylag nagyobb darabon belül több tizedessel változhat. Elképzelhető a nagyobb darab részekre osztása és ilymódon az eloszlás meghatározása, viszont ez hosszadalmas és a roncsolásmentesség is vitatható.

A térfogatsúly roncsolásmentes egyéb módszereinél ismét más nehézségek mutatkoznak. Az elektromos elven működő berendezéseknél a legnagyobb probléma a fa nedvességtartalmának befolyása a mérésre. Ha ugyanis eltekintünk a fa szöveti egyenetlenségei által okozott mérési hibáktól, akkor is megmarad a nedvességtartalomnak az elektromos tulajdonságokra gyakorolt hatása, amely szintén függ a fa szerkezeti felépítésétől. Elméletileg az alábbi módon lenne elképzelhető a térfogatsúly - és egyben a pórusterfogot - elektromos elven történő mérése.

A 2. ábra szerint a faanyagot három rétegből összetettnek feltételezve és ismerve az egyes összetevők kapacitásviszonyait, három változó együttes összefüggését kellene mérni.

A három változó közül a nedvesség mennyisége egy kombináltan beépített nedvességmérővel meghatározható, míg a másik két változó a tömör fa és a levegő %-os arányának hányadosa mérhető a kapacitásból - beleszámítva vizet, mint ismert nagyságu korrekciós tényezőt.



2. ábra

Ha tehát meg van adva a fa kapacitása és térfogatsulya közötti törvényszerű kapcsolat (előzetes mérési sorozatból, minden fafajra külön-külön), akkor a kapacitásból a pórustérfogat is számítható.

Az elvben leirt mérőműszert a kutató intézet forgácslapokon kezdte el kipróbálni (az ezzel kapcsolatos eredményeket a jelentés második része ismerteti). A természetes faanyagnál hasonló módon alkalmazható a műszer, azonban erre vonatkozóan még nem állnak rendelkezésre konkrét mérési adatok.

Néhány szűkszavu külföldi közlemény beszámol a  $\beta$  és  $\gamma$  sugárzás felhasználásáról is. A  $\gamma$  sugárzás nagy áthatóképessége miatt és igen nagy roncsoló hatása miatt csak nagyon korlátozott körülmények között alkalmazható, és a sugárzást előállító berendezések, illetve a hozzá szükséges sugárzó anyagok is drágák.

#### 2.12. Nedvességtartalom

A természetes faanyag nedvességtartalmának roncsolásmentes mérésére már régóta alkalmaznak különféle elektromos műszereket. Ezeknek ismertetése nem ennek a jelentésnek a célja, mivel ezek a műszerek beváltak, általánosan ismertek és használatosak. Alapelvek szerinti két fő csoportjukat mégis célszerű megemlíteni. Az egyik az elektromos ellenállás elvén, a másik ezzel szemben a kapacitásváltozás elvén működik. Különböző kapcsolási formákkal és különféle elektromos és elektronikus alkatrészekkel oldották meg a hőmérséklet, a fafaj térfogatsuly és egyéb befolyásoló tényezők hatásának részbeni, vagy egészbeni kiküszöbölését. Ma már nagyon sokféle gyártmány kerül általános forgalomba, felületi vagy belső nedvesség mérésére egyaránt.

Vannak telepes, vagy hálózatról működtethető, közvetlenül nedvességet leolvasható, vagy nomogrammos típusok. Mérési pontosságuk gyártmányként és a mérési körülmények szerint változik, azonban legtöbbjük a 2-3 % absz. nedvességtartalmi határt nem lépi túl úgy, hogy az a gyakorlati kívánalmaknak teljes mértékben megfeleljen.

A legtöbb faipari üzemben, de a kutatás terén is alkalmazzák ezeket és megbízhatóságukat a már többéves tapasztalat igazolja.

### 2.13. Keménység

Az egyes fafajok keménységét a fémiparban kialakult gyakorlatból vette át a faanyagvizsgálat.

A különféle, főleg - golyóalaku nyomótestekkel végzett keménységmérő eljárások roncsolása egészen minimálisnak mondható, tekintve, hogy nagyobb felületeknek csak egészen kicsiny részén történik alig észrevehető benyomódás. Azonban ezek a módszerek csak lokális, egymástól meglehetősen független értékeket adnak, és a legnagyobb hibájuk az, hogy csak a vizsgált felületre vonatkoztathatók.

A különböző energiasugárzó rendszerekkel végezhető visszaverési és energiafelvételi kísérletek nyújtanak lehetőségeket a keménység nagyobb felületi és mélyebb meghatározására. Sajnos, ezen a területen még semmiféle kialakult gyakorlat nem áll rendelkezésre, mivel ennek jelentősége is jóval kisebb a többi tulajdonságokhoz képest. Az ilyenirányú próbálkozások, előreláthatólag inkább a fahelyettesítő anyagok területén fognak tért hódítani.

## 2.2. Mechanikai jellemzők vizsgálata

### 2.21. Rugalmasság, szilárdság

A két anyagjellemző egymással szorosan összefügg, ezért célszerű együtt tárgyalni őket. A roncsolással végezhető vizsgálatoknál az anyag rugalmassági tényezője, annyiféleképpen határozható meg, ahányfajta vizsgálati módszert alkalmazunk. Így külön a hajlító, húzó, nyomó, nyíró szilárdsági vizsgálatokhoz meghatározható a megfelelő rugalmassági modulus. Ezek egymással közel egyenlőek, a vizsgálat elvégzésének körülményei azonban befolyásolják a kapott eredményt. A szakirodalom sok esetben nem tesz különbséget a különböző igénybevételek útján meghatározott rugalmassági tényezők között, csak a csavarási rugalmasság tényezőjét, a  $G$  értéket különbözteti meg az  $E$  rugalmassági modulusától. Ez a különbség a roncsolásmentes módszerek alkalmazásánál is meghatározható. A rugalmassági tényező vizsgálata roncsolásmentes módszerekkel többféleképpen történhet. Általában elegendő a vizsgált anyaggal közölt energia visszavert hányadosának megmérése, mivel ez arányos az anyag rugalmasságával.

2.211. Elterjedt módszer az ultrahanggal történő rugalmassági vizsgálat. Általában két módszert ismertet az irodalom. Az egyik laboratóriumi mérésekre alkalmas, és próbatesteken végezhető, tehát szorosan véve nem lehet roncsolásmentesnek nevezni, csak a próbadarab vonatkozásában. Ez az ún. rezonáns rezgésszám meghatározásán alapszik és a rugalmassági modulus értéke a következő egyenletből számítható

$$E_B = C w f$$

ahol  $C$  a próbadarab alakjától és Poisson tényezőtől függő állandó,  $w$  a próbatest sulya,  $f$  pedig a rezonáns rezgésszám. Ugyanebben az elven longitudinális hullámok is alkalmazhatók, az egyenlet alakja ebben az esetben

$$E_D = \frac{4 l^2 q f u}{i}$$

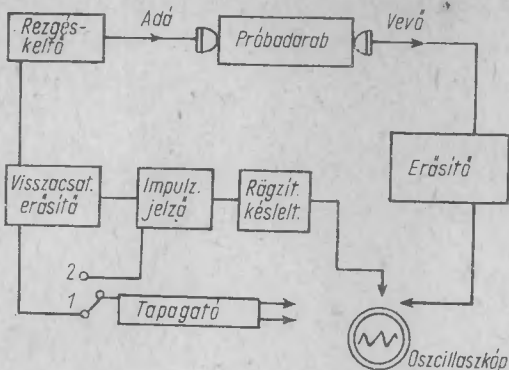
A képletben  $l$  a hullámhossz,  $f$  a frekvencia,  $q$  a térfogat egysége eső tömeg és  $i$  a felharmonikusok száma.

A longitudinális hullámok terjedési sebességéből ugyancsak következtetni lehet a rugalmassági tényező értékére. Ebben az esetben lényegtelen a próbadarab nagysága. Az összefüggés:

$$E_d = p v^2 (1 + n) (1 - 2 n) (1 - n)$$

A képletben:  $n$  a Poisson tényező,  $p$  a sűrűség és  $v$  a hullámterjedés csoportsebessége. (A csoportsebesség azonos a hullámsebességgel, ha a hullámsebesség a frekvenciától nem függ - Leslie-Cheesmann-Parshod: Az ultrahang sebességek mérése huzott testekben Natura 1,945-156 f. (A hullámcsoporthatóság mérése szolgáló eszköz a szonizskóp, amely piezoelektromos kristály gerjesztése révén kelt ultrahangot. A berendezés vázlatát lásd a 3. ábrán.

A hullámsebesség mérése többféle eszköz is ismeretes, az anyagra alkalmazott szükséges frekvenciától függően. Az irodalom sajnos fára vonatkozó adatokat nem ismertet, azonban feltételezhetően az alapelv itt is használható.



3. ábra

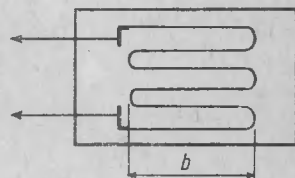
### 2.212. Elektromos, deformáció és feszültségmérő módszerek

Ezek a módszerek főleg beépített teherhordó szerkezetek roncsolásmentes vizsgálatára szolgálnak. Sok esetben a statikailag bizonytalan erőjáték meghatározására is felhasználhatók, ha a számítások útján kapott eredményeket az anyag minőségében beálló változások miatt ellenőrizni kell. Pl. valamely faszervezetű csarnok teherközbeni feszültségállapotát az évek múltán bekövetkező relaxáció miatt megváltoztatja. Ez a változott viszony a főfeszültségek roncsolásmentes meghatározásával megállapítható.

Az elektromos ellenállásmérésen alapuló deformáció vizsgálat un. nyulásmérő berendezéssel történik, melynek érzékelője a 4.sz. ábrán vázolt nyulásmérő bélyeg.

A bélyeget bakelit, celluloid, vagy valamely más anyaggal ragasztják fel a vizsgálandó felületre. A mérőellenállás 100-250  $\Omega$  között változik a mérőbázis (b) szokásos hossza 25 mm. A terhelt szerkezet alakváltozását a mérőellenállás követi, és így ennek ellenállása változik.

Ismerve az eredeti ellenállás (R) és az ellenállásváltozás ( $\Delta R$ ) értékeit a relatív alakváltozási érték



4. ábra

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{S} = \frac{\Delta R}{R}$$

S értéke a berendezés szerinti konstans és meghatározása egy egyidejűleg alkalmazott tensometer segítségével történik, de elméletileg is levezethető. Jelöljük az ellenállásváltozást  $\Delta R$ -el

$$\Delta R = S l \frac{\Delta l}{F_1} - S \frac{\Delta l}{F}$$

$$F_1 = F \left( 1 + \frac{2 \Delta d}{d} \right)$$

azonban  $\frac{\Delta d}{d} = \varepsilon_1 = \mu \varepsilon$ , tehát

$$F_1 = F (1 - 2 \mu \varepsilon)$$

továbbá  $S_1 = S + \Delta S$

$$\text{Igy } \Delta R = (S + \Delta S) l \frac{\Delta l}{F_1} - S \frac{\Delta l}{F} = S \frac{\Delta l}{F} \frac{(1 + \varepsilon)}{(1 - \mu \varepsilon)}$$

Az eredeti egyenletből

$$S = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta l}{l}}$$

Az átalakítások elvégzése után

$$S = 1 + 2 \mu + \frac{\Delta S (\varepsilon)}{S} \left( 1 + \frac{1}{\varepsilon} \right)$$

Feltételezve, hogy  $\Delta S (\varepsilon) \rightarrow 0$  S értéke

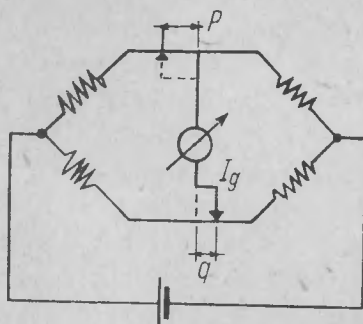
$$S = 1 + 2 \mu \text{-re egyszerűsödik.}$$

S értéke tehát a poisson szám függvénye, amely viszont a használt ellenállás huzal anyagától függ (pl. konstantánhuzalnál  $S = 2,1 - 2,4$ , nikkelnél  $S = 12$ ). Az ellenállásnövekedés mérése ellenálláshíd segítségével történik, melynek kapcsolását az 5. ábra mutatja.



A mért  $\Delta R$  érték nem függ az áramerősségtől.

A készüléknek dinamikus hatásoknál is nagy jelentősége van. A felragasztott bélyeg ugyanis érzékeny és a mérőhid katódsugáros cillográffal sorbakapcsolva a dinamikus hatások vizsgálatára is alkalmas (lásd 2.23.)



5. ábra

## 2.22. Általános feszültségvizsgálatok

A gyakorlatban sok esetben előfordul, hogy - akár elvi nehézségek, akár technikai okok miatt - nincs lehetőség a kialakuló feszültségviszonyok elméleti számítására. Régi szerkezeteknél, vagy ismeretlen nagyságu és irányu terhek esetében keletkező belső feszültségek csak gyakorlatilag mérhetők, illetve határozhatók meg. Szerkezeti elemek csomópontjaiban, nagyobb lemezekben, többismeretlenes feszültségállapot lép fel, mely a szilárdságtan mai állása szerint elméletileg pontosan nem számítható, gyakran még a közelítő módszerek sem vezetnek célra. Ezekben az esetekben kerül sor általánosan gyakorlati feszültségvizsgálatokra. Arról természetesen szó sem lehet, hogy a kész szerkezetből mintát vegyenek, még kevésbé lehet törésig terhelni. A feladatot ilyenkor kétféleképpen lehet megoldani.

1. A kész szerkezet modell útján történő ellenőrzése.
2. Roncsolásmentes feszültségvizsgálati módszerek alkalmazása, az eredeti szerkezeten.

Számunkra a második megoldás érdekes. A keletkező belső erők és ezekből létrejövő feszültségek vektormennyiségek, melyeknek elsősorban nagysága és iránya fontos. Könnyebb a feladat, ha a feszültségrendszer síkbeli, mivel ebben az esetben a gyakorlati méréseket két koordinátára lehet redukálni. Térbeli feszültségállapot esetében már jóval nehezebb, gyakran megoldhatatlan a pontos meghatározás.

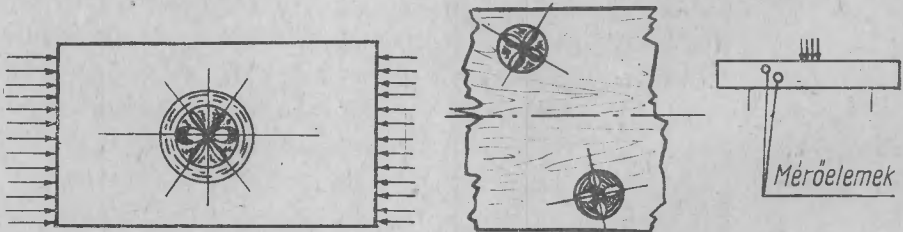
A gyakorlati méréselemek mindkét esetben ugyanazok, tehát elegendő a síkbeli feszültségek gyakorlati meghatározásával foglalkozni. Mindenekelőtt tisztázni kell, hogy a szerkezetben már

bennelevő (önsúlyból, állandó teherből stb.) feszültségek nem mérhetők, csak abban az esetben, ha a szerkezet ezek alól leg-  
alább egyelőre tehermentesítő. Csak azokat a feszültségeket le-  
het mérni, amelyek a mérés megkezdése után keletkeznek.

A vizsgálendő feszültségnek meg kell határozni vagy az irá-  
nyát, vagy két egymásra merőleges komponensének nagyságát. A fe-  
szültség nagyságának meghatározásánál feltételezik a Hook tör-  
vény érvényesülését, vagy ismerni kell a vizsgált anyag egy  
alakváltozási görbéjét. (Ez a legtöbb szerkezeti anyagra vonat-  
kozóan rendelkezésre áll.) Ezután megméri a terhelés alatti  
észlelhető alakváltozásokat a kérdéses helyen, amiből azután az  
alakváltozási egyenlet segítségével számíthatók az ismeretlen  
feszültségek.

Az alakváltozások mérését tenzométerekkel, vagy az előző-  
ekben ismertetett elektromos nyulásmérő berendezés segítségével  
méri.

2.221. A feszültségek iránymérésére is közelítő nagyságuk  
meghatározására alkalmazzák az optikai mérőbéllyegeket. Ilyen un.  
feszültségoptikai mértékeket G.Oppel dolgozott ki kétféle célra.



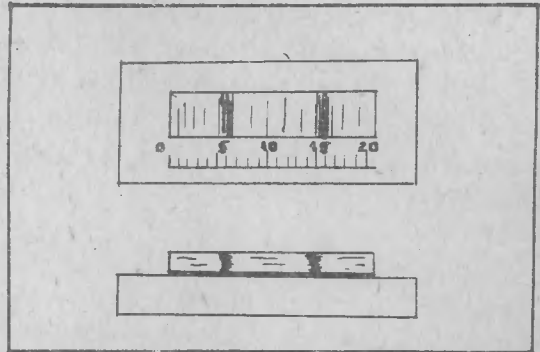
6. ábra

7. ábra

Az egyik fajta mérték a feszültség irányának meghatározására, a  
másik a feszültség nagyságának közvetlen mérésére szolgál. Ezek  
a mértékek feszültségoptikai anyagból (mügyantafajta) készült  
kerek lapocskák. Alsó felületüket ezüstréteggel tükrösítik, majd  
a tapadás megátlására gumilapot ragasztanak rá. A felső felüle-  
tet negyedhullám-polarizációs kombinált filmréteggel vonják be.  
A kerek lapot szélein történő felragasztással alkalmazzák mérés-  
re. A felragasztott lapon a kialakult interferencia ábrákat a  
6. és 7. ábrák mutatják. A 8. sz. ábra a feszültség nagyságmérőt  
ábrázolja.

a 6. ábra farönkre ragasztott bélyegnél, a 7. ábra pedig hajlított fagerendára ragasztott mértékeknél ábrázolja a kialakuló interferenciasávokat, melyeknek szimmetriatengelyei a főfeszültségi irányokat jlezik. Az irányok élesen meghatározhatók minden nehézség nélkül.

A faanyagvizsgálatban alkalmazandó mértékek nagysága 3 cm hosszú és meghatározott gyantakeményítő viszony mellett a nyulástényező értéke  $810 \times 10^6$ . A nyulástényező ismeretében a keletkezett nyulás nagysága a leolvasott interferencia eltolódás szélességének és a nyulástényezőnek a szorzatából számítható.



8. ábra

A mérések pontossága a mértékek nagyságának megfelelő megválasztásával növelhető. Általában minél nagyobb a feszültséggradiens, annál kisebb bélyegeket célszerű alkalmazni.

### 2.23. Dinamikai vizsgálatok

A legtöbb szerkezeti anyag nemcsak statikus, hanem dinamikus erőhatásoknak is ki van téve! A dinamikus erőkkel szembeni ellenállás meghatározása ezért fontos feladat. Miután a dinamikus erő pillanatszerűen, vagy pillanatonként váltakozva rezgés szerűen hat, a vizsgált test ellenállásának meghatározása a statikus terhelésnél szokásos módszerekkel nem lehetséges. Az említett kétfajta dinamikus hatás - a rezgés szerű és pillanatnyi - különböző vizsgálati módszereket követel.

2.231. Pillanatnyi dinamikus hatások vizsgálata. A hirtelen fellépő nagy dinamikus energia mérésére, illetve a vele szemben mutatkozó ellenállás meghatározására, főleg roncsolásos módszereket alkalmaznak - a faanyagvizsgálatban. Elvileg azonban nincs

akadálya a roncsolásmentes vizsgálatnak sem, bár erre vonatkozóan irodalmi adatok nem ismeretesek. Elképzelhető a dinamikus erő munkájának felemésztésére szolgáló belső saját munka mérése közvetve a vizsgált test tömegének és a csillapítási időnek a figyelembevételével.

Nagyobb szerkezetek dinamikai vizsgálatánál lehetséges mechanikus mérőberendezések alkalmazása is, ezeket azonban tekintettel a téma tárgyára szükségtelen részletesen ismertetni. Valamennyi egy bizonyos - rendszerint 200 mm hosszú mérőbázis alakváltozását nagyítja fel különböző mechanikai áttételek segítségével.

2.232. Váltakozó igénybevételek vizsgálata. A dinamikus hatások másik, a gyakorlatban inkább veszélyes formája az ismétlődő rezgésszerű; azonos, vagy változó előjelű igénybevétel. Különösen a jármű építésében és építészeti szerkezetekben veszélyes a rezgés. Egyrészt belső repedéseket, töréseket okozhat, mivel csökkenti az illető szerkezet használhatóságának idejét, másrészt csökkenti a szerkezet szilárdságát, amely idővel az eredetileg méretezett terhek viselésére nem lesz alkalmas.

A változó igénybevételek vizsgálatára elég sok módszer ismeretes. Ezen a területen azonban már nem lehet kimondottan roncsolásmentes vizsgálatról beszélni. Bár a vizsgált anyagot rendszerint nem terheli egészen törésig, azonban a sokszor ismétlődő igénybevétel éppen az előzőek szerint, az anyagban bizonyos változásokat okoz, tehát nem tekinthető egészen roncsolásmentesnek. Ennek ellenére szükséges ezekkel a vizsgálatokkal foglalkozni több okból is. Először azért, mert vannak olyan eljárások, amelyek már kevés ismétléssel végrehajtott vizsgálatokkal is bizonyos eredményeket szolgáltatnak. Ezenkívül a fáradás jelentősége a faanyag igen magas fajlagos rugalmassága miatt kisebb jelentőségű, mint a fémek vizsgálatában, és inkább a relaxáció jelenségével kell számolni. Végül részletesen kell foglalkozni ezekkel a módszerekkel azért is, mert a faanyagvizsgálat területén meglehetősen ismeretlenek és eddig nagyon kevés eredményt szolgáltatottak. E helyettesítő anyagoknál - melyekről később lesz szó - már több ilyen eredmény ismeretes, azonban általánosságban elmondható, hogy a faanyag dinamikus hatásokkal szembeni ellenállását

eddig csak a gyakorlati tapasztalatok alapján becsülték és nagyon kevés objektíven értékelhető adat áll még rendelkezésre.

A csillapítás ideje:

$$t = f(m E_d P_d)$$

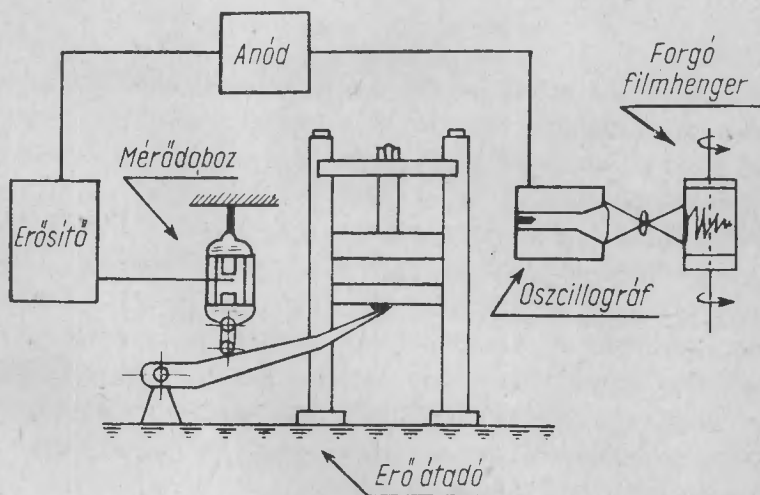
függvény alakjában írható fel, ahol

$m$  = a vizsgált test tömege,

$E_d$  = a dinamikus rugalmassági tényező,

$P_d$  = a dinamikus erő.

A függvénykapcsolat meghatározása azonban nem könnyű feladat. Általában pillanatnyi erőhatásnak kitett elemekben ébredő pillanatnyi feszültségeket is a feszültség-alakváltozás, diagram segítségével határozzák meg. Itt a legfőbb probléma az alakváltozás meghatározása, mivel az egész folyamat a másodperc 1/1000 részéig tart. Ilyen rövid idő alatt csak elektronikus eszközökkel lehet célt érni. A 9. ábra egy erre a célra szolgáló katódsugaras berendezés vázlatát mutatja, amelynél az alakváltozással arányos elektromos feszültséget egy piezoelektromos kvarclemez hozza létre. A keletkezett kicsi elektromos feszültséget erősítik, majd az oszcillográfra viszik, amelynek ernyőjé-

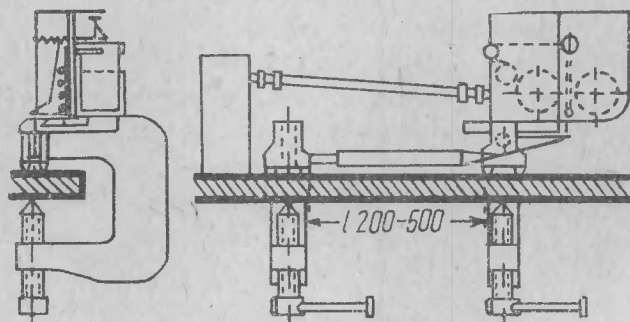


9. ábra

ről a keletkező pontsorozatot stroboszkopikusan megvilágított forgó filmhengerre vetítik rá. Az így kapott görbe arányos a vizsgált anyag dinamikus feszültség alakváltozási diagramjával. A berendezés éles, meglehetősen pontos képét adja a keresett alakváltozási görbének.

2.232.1. Mechanikai vizsgálóberendezések. Ezek a berendezések az előzőekben már említett mérőbázis elvén működnek. A gyorsan változó igénybevételeknek megfelelően az alakváltozás is változtatja előjelét, melynek regisztrálása a feladat. Ezt azonban csak akkor lehet megoldani, ha a mérőberendezés összrezgés-száma legalább négyszerese a vizsgált tárgyénak.

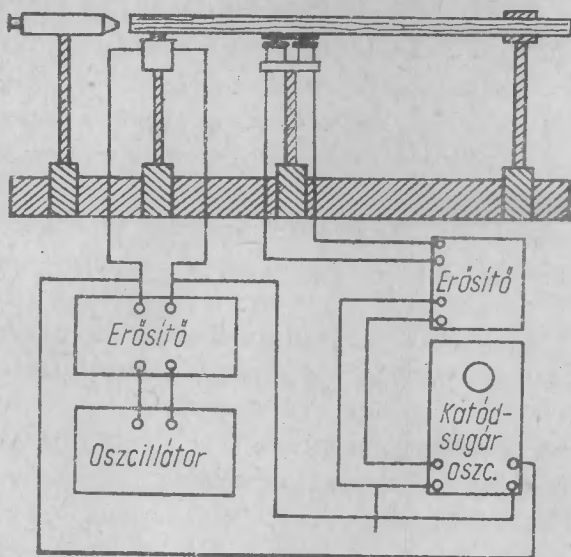
A sokféle berendezés közül egyet a 10. ábra közöl, melyet nagyobb szerkezeti elemekre lehet felszerelni.



10. ábra

Vannak olyan műszerek is, amelyek az alakváltozásokat optikai úton nagyítják és fényérzékeny papírra rögzítik. Ezek meglehetősen komplikáltak és nagy tömegű mérésnél nem használhatók.

Általánosságban a rezgésvizsgáló mechanikus berendezések faanyagvizsgálatára kevésbé alkalmasak, mivel a mérőbázis rögzítése a fa erős összenyomhatósága miatt problémát okoz, és a rezgés következtében a bázishossz megváltozik. Ezért a faiparban az a néhány eredmény főleg elektromos vizsgálóberendezések alkalmazásával jött létre. Az alábbiakban ismertetett berendezést az angol "Forest Products" laboratórium használta és segítségével különböző faanyagok dinamikai rugalmasságát állapították meg. A berendezés vázlatát lásd a 11. ábrán.



11. ábra

A vizsgálat során a rezgésszámból ismeretes képletet alkalmazták, mely szerint

$$E_b = \frac{16 \pi^2 l^3}{bh^3 T_E} \left( \frac{M}{1-9k^2/4 l^2} + \frac{33 M_0}{140} \right)$$

A képletben szereplő

$T_E$  - a rugalmas rezgés periódusa,

$M$  - a rezgő tömeg,

$M_0$  - a berendezés tömege,

$k$  - a rezgő tárgy súlypontjának rádusza a rezgés központjától,

$b$  - a próbatest szélessége,

$h$  - a próbatest magassága,

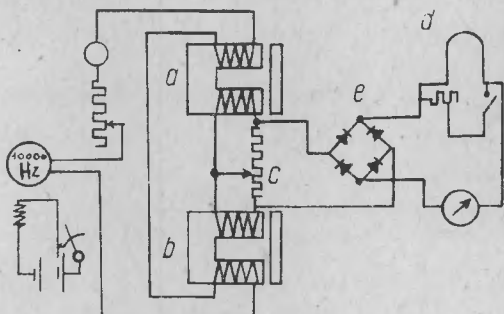
$l$  - a próbatest hossza.

A kapott eredmények azonban eléggé bizonytalanok, amennyiben a számított és mért eredmények nem mindig egyeznek.



2.232.2. Elektromos rezgésvizsgáló berendezések. A rezgések jellege a legjobban az elektromos rezgőkör analógiájával fejezhető ki. Ezért terjedt el a rezgések elektromos jellé alakítása. Ennek egyik formája az elektromosan vezérelt rezgőgyűrű, amely a rezgést kelti és hasonló felvevőgyűrű alkalmazása, amely az alakváltozásokat a benne létrejövő elektromos ellenállásváltozás formájában jelzi. A kapcsolás hasonló a statikus nyulásmérőnél már ismertetettel, tudomásunk szerint azonban nem alkalmazták, és így a belőle nyerhető eredmények teljesen ismeretlenek. Az alábbiakban ismertetett elektromágneses rezgéskeltő- és vizsgálógép hasonlóképpen eddig csak a fémek vizsgálatában nyert alkalmazást.

Általában a faanyag dinamikai viselkedésének vizsgálata eléggé elhanyagolt területnek mondható, bár fontossága éppen a fa nagymértékű rugalmassága miatt kézenfekvő.



A 12. ábra elektromágneses rezgésberendezés vázlatát mutatja, amelyet a fára szerelt vaslapokkal faanyag vizsgálatára is alkalmassá lehet tenni.

12. ábra

### 2.3. Konkrétan alkalmazható módszerek meghatározása

A fémipar, de a fa tudományos kutatása is eléggé elmaradt a modern fém- és műanyagipar mögött, ami az alapanyag ismeretét illeti. Ez érthető, ha a bevezetőben részletezett nehézségekre gondolunk. Így a faanyag roncsolásmentes vizsgálatára csak néhány olyan módszer adódik, amelyet eredményesen fel lehet használni. Az irodalmi adatok is ezt mutatják.

Néhány elvileg és gyakorlatban is bevált módszer azonban felhasználható különböző kutatási területeken.

Így elsőknek a térfogatsúly és nedvességtartalom kombinált mérésére alkalmazható műszer tervezése javasolható. Az erre vo-

natkozó kezdeti lépések már megtörténtek és a forgácslapoknál szerzett tapasztalatok már rendelkezésre állnak a további fejlesztés számára.

A második, az elektromechanikus rezgés és tartósságvizsgáló berendezés, amelyre vonatkozóan már bizonyos adatokat, az irodalom is közöl. A 12. ábrán vázolt berendezés elektromechanikai és egyéb mérés technikai szempontból nem okoz problémát, megtervezése ezért javasolható. Az egyedüli szempont, amely ennek ellentmond, hogy ez a módszer nem nevezhető százszázalékosan roncsolásmentesnek, mivel egyelőre csak próbatestekkel oldható meg, és az anyagot bizonyos mértékig kifárasztja. Az ezzel kapcsolatos összefüggések azonban iránytmutatnak a módszer tökéletesítésére és más, eddig igen nehezen meghatározható tulajdonságok kutatásának lehetőségére.

### 3. A fahelyettesítő anyagok vizsgálatának lehetőségei

A fahelyettesítő anyagoknál egészen más szemléletet kell kialakítani az anyag vizsgálatára vonatkozóan. Ezek az anyagok ugyanis nem természetes úton jöttek létre, hanem már emberi beavatkozással a fa anyagának felhasználásával váltak használati értéket képviselő nyersanyaggá. Így természetesen - bár még mint alapanyagok kezelhetők - bizonyos befektetett többletmunkát tartalmaznak, ami azt jelenti, hogy nyersanyag értékük is magasabb. Az ilyen anyagok csak akkor használhatók fel gazdaságosan, ha egyúttal használati értékük is magasabb a természetes nyersanyagnál. Egyes helyeken ezt már el tudtuk érni, viszont sok helyen még mindig gazdaságtalan a felhasználásuk az előzetesen befektetett munka miatt. A helyettesítő anyagok használati értékének növelése műszaki és egyéb tulajdonságok teljes ismeretében lehetséges csak. És mivel már az előzőekben említett nyersanyagképző többletmunka minden egyes darab nyersanyag értékét növeli az egyes tulajdonságok megállapítását lehetőség szerint úgy kell elvégezni, hogy az anyagot ne tegyük vele tönkre, azaz ne semmisítsük meg a már befektetett munkát. Ezért van fokozottabb jelentőségük a roncsolásmentes vizsgálatoknak a helyettesítő anyagoknál. A kérdés másik része hasonló alapelveken nyugszik. Minél

kevesebb selejtes anyagot állít elő az ipar, annál kisebb lesz az előállított anyag önköltsége - a gyártási tényezők azonossága mellett -, és nagyobb lesz a termék használati értéke. Ezért a másik cél az, hogy már gyártás közben a technológiát is az alapanyagot úgy kézben lehessen tartani, hogy a keletkező selejt a legkisebb legyen. A gyártásközi ellenőrzésben szintén komoly feladatuk van a roncsolásmentes vizsgálatoknak, bár itt nem a roncsolásmentességen van a hangsúly, hanem az ezekkel a módszerekkel járó gyorsaságon. Lényegileg tehát a továbbiakban két dologról kell beszélni. Az első a gyártásközi ellenőrzés, a második a késztermék ellenőrzése, ill. anyagvizsgálata.

### 3.1. A gyártásközi ellenőrzés vizsgálati módszerei

Ez a rész lényegében nem anyagvizsgálat, hanem előre adott paraméterek ellenőrzése. Mégis szükséges néhány dolgot részletesebben vizsgálat tárgyává tenni. Ezek ui. hatással vannak a készanyag vizsgálandó jellemzőire is, melyeknek előre beállíthatósága nagyban megkönnyíti a később sorra kerülő késztermék vizsgálatát is. Ezenkívül ebben a részben általánosabban ismert eljárások szerepelnek, melyeknek a részletes ismertetése nem cél, ellenben fontosságukra és alkalmazási lehetőségeikre szükséges felhívni a figyelmet. Példaként fel lehet hozni a farostlemez gyártás technológiájában a rostosított elegy szintjének szabályozására szolgáló berendezést. Ez korántsem az anyag tulajdonságait méri, mégis itt kell megemlíteni, mivel a gyártásnak szerves részét képezi és nem független az anyagtól. Legkorszerűbb módja az izotópos regisztráló és szabályozó berendezés. Másik példaként a forgácslap gyártásban a bekeverésre kerülő forgács nedvességtartalmának mérése szolgálhat. A nedvességmérésnek egyébként is főleg a roncsolásmentes módszereit alkalmazzák, és itt nem is a forgácsok épsége a lényeges, hanem a nedvességtartalom folyamatos és gyors ellenőrzése. A nedvességtartalom állandó ellenőrzése kihat a gyártott lapok valamennyi jellemzőjére, ezért állandó szinten tartása fontos feladata a technológiának, és ennek megoldása csak gyors nedvességmérő eljárásokkal lehetséges. Az elektromos nedvességmérők alkalmazása egyre nagyobb tért hódít a helyettesítő anyagok gyártása és felhasználá-

sa körében. Sajnos e műszerek kezelése és alkalmazása igen nagy precizitást és szakértelmet követel, mert nem megfelelő használat esetén a kapott eredmények szórása nagyobb lesz, mint a gyártástechnológiában előírt legnagyobb megengedhető nedvesség-ingadozás. Ezenkívül legtöbbször érzékeny a hőmérséklet és a fafaj befolyására és ezeket üzemi viszonyok között mindenkor figyelembe venni nem nagyon lehet. A korszerű anyagvizsgálatban alkalmazott elektromágneses, vagy elektromos keresőberendezések a gyártás közben az idegen anyagok jelzésére is felhasználhatók. A hulladékfában vagy a rönkökben gyakran előforduló fémek, különösen vas, vagy acéldarabok eltávolításával még az aprítás előtt, az aprítógépek késeinek élettartamát nagymértékben meg lehet hosszabbítani. Erre más lehetőség nincs is, mint az elektromos vagy elektromágneses keresőberendezés beiktatása. Részben az anyag aprítása előtt, részben a keverés után a hideg, vagy meleg prés előtt. Az előkészített anyagban másjellegű szennyeződések is előfordulhatnak. Ezeket igen nehéz észrevenni, mivel elektromosan és mágnesesen rendszerint semlegesek.

Itt kerülhetnek alkalmazásra a kémiai izotópok, melyekkel az elhaladó anyag átkutatható, és egyúttal megállapítható a bekerülő anyag tömörségének eloszlása, valamint ellenőrizhető a szükséges vastagság, raganyag, mennyiség stb. anélkül, hogy a gyártás folyamatosságát a legcsekélyebb mértékben megzavarná a vizsgálatvétel. Az esetleges rendellenességek pedig azonnal észlelhetők, nem történik meg, hogy az egész prés anyagát selejtként kell kidobni, mert későn vették észre a technológiában valamilyen ok miatt beálló változást.

A fahelyettesítő anyagok gyártásánál tekintetbe kell venni még a fa mellett a felhasznált egyéb anyagok, pl. raganyag, töltőanyag, felületképző anyag stb. minőségének előzetes vizsgálatát, amely azonban már valóban kívül esik a roncsolásmentes anyagvizsgálat fogalomkörén.

### 3.2. A végtermék vizsgálatának módszerei

A gyártás befejezésével olyan anyag keletkezik, amely - mint már ennek a pontnak az elején részletesen tárgyaltuk - bizonyos többletértéket képvisel. Ennek az új anyagnak a roncsolás-

lásmentes minősítésében illetőleg minőségi jellemzőinek meghatározásában vagy adott előírások alapján történő ellenőrzésben játszik sokkal fontosabb szerepet a roncsolásmentesség. Jelenleg két külön úton próbálják a kérdést megoldani.

a) - A roncsolásmentesen könnyen megállapítható tulajdonságok és az egyéb jellemzők összefüggése alapján.

b) - A direkt keresett tulajdonság roncsolásmentes vizsgálatával.

Az első módszer előnyei közé tartozik, hogy nem igényel drága új műszereket és komplikált berendezéseket, nem szükséges műszakilag képzett anyagvizsgáló szakembereket állítani a gyártmány-ellenőrzési helyre és bárhol, bármikor alkalmazható.

Igen nagy hátránya azonban, hogy a megállapított összefüggések gyártmányonként változnak, azoknak újra történő megállapítása sok időbe kerül és a gyártmány bevezetésének kezdetén sok anyag roncsolásos vizsgálata is szükségessé válik. Ezenkívül adatai csak bizonyos határok között érvényesek, a korrelációs egyenletnek pedig - eltekintve attól, hogy a velük való számolás nehézkes és lassu - nem 100 %-os valószínűséggel, hanem ennél mindig valamivel alacsonyabb szinten állapíthatók csak meg.

A második módszer az, amelyik a tulajdonképpeni roncsolásmentes anyagvizsgálat modern eszközeit és eljárásait alkalmazza. Előnye, hogy a műszerek méréshatárain belül pontos eredményeket szolgáltat, gyorsan és számítás nélkül - vagy legalábbis minimális számítási munkával. Ezenkívül mindig a keresett tulajdonságot méri közvetlenül, legfeljebb valamilyen átalakított formában, amit azonban egyszer s mindenkorra pontos összefüggés alapján át lehet számítani. A kérdés jobb megértése érdekében a következő feladat szolgálhat példaként. Mérni kell valamilyen helyettesítőanyag, pl. farostlemez hajlítószilárdságát roncsolásmentesen. Az első módszert alkalmazva a következő lehetőségek vannak:

a) - Sok előzetes mérés alapján már irodalmilag ismert az összefüggés a térfogatsúly és a hajlítószilárdság értéke között.

b) - Hasonló korreláció áll fenn a vastagság és szilárdság között, azonos térfogatsúlynál.

A második módszer alapelvben különbözik ezektől. Itt is több variáns között lehet választani.

a) - Terhelés közben mérik pl. mechanikai nyulásmérővel az alakváltozás nagyságát és a Hook törvény értelmében a feszültség számítható.

b) - Optikai feszültségmérő bélyegeket alkalmaznak. Hátránya a második módszernek, hogy drága műszereket és berendezéseket igényel, ezeknek kezelését csak műszakilag jól képzett anyagvizsgáló szakemberekre lehet bízni, ami jelenleg még elég költségessé teszi alkalmazásukat. Az anyagvizsgálat fejlődése, valamint a helyettesítőanyagok gyártásában mutatkozó gyorsütemű fejlődés arra mutat, hogy mindinkább az azonnali eredményeket szolgáltatató műszeres roncsolásmentes vizsgálatok alkalmazása kerül előtérbe. Ezért a továbbiak folyamán csak ezekre a módszerekre térünk ki.

### 3.21. Méretellenőrzés

A méretellenőrzés problémája csak a teljesség kedvéért szerepel a vizsgálandó tulajdonságok között. A helyettesítőanyagok lapokban kerülnek gyártásra, és így a két hosszmeret, valamint a vastagsági méret minden további nélkül a szokásos módszerekkel roncsolásmentesen mérhető. Legfeljebb apróbb technikai nehézségek adódnak pl. a vastagság lapközépen történő mérésének a szükséges átfogási hossz miatt stb. Mindazonáltal az egyes darabok méretének a szokásos mérőeszközökkel történő mérése főleg vastagságmérést egy lapon csak korlátozott számban végeznek. Maximálisan 8 helyen. Főleg a farostlemezek gyártásánál fontos kérdés tekintettel arra, hogy a farostlemezek nemes célokra, pl. fényezett butorokra történő felhasználása esetében a vastagságban mutatkozó legkisebb eltérés is szembeszökő szépséghibához vezet. Ezeket a 0,2 - 0,3 mm nagyságrendű vastagságeltéréseket egy nagy táblán belül a szokásos módszerekkel ellenőrizni nem lehet.

Tehát felmerült egy folyamatosan működő, és a felület egészére kiterjedő gyors vastagságellenőrzési módszer szükségessége. Ezt a kérdést sikerrel oldották meg a nagy farostlemez előállító államokban (Svédországban, Finnországban) rádióaktív izotópok alkalmazása segítségével. Ismeretes valamely anyagon áthaladó bármilyen sugárzás intenzitásváltozásának egyenlete. A leg-

gyakrabban alkalmazott sugárzás esetében az elektronnyaláb intenzitásának csökkenése a következő egyenletből számítható:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

A képletben  $I_0$  és  $I$  a kezdeti és a gyengült intenzitás,  $\mu$  az un. abszorpciós koefficiens függ a fajtától, nedvességtől, és a lemez szerkezetétől, azonban egy adott technológia szigorú betartása mellett állandó jellegű. A koefficiens megfelelő hosszúságú mérésorozattal, tehát kellő megbízhatósággal lehet meghatározni. Ily módon egyetlen változó marad a rétegvastagság, ill. a lemez konkrét vastagsága. A képletből a vastagság számítható, vagy megfelelően szerkesztett műszerről közvetlenül leolvasható, sőt szükség szerint regisztrálható is. A mérés tetszőleges pontossággal végezhető és folyamatosan értékelhető, és lehetőséget ad az esetleg előforduló technológiai hiányosság azonnali korrigálására.

A rádióaktív izotópokkal történő vizsgálatok elterjedésének ma még több tényező szab gátat. Az egyik nehézség a vele dolgozók egészségének megvédése a mindenki előtt ismeretes sugárbántalmaktól. Az izotóplaboratórium építése költséges és emellett a mérések folyamatossága is nehezen oldható meg, miután a besugárzott lemezek egy ideig még maguk is sugárveszélyesek. Ezenkívül az izotóplaboratórium megfelelő felműszerezése igen sokba kerül és csak ott lehet ma még gazdaságos, ahol nagytömegű anyag pontos vizsgálata szükséges állandó jelleggel és másképp nem oldható meg.

Jelenleg ilyen berendezések még csak kevés helyen működnek, a szerzett tapasztalatok azonban az irodalmi közlések szerint igen jók, úgy hogy a közeljövőbeni elterjedésükre feltétlen számítani lehet.

### 3.22. Térfogatsúly, pórusterfogot, tömörség

A helyettesítőanyagok egyik alapvető tulajdonsága, hogy a természetes fánál homogénebb térfogatsúly eloszlásuk. Ez azonban csak a térfogatnak nagyobb egységére igaz, az egyes kisebb térfogatelemekben - amelyek a vastagság méretét nem haladják meg, komoly eltérések tapasztalhatók aszerint, hogy az illető



helyen véletlenül szükséges forgács, vagy rostszemcsék kerültek egymásra, vagy egymás mellé. Ezért ha egy lapból több próbadarabot vágnak ki, akkor a megadott térfogatsúlytól vagy pórustérfogattól elég keskeny szórási sávban kapunk eltérő értéket, ha feltételezzük a technológia helyességét. Ez a kis eltérés megengedhető, mivel semmilyen komolyabb hatással nincs az előállított anyagra. Tudjuk azonban, hogy a térfogatsúly nagyobb-méretű változása az összes fizikai és mechanikai tulajdonság megváltoztatásával jár. A hajlítószilárdság pl. intézeti mérések szerint (1200-nál több méréseredmény alapján) a következő korrelációs összefüggésben van a térfogatsullyal forgácslapoknál:

$$\bar{\sigma}_h = 0,6 \gamma - 170 \pm 30$$

Ugyanez az összefüggés farostlemezeknél a következőképpen alakul.

(Kumar V.B. szerint)

$$\bar{\sigma}_h = 1154,66 + 1695,174 \cdot \gamma$$

Egyes külföldi szerzők az összefüggést másodfokúnak találták. Intézeti mérések szerint a korreláció mindkét terméknel meghatározott térfogatsúly értékig lineáris, ezt követően pedig határozatlan alakú, egyes esetekben parabolikusan növekvő, más esetben csökkenő tendenciát mutat. A szokásos térfogatsúlyi értékeknél (forgácslapnál  $0,800 \text{ g/cm}^3$ -ig, farostlemezeknél kb.  $1100 \text{ g/cm}^3$ -ig) a lineáris összefüggés fogadható el. E fölött az érték fölött valószínűleg a rétegszerkezetben előálló változások miatt nem lehetett egyértelmű összefüggést találni. Mindenesetre a szórási sáv szélesedésének figyelmen kívül hagyásával a sok értékből számítható átlagok a korrelációs egyenes folytatásának közelébe esnek, azonban ez csak félbizonyíték, mivel kb. ugyanannyi a lefelétartó, mint a felfelétartó és a szélső értékek egymástól való távolsága már ésszerűen nem magyarázható az anyag tulajdonságának kisebb térfogategységben történő változásával. (A szórásnak ugyanis az alacsonyabb értékeknél ez az oka, mint arról már az előzőekben szó volt.)

A térfogatsúly és pórustérfogat függvénye a vastagsági méretváltozás nagysága is, mind a forgácslapoknál, mindpedig a farostlemezeknél, de a kenderpozdorjából készült lapoknál is. A vastagsági dagadás forgácslapoknál a térfogatsúly növekedésével regressziós korrelációban van, konkrét egyenletének meghatározása ezideig nem történt meg, vagy csak egyes adott termék esetében.

Mindez bizonyítja, hogy a térfogatsúly és az ezzel szoros összefüggésben levő pórustérfogat - a két jellemző sajnos eddig még nem volt egymástól elhatárolható - alakulása, illetve ellenőrzésük milyen lényeges a termékek fizikó-mechanikai tulajdonságai szempontjából. Éppen az a tény, hogy a felhasznált faanyag térfogatsúlyának változása azonos tömörítési tényező mellett is változtatja a készanyag térfogatsúlyát; teszi lehetetlenné a pórustérfogat meghatározását a mai módszerekkel. Ha ehhez még hozzávesszük a ragasztóanyag eloszlásának szórását, háromváltozós összefüggést kapunk, melynek csak egyik tagját, nevezetesen a készlap átlagos térfogatsúlyát tudjuk mérni.

A térfogatsúly pórustérfogat és tömörség összefüggését ugyancsak izotópos módszerrel lehet tanulmányozni. Az elektronnyaláb fékezési energiáját ugyanis főleg a faanyag és a rajta eloszló mügyantaréteg eloszlása határozza meg. Ilymódon egy-egy vizsgált sávon belül az anyag tömege együttesen számítható, ill. regisztrálható, amelyből egyértelműen következik a pórustérfogat és ezzel a tömörítés nagyságának eloszlása. Ha a tömeg abszorpciós koefficiens értékét több mérésorozattal rögzítik, adott gyártástechnológia esetén, akkor az intenzitás változásával bizonyos határok között meghatározható a tömegsűrűség értéke, és ezzel az anyag konkrét térfogatsúlya.

A térfogatsúly mérésének másik lehetősége folyamatosan elektronikus módszerekkel lehetséges. A konkrét műszer és mérési elv a B) pontban kerül részletes tárgyalásra. A térfogatsúly ebben az esetben a készlap kapacitásának változásából számítható. A módszer nehézsége abban áll, hogy a műfát alkotó elemek (forgács, farost, raganyag, víz, esetleg töltőanyag) mindegyikének más és más a kapacitásvisszonya, ezenkívül a mérésnél elkerülhetetlen a vastagsági változás miatt a fegyverzettávolság változása, vagy előre bizonyos tűrés beállítása miatt keletkező lég-

rés változása. Ezek a tényezők a készlap kapacitásának mérésében a későbbiekben részletesen tárgyalt szórásokat okoznak.

Harmadik módszerként, mely a pórústérfogat meghatározására alkalmas, az ultrahanggal történő vizsgálatot lehet megemlíteni. Az alapelv ugyanaz, mint az izotópos vizsgálatnál. A vizsgált test bizonyos energiát felvesz a vele közölt energiából. A csillapítási tényező az alábbi képletből számítható:

$$Q = 2 \pi W / \Delta W$$

A képletben

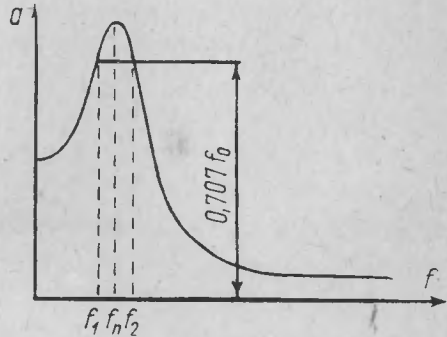
$Q$  = a csillapítás,

$W$  = a térfogategységenkénti teljes energia,

$\Delta W$  = a csillapító képesség, a rezgésenergiának az a része, amely a belső surlódás legyőzésére használódik fel.

A műszerrel indikált rezonancia görbe a 13. ábra szerint  $Q = f_n (f_2 - f_1)$  képletből is számítható.

A műszer által keltett rezgés ilyenformán állandó jelet ad, az  $f_2$  és  $f_1$  különbség változik az anyag tömörségétől függően. A módszernek a nehézsége abban rejlik, hogy a próbadarab vizsgálat közben szoros befogást követel, ami a méréseket hosszadalmassá és korlátozottá teszi. Emellett faanyagra vonatkozóan eddig még semmiféle adat nem áll rendelkezésre. Ez az előbbi-



13. ábra

vel szemben könnyen mérhető, azonban a hozzátartozó állandók meghatározása a faanyag és a fahelyettesítő anyagok anizotrópiája miatt rendkívül nehezen oldható meg úgy, hogy ezt a módszert faanyagnál még egyáltalán nem próbálták ki. Kísérletek fémeknél és betonnál folytak, de a kapott eredmények pontosságához itt is kétség fér.

### 3.23. Rugalmasság, szilárdság

A fahelyettesítő anyagok gyártása még nem rendelkezik olyan multtal, hogy ezeknek az anyagoknak valamennyi jellemző tulajdonságát tanulmányozhatták volna. A farost, forgács, kenderpozdorja, nád, szalma stb. alapanyagú lapoknál eddig a törési szilárdságot csak a klasszikus próbatest törése útján határozták meg. Irodalmi adatok roncsolásmentes vizsgálatokra nincsenek. A kérdés elvileg is nehéz, mivel általában ezeknél az anyagoknál az alakváltozás feszültség diagramm csak nagyobb hosszon érvényes, így a rendszerint rövid bázissal dolgozó mechanikai, vagy elektromos nyulásmérő eszközök nem használhatók fel közvetett feszültségmeghatározásra. A szilárdság vizsgálatokkal kapcsolatban inkább az összefüggések kidolgozására fektették eddig a súlyt. A szilárdsági értékek a legtöbb esetben lineáris vagy parabolikus összefüggésben vannak a térfogatsúllyal. A korrelációk pontossága, ill. összetartása azonban meglehetősen kicsi úgy, hogy ezek az egyenletek ma még nem alkalmasak a roncsolásmentes anyagvizsgálat alapjaként történő felhasználására. A nagy szórásnak főleg az az oka, hogy egyrészt az alakisági tényező változik, másrészt nem egyenletes a raganyageloszlás, a harmadik ok pedig a terítés folyamán fellépő egyenetlenség, ami miatt a tömörség és ezzel a térfogatsúly a kisebb térfogategységekben lényeges különbséget mutat.

Mindenesetre ezek az összefüggések irányértékek számítására, valamint tervezésében történő felhasználására már alkalmas értékeket szolgáltatnak. Hátrányuk az, hogy termékfajtánként és ezen belül technológiánként változik az összefüggések jellege.

Komoly nehézséget jelent a helyettesítőanyagok roncsolásmentes vizsgálatainak elképzelésénél az a tény, hogy lényegében nincsenek meghatározva még azok a főbb jellemzők sem, amelyeket vizsgálni kell.

Ezek országonként és szabványonként változnak, sokszor ötletszerűen, tekintet nélkül a tényleges igénybevételekre. Általánosan elfogadott jellemző egyedül a hajlítoszilárdság értéke. Egyes országokban a szakítoszilárdságot, vagy a keresztirányú húzószilárdságot is vizsgálják.

Ezek között az értékek között összefüggések állnak fenn, de ma még nincs egységesen kialakult álláspont arra vonatkozólag,

hogy melyiket kell iránymutatónak elfogadni. Így azután nem csoda, hogy a roncsolásmentes vizsgálatok területén még jóformán próbálkozásokkal sem találkozunk, mivel először azt kell eldönteni, hogy egyáltalán mi az, amit mérni kell és ellenőrizni célszerű. Ujabban egyes svéd kutatók a keménység és a mechanikai szilárdság között próbálnak összefüggést keresni, de általában úgy, hogy mindkettőt a térfogatsulyra vetítve veszik alapul, ami lehetővé tenné bizonyos határok között a várható szilárdsági értékek meghatározását, egyszerűen és viszonylag roncsolásmentesen, mivel a keménységvizsgálatnál az alkalmazott Brinell-golyó által okozott benyomódás még nem teszi tönkre az anyagot, bár csiszolt lapok esetében ez is számottevő roncsolást jelent, különösen ha több helyen végzik a vizsgálatot. Ennek a módszernek haladottabb formája acél-, vagy csontgolyónak a lemezeken való pattogtatása, amely bizonyos mértékig már a rugalmassággal függ inkább össze. A közölt csekélyebb energia felemésztésének sebességéből következtetnek az anyag rugalmasságára. Természetesen előzetesen ennél is meg kell határozni a valódi értékeket, miután ezekre az új anyagokra elméleti törvényeket még nem vezettek le. Mindössze egy-két próbálkozásról tudósít az irodalom, amely a fahelyettesítő anyagokat részben összenyomhatatlan, részben ideálrugalmas alapanyagokból összetettnek tételezi fel. Az ilyen módon elképzelt anyagra vonatkozó mechanikai törvények azonban rendkívül komplikáltak és alkalmazásuk egyelőre nem mozog a realitás talaján.

A rugalmasság megállapítása elvégezhető a szokásos statikus vizsgálattal is, lényegében anélkül, hogy a vizsgált darabot el kellene törni. Az anyag belső szerkezetében azonban némi változást okoz maga a vizsgálat, mivel csak többszöri megterhelés (alakváltozás) mérése útján állítható elő az alakváltozási görbe. Így pedig a vizsgálat végén a próbadarab nem mondható azonosnak, ill. azonos tulajdonságúnak a vizsgálat előtti próbadarabbal. Ez a módszer tehát csak fél roncsolásmentesnek nevezhető.

### 3.24. Nedvességgel összefüggő vizsgálatok

A helyettesítőanyagoknál a természetes fához hasonló nedvességtartalom befolyással van a mechanikai jellemzőkre. Ezért elsősorban a nedvességtartalom megállapítása fontos probléma.

Bár a préselés után történő pihentetés a nedvességtartalmat kiegyenliti, mégis lényeges, hogy ez a kiegyenlítődés már megtörtént, vagy még vannak eltérések, mert addig nem célszerű a többi tulajdonságokat meghatározni. A nedvességtartalom meghatározása kisebb darabokon elvégezhető kiszáritásos eljárással, roncsolás nélkül azonban az eljárás rendkívül hosszadalmas és körülményes. Ezért már régóta kísérleteznek a helyettesítőanyagok nedvességének műszeres mérésével. Konkrét eredményeket eddig csak forgácslapoknál sikerült elérni kapacitáselven működő nedvességmérő műszerrel, melyek kísérleti méréseit nálunk az elmúlt évben fejezte be a gépesítési osztály.

Elképzelhető a nedvességtartalom megállapítása rádióaktív izotópok segítségével is a következő módon.

Az elektronabszorpciók a tömeg és atomrendszám függvényében változnak a következők szerint. Bármely nedvességtartalom mellett

$$\frac{Z}{A} = K = \text{konstans. Ebből és a felületi sűrűségből } F = \frac{S}{g \cdot b} .$$

A nedvességtartalom:

$$u = K (C \cdot F - 1) \cdot 100$$

A tömegabszorpciós koefficiens meghatározása után már a felületi sűrűség változása az alapképletből

$$I = I_0 e^{-KF}$$

egyértelműen következik. A műszert természetesen már a nedvességtartalomnak megfelelően skálázzák úgy, hogy a mérés a sugárvédelemtől eltekintve egészen egyszerű és gyors.

A nedvességegyensúly megállapítása a relatív légnedvesség szabályozásának módszerével történik, amikor a vizsgálandó daraboknak a nedvességegyensúlyra vonatkozó összefüggése alapján határozzák meg a nedvességtartalmat. Ennek a módszernek ismét a hosszadalmas tárolási idő és a légnedvességi viszonyok változása a hátránya.

### 32.5. Dinamikai ellenállás, tartósság

A helyettesítőanyagok dinamikai ellenállását a természetes fához hasonlóan valamilyen külső rezgésenergia, vagy lökészerű

dinamikus erő hatásának mérésével lehet vizsgálni. A berendezések - amennyiben erre vonatkozó adatok rendelkezésre állnak - hasonlóak a természetes fánál alkalmazott berendezésekhez. Tulajdonképpen kimondottan roncsolásmentes eljárást csak a 2.23. pontban már tárgyalt ultrahang és rádióaktív izotópok alkalmazása jelent, mivel a többi mechanikus rezgést gerjesztő pulzátor, vagy ismételt igénybevételt előállító mechanikai nyomórendszer az anyagban belső elváltozásokat okoznak, amelyek már nem elhanyagolhatók.

Az ultrahangos vizsgálat is csak részben roncsolásmentes, mivel általában csak próbatesteken alkalmazható, nagyobb darabokon csak speciális soniscopokkal lehet vizsgálatokat végezni, azonban ilyen mérésekből az irodalomban adatok nem állnak rendelkezésre.

Ugyanezek vonatkoznak a tartóssági vizsgálatokra is, ha azok mechanikai tulajdonságokra vonatkoznak. Ezzel szemben a nedvesség, hő, elektromosság, mágnesesség hatásának tanulmányozása a szokott eszközökkel is roncsolásmentesen végezhető, mivel azoknál a vizsgálatoknál az anyaggal közölt energia rendszerint olyan kicsi, hogy a próbadarab szerkezetében semmiféle elváltozást nem okoz. Egyébként valamennyi dinamikai és tartóssági vizsgálatról elmondható, hogy még külföldön is csak próbálkozások folynak az egyszerű roncsolásos eljárások területén is, miután a helyettesítőanyagok szerkezetének ismerete még nincs olyan fokon, hogy valamilyen egyszerű roncsolásmentes, vagy akár roncsolásos eljárást lehetne bevezetni.

A legjobb példa a tartóssági és dinamikai vizsgálatok nehézségeire az a próbálkozás, melyet Hans Krech tett közzé a közelmúltban. Nevezetesen a forgácslapok tartós szilárdságát és fáradási határát vizsgálták. A kísérletekre jellemző, hogy összesen 3 mintaanyagból választottak próbadarabokat és az így kapott értékek szórása oly nagy, hogy alig lehet eldönteni, vajjon okai a forgácslapok tulajdonságaiban vagy a mérésekben keresendők. A statikus szilárdság vonatkozó alapjait is kerülő uton a rugalmassági modulus összefüggéséből kellett meghatározni, hogy az ebben mutatkozó szórás ne befolyásolja a további méréseket azzal, hogy nem ugyanazon próbatestekkel mérnek tovább, mint amelyeken a statikus vizsgálatot végezték. Az eredmények tanul-



ságosak és érdekesek, azonban maga a szerző jegyzi meg, hogy ezek a kezdeti lépések csupán és sokkal részletesebb és nagyobb méretű kísérletekre van szükség ahhoz, hogy az eredmények kellő biztonsággal legyenek kezelhetők. Alapadatonként a tervezési irányadatok azonban máris felhasználhatók.

Hasonló vizsgálatokat farostlemezekkel is végeztek Kollmann és Dossoudil. A farostlemezek minden tekintetben homogénebb eredményeket szolgáltatottak, s a fajlagos fáradási szilárdság is viszonylag magasabb értékeket adott, ami a szerző szerint a lemezek jobb filcelődésével és nagyobb térfogatsúlyával magyarázható.

### 3.3. Konkrétan alkalmazható módszerek kiválasztása és kidolgozása

Az eddigiekből és a felhasznált irodalomból egyaránt látszik, hogy a fahelyettesítő anyagoknál használatos roncsolásmentes vizsgálatok - bár a természetes faanyagoknál elért eredményeknél többet értek el - még nagyon kezdeti stádiumban vannak. Azok a módszerek is, amelyek már használatban vannak, többnyire a kísérletezés fokáig jutottak és nagy jelentőségű eredmény csak a közeljövőben várható. Meg kell jegyezni, hogy a legjobb eredményeket a legmodernebb izotópos vizsgálati módszerekkel értek el és az izotópos vastagságmérés és szintjelzés már nagyzemileg is alkalmazható. Az ehhez szükséges műszerek és berendezések azonban elég drágák és különben is műszaki szaktudást igényelnek.

A kutatásban felhasználható módszerek közül, mint az már a természetes fánál is említve volt, legcélszerűbben a mechanikai nyulásmérésben alapuló feszültségvizsgálatok bevezetése javasolható. A fahelyettesítő anyagoknál, különösen a farostlemezeknél és a kombinált lemezeknél lenne ez a módszer célravezető, mivel ezek az anyagok viselkednek a legeggyöntetűbben külső behatásokra. A módszer bevezetését és a vele történő kutatást az is indokolja, hogy még alig ismeretesek azok az összefüggések, amelyek a gyártástechnológia és a felhasználás körülményei, valamint a termékkel szemben támasztott műszaki követelmények között fennállnak, és ezeket csak úgy lehet felderíteni, ha a kérdéses mű-

szaki tulajdonságot olyan körülmények között lehet vizsgálni, hogy az egyes befolyásoló tényezők változtatása közben a vizsgált anyag nem megy tönkre, hanem egyidejűleg a befolyásoló tényezői is meghatározhatók. Csak a legegyszerűbb példával világítva meg a lehetőségeket, még ugyszólván teljesen tisztázatlan a fahelyettesítő anyagok rugalmasságának és szilárdságának változása a nedvesség hatására. A természetes faanyagnál alkalmazott átszámítási tényezők itt nem érvényesek és csak annyi ismeretes, hogy ezek az anyagok is hasonlóan viselkednek, mint a faanyag. Nincs megoldva a helyettesítőanyagok nedvességtartalmának megbízható műszeres nedvességmérése sem, ami az ilyen irányú kísérleteket lehetővé tenné, mivel ugyanakkor a térfogatsúly is közrejátszik, mint második független változó és egyiket sem lehet konstanssá tenni a fahelyettesítő anyagok alapvető jellegénél fogva.

Ezért van nagy jelentősége a későbbiekben ismertetésre kerülő térfogatsúly-nedvességmérő műszernek, mely ezt a két főváltozást képes egyidőben regisztrálni. A laboratóriumi kísérletek kedvező eredményeket mutattak, bár a műszer még további tökéletesítésre szorul. Elképzelhető tehát egy olyan további kutatás is, amely a térfogatsúly nedvességtartalom, szilárdság együttes változásának regisztrálása mellett még egy további befolyásoló (pl. a lemezzvastagság vagy gyantatartalom) tényező vizsgálatát lehetővé teszi, ami a mai tapasztalatok szerint igen nagy mértékben fejlesztési perspektivákat rejt magában.

A helyettesítőanyagok kutatásában ezek azok a módszerek, amelyek konkrétan javasolhatók. A felsorolt többi vizsgálati eljárás bevezetését jelenleg több tényező akadályozza. Az ultrahangos berendezések elve nem sok sikerrel biztosítanak a már említett okok miatt. Az elektromos, ill. elektronikus berendezések a térfogatsúly és nedvességtartalom kivételével még nincsenek kifejlesztve. A röntgensugaras, valamint a nukleáris sugárzással működő berendezések pedig csak hibakeresésre és vastagságellenőrzésre használhatók jelenleg. A különböző ilyen irányú kísérletek igen drágák és soká tart, míg konkrét eredmény születik. A következőkben a térfogatsúlymérő műszereket, próbaméréseit és a kapott eredményeket ismertetjük.

Szombathelyi forgácslapok 1961. első félévében  
végzett üzemi vizsgálatának értékelése

A térfogatsúlymérő alkalmazásának előfeltétele a technológiai adatok minél pontosabb ismerete. Az előzőekben fejtegetett befolyásoló tényezők csak az összefüggések ismeretében vehetők figyelembe. A műszer konkrét minőségellenőrzési feladatát pedig csak akkor töltötte be száz százalékig, ha egyrészt a térfogatsúly és a többi jellemző közti összefüggés, másrészt a technológiai adatok biztonságos meghatározásához egy félév teljes vizsgálati mennyiségét kell legalább feldolgozni. Egy-egy jellemző így napi három műszak figyelembevételével félévre kb. 130 napot számítva (esetenként adódó kiesések miatt)  $3 \times 130 = 390 - 400$  műszakonként 3 lap, tehát mintegy 1200 átlagos adattal határozható meg. Tekintettel arra, hogy a mérési adatok eloszlásának alapvető jellege 5-600 adatból már elég biztonsággal adódik, az 1200 adat az eloszlástípus meghatározásával a további számítások 99,73 %-os valószínűséggel való elvégzését teszi lehetővé.

A rendelkezésre álló adatok:

- I. Térfogatsúly - átlagos értékek laponként 10-15 próbatestből számítva; a minimumok és maximumok átlagos értékei.
- II. Hajlítószilárdság - mint a térfogatsúlynál.
- III. Huzószilárdság - mint a térfogatsúlynál.
- IV. Vastagsági dagadás - mint a térfogatsúlynál.
- V. Nedvességtartalmi értékek - a borító és középrétegre külön-külön.
- VI. A gyantatartalom %-os értéke - a borító és középrétegre külön-külön.
- VII. Forgácsvastagság - a borító és középrétegre külön-külön.

Az elképzelhető összes variációk mindegyikének figyelembevétele nem lehetséges már az adott tömeg nagysága miatt sem, ezenkívül a technológia nagyjából azonosnak is vezető, így csak az abból adódó variáns vizsgálata szükséges, amely így is két tényező összefüggésének redukálását teszi szükségessé.

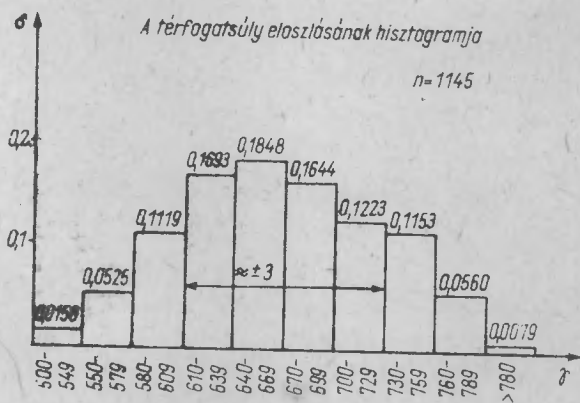
Mindenekelőtt meg kell állapítani:

1. a gyantafelhasználás hisztogramját,
2. a térfogatsúly hisztogramját,
3. a hajlítószilárdság hisztogramját.

Kiindulva az alapfeltevésből, hogy a térfogatsúly és a hajlítoszilárdság lineáris korrelációban vannak egymással, megállapítandó az összefüggés egyenlete. A befolyásoló tényezők közül a fedőrétegek gyantatartalmának növekedésével jelentkező szilárdság növekedését kell vizsgálat tárgyává tenni. Ezenkívül szükséges megvizsgálni a nedvességtartalom és a karcsusági tényező befolyásának nagyságrendjét, ill. megállapítani azokat a határokat, amelyek között a térfogatsúlyra és a szilárdsági értékekre gyakorolt hatásuk számításán kívül hagyhatók.

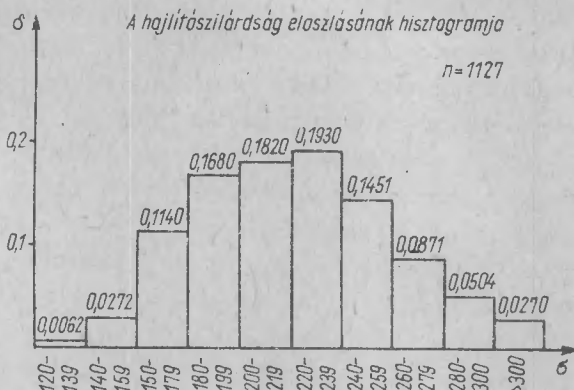
Tekintettel arra, hogy a hajlítoszilárdság értéke elsősorban a fedőrétegek szilárdságától függ, szükséges meghatározni a gyantatartalom %-os megoszlásának határértékeit a fedőrétegben. A másik tényező a forgácsalakisági szám. Miután a Klauditz képletben szereplő forgács-térfogatsúly és a forgácshosszuság a technológiában egyelőre csak nagyon kevésbé befolyásolható, a forgácsvastagság azonban jól szabályozható az aprítóberendezés megfelelő beállításával, meg kell vizsgálni a forgácsvastagság hatását, - constans gyantatartalom mellett - a húzószilárdsági értékekre. A húzószilárdságot ebben az esetben az a megfontolás indokolja, hogy a felső magrétegek filcelődéséből előálló kohéziós erők nagyságára a legjellemzőbb az anyag szakítószilárdsága.

Mindenekelőtt meg kell határozni a fedőforgács gyantatartalmának és a forgácsvastagságnak a hisztogramját, majd a gyantatartalom és hajlítoszilárdság közti összefüggést - a térfogatsúlynak, mint második változónak a figyelembevételével. Az üzemi lapok térfogatsúlyának és hajlítoszilárdságának eloszlását a 14. és 15. ábrák tartalmazzák.



14. ábra

Klauditz képlete szerint az opti-



15. ábra

mális értékekkel számolva a forgácsvastagság kb. 0,4 - 0,5 mm-re adódik. Ezt alapulvéve a lap  $1 \text{ cm}^3$ -ben mintegy  $50 \text{ cmm}^2$  ragasztási felület jelentkezik, a sikoldalra számítva. Ugyanakkor 15%-os átlag gyantatartalom mellett a kötőréteg vastagsága 0,03 mm, egyenletes gyantaeloszlást tételezve fel. Ez az érték

általánosságban megfelelő ragasztórétegnek mondható. A fedőréteg gyanta eloszlásdiagramjának százalékos megoszlása 11-15 % között váltakozik, ami azt jelenti, hogy ebben a tartományban a gyantatartalom változása nincs jelentős befolyással a szilárdsági értékek kialakulására.

A mérési eredmények értékelésében több nehézség merült fel. Az egyes műszakokban mért értékek ugyanis átlagosak, és így nem lehet az összetartozó értékpárokat megfelelően összeválogatni. Nagytömegű adat esetében azonban a legvalószínűbb értékeket az eloszlásdiagram szerint össze lehet párosítani és bár így az összefüggés megállapítása lehetséges, a változókat nem lehet különválasztani és a korreláció pontossága sem határozható meg. Az 1.sz. táblázat az eloszlásgörbék szerint csoportosított értékpárokat tartalmazza.

100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	$\sigma_2$
7	31	130	191	207	219	265	90	57	30		
18	60	128	194	211	188	140	132	64	9		
500	550	580	610	630	670	700	730	760	790	810	$\gamma$
5,5	7,0	8,0	10,0	11,5	13,0	14,5	16,0	17,5	19,0		$G_{y,t}$
11	18	47	83	101	141	143	125	57	15		



A legvalószínűbb értékek csoportosításából látszik, hogy a térfogatsúly és hajlítózsilárdság átlagos értékei a legnagyobb valószínűséggel összetartoznak, ezzel szemben a fedőforgács gyantatartalmának eloszlása kissé jobbratolódott, ami azt jelenti, hogy a magasabb gyantaszázalék csak mérsékelten mutatkozik a hajlítózsilárdság értékénél, vagy egyáltalán nincs rá befolyással.

A fedőforgács átlagos gyantatartalma a térfogatsúly és hajlítózsilárdság közelebbi összefüggését a 16. ábra jelzi. Világosan látszik, hogy a térfogatsúly növekedésével ( $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ ) a hajlítózsilárdsági értékek tendenciózusan emelkednek, míg a gyantatartalom változása a hajlítózsilárdság értékére egyáltalán nincs befolyással (visszintes szórások) természetesen a gyantaeloszlás megadott határán belül - az eloszlásdiagram 85 %-ának figyelembevételére alapján. Az átlag-gyantatartalom mellett a térfogatsúly és hajlítózsilárdság összefüggése a 17. ábra szerint  $\pm 25 \text{ kg/cm}^2$  megbízhatósággal határozható meg. Az összefüggés lineáris egyenlete grafikus kiegyenlítést alkalmazva a következő:

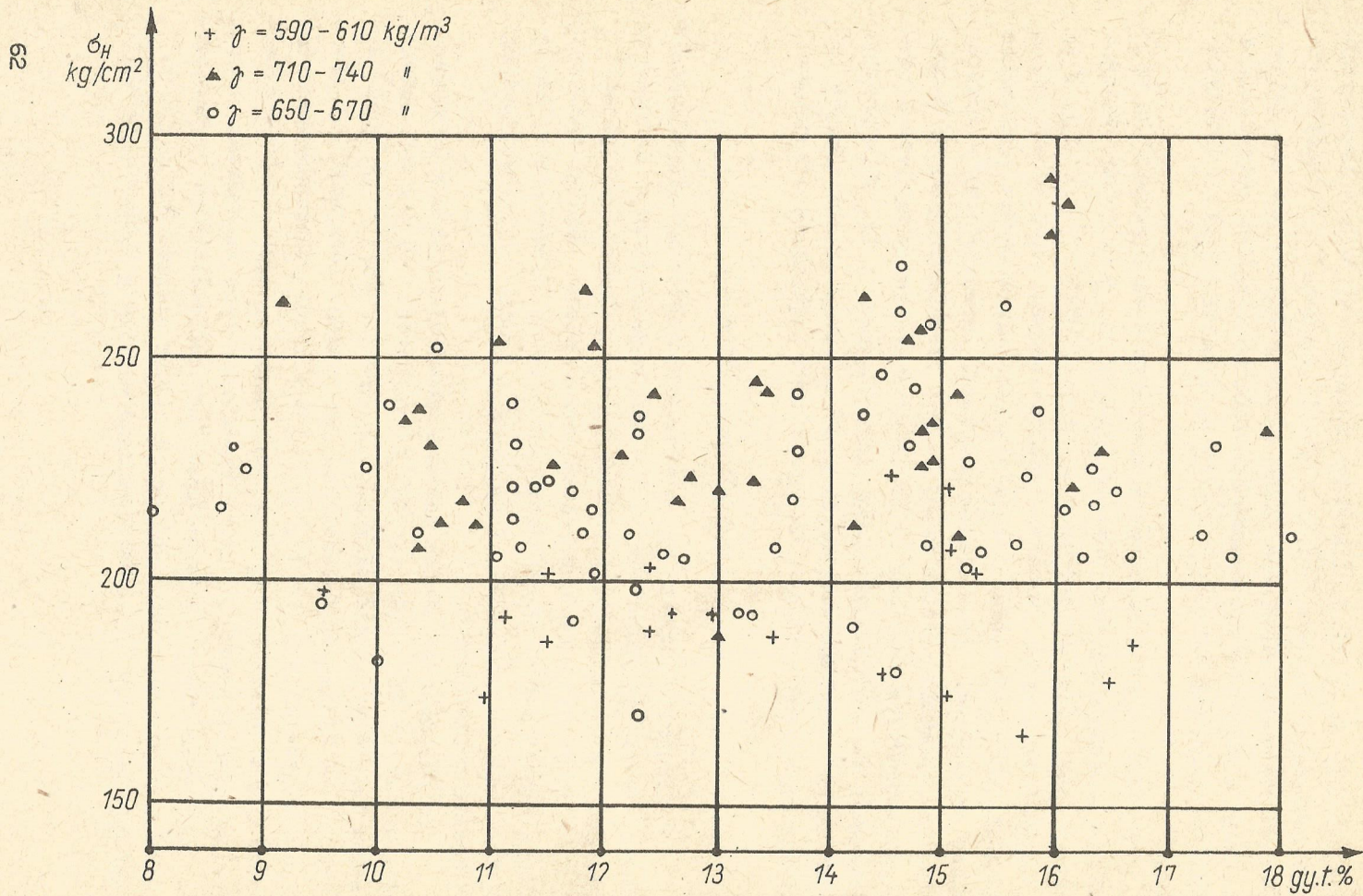
$$\bar{\sigma}_h = 0,636 \gamma - 196 \pm 25.$$

A forgácsvastagság és a szakítózsilárdság összefüggését üzemi adatok hiányában nem lehetett megállapítani, azonban ez feltehetőleg a hajlítózsilárdságra nincs jelentős befolyással.

A továbbiakban a térfogatsúlymérő műszer eddigi adatainak figyelembevételével megszerkeszthető az az ellenőrzősáv, amelyben a műszer a térfogatsúly és ezzel a lapok hajlítózsilárdsági értékeit meghatározza.

Az ellenőrzési sávhoz tartozó kapacitásértékek a labormérések szerint a 18. ábrán vannak feltüntetve. Az  $u = 8 \%$  nedvességtartalomhoz tartozó térfogatsúly értékek csak  $0,65 \text{ g/cm}^3$  érték felett állnak rendelkezésre. Az ábrán lerajzolt két sáv a nedvességtartalom  $6,5 - 8,5$  és  $1-3 \%$  közötti tartományában végzett mérési adatokat tartalmazza. Látható, hogy a nedvességtartalom csökkenésével a lapok kapacitásértéke is csökken, ha nem is nagy mértékben. A sávhatárok figyelembevételével meghatározható a műszer szórása. Az összes adatok szerint  $3\sigma = 2,1 \Delta C$ , amiből  $\sigma = 0,7 \Delta C$ . Ez általános esetben  $\pm 0,28 \gamma$  eltérést,





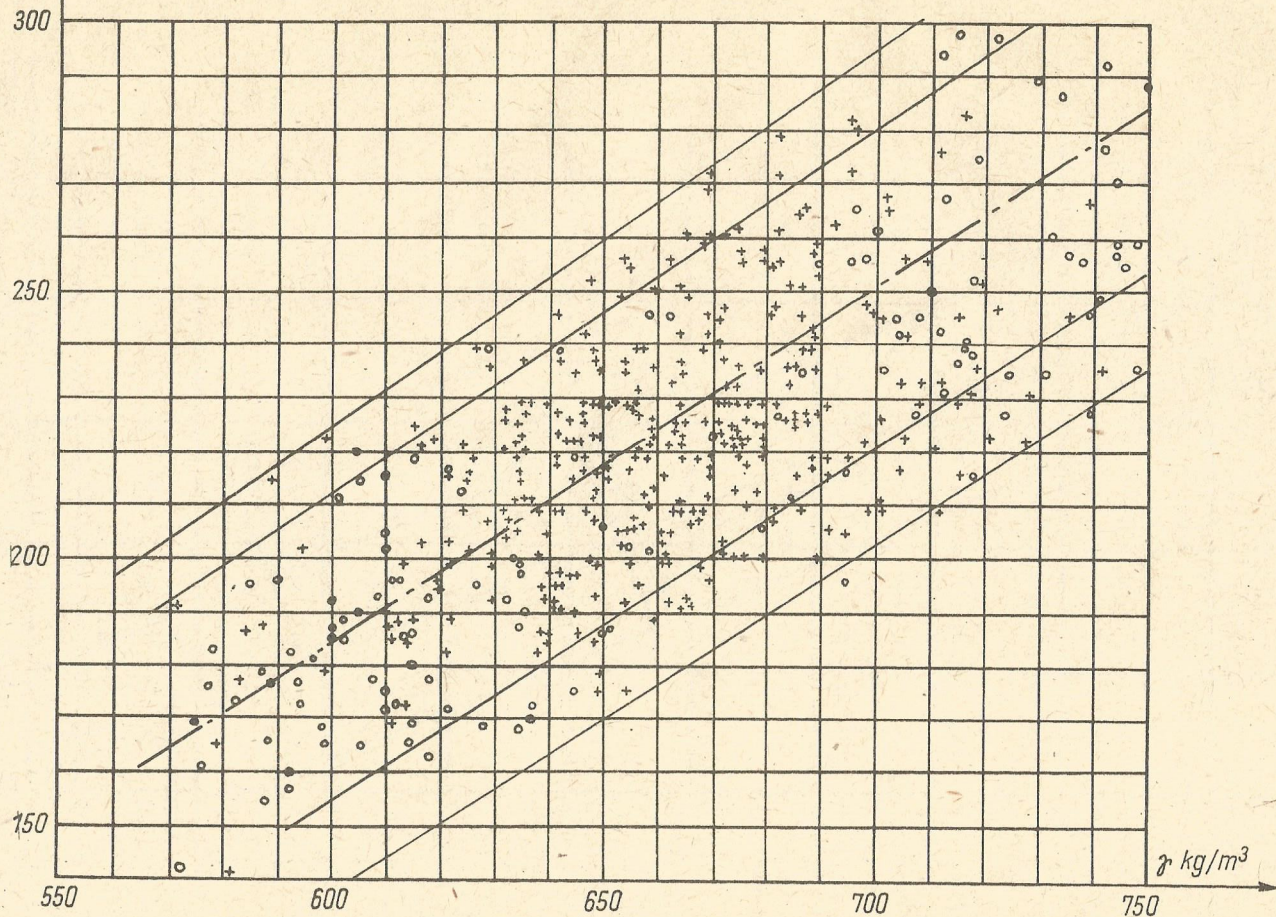
16. ábra



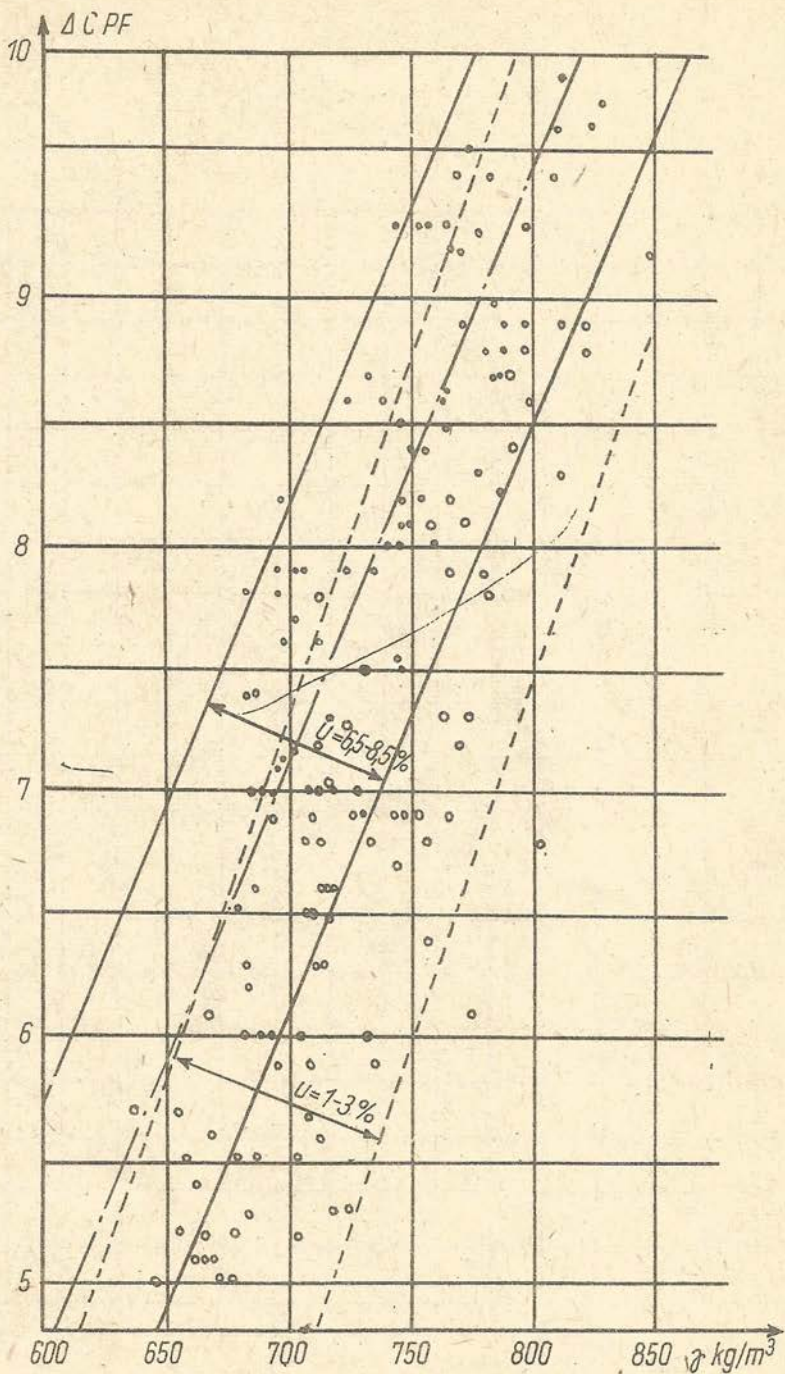
$\bar{\sigma}_h$  ↑ kg/cm<sup>2</sup>

A térfogatsúly és hajlításiárdság összefüggése

$\bar{\sigma}_h = 0,636 \gamma - 196 \pm 25$



17. ábra



18. ábra



34 %-os valószínűséggel és  $\pm 0,84$  eltérést 0,1 % valószínűséggel okozhat.

Ha ezeket az értékeket vesszük alapul, akkor a műszer indikálásának szóráseloszlása, valamint a lapok térfogatsúlyának tényleges eloszlása szerint meg lehet határozni az ellenőrzés biztonságának határait a 19. ábra "B" görbéjének  $\sigma$  és  $3\sigma$  határát rávetítve az "A" görbére kapjuk azt a két-két pontot, amelyek a méréstartomány 99,9 %-os, tehát biztos tartományát, illetve a mérés 66 %-os biztonságu tartományát fogják közre. Az eloszlásgörbék metszéspontjai alatt sraffozott területek egyébként igen szemléletesen ábrázolják a műszer hibájának hatását az ellenőrzési határok közelében.

Az ábra adatait az alábbiakból lehet meghatározni.

A térfogatsúly eloszlás diagramból:

$$500 < \gamma < 609, \quad f(\gamma_s) = (0,0158 + 0,0525 + 0,1119) 100 = \\ = 18,03 \%$$

$$500 < \gamma < 595, \quad f(\gamma_s) = 18,03 - 11,19 \cdot \frac{14}{29} = 12,63 \%$$

A műszer hibaeloszlásából

$$550 < \gamma < 592, \quad f(h_s) = 50 \%$$

$$550 < \gamma < 578, \quad f(h_s) = 0,66 \cdot 50 = 33 \%$$

A maximális hibás jelölés:

$$f(h_{\max}^{578}) = \frac{578}{550} = 12,63 \cdot 0,33 = 4,2 \%$$

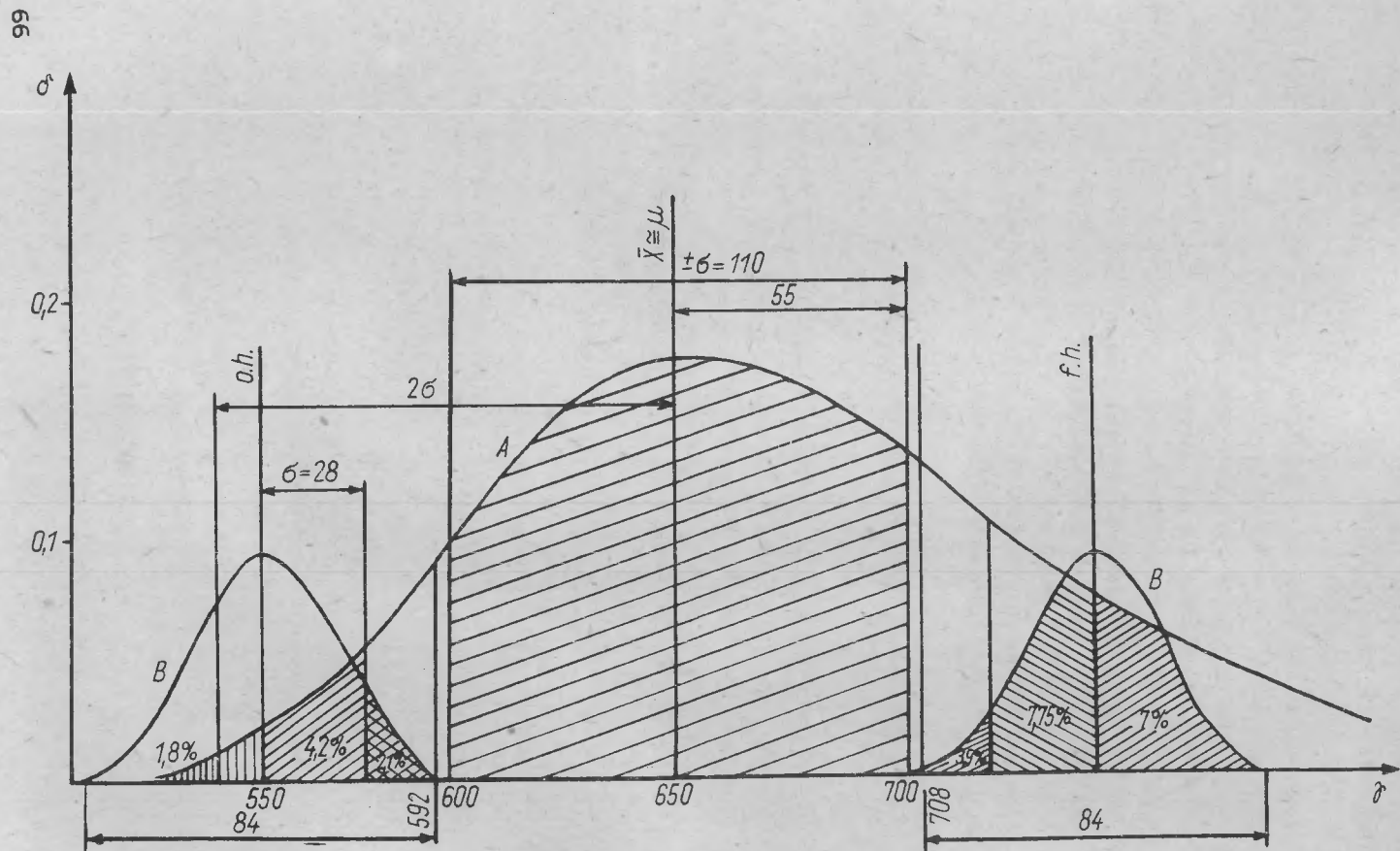
$$f(h_{\max}^{592}) = \frac{592}{578} = 12,63 \cdot (0,333 \cdot 0,5) = 2,1 \%$$

Hasonlóképp a másik oldalon

$$700 < \gamma < 780 \quad f(\gamma_s) = 30,15 \%$$

$$708 < \gamma < 750 \quad f(\gamma_s) = 23,5 \%$$

$$f(h_s) = 50 \cdot 0,33 \%$$



19. ábra

## Maximális hibás jelölés

$$f(h_{\max}) \frac{722}{708} = 23,5 \cdot (0,333 \cdot 0,5) = \underline{\underline{3,9\%}}$$

$$f(h_{\max}) \frac{750}{722} = 23,5 \quad (0,33) \quad = \underline{\underline{7,75\%}}$$

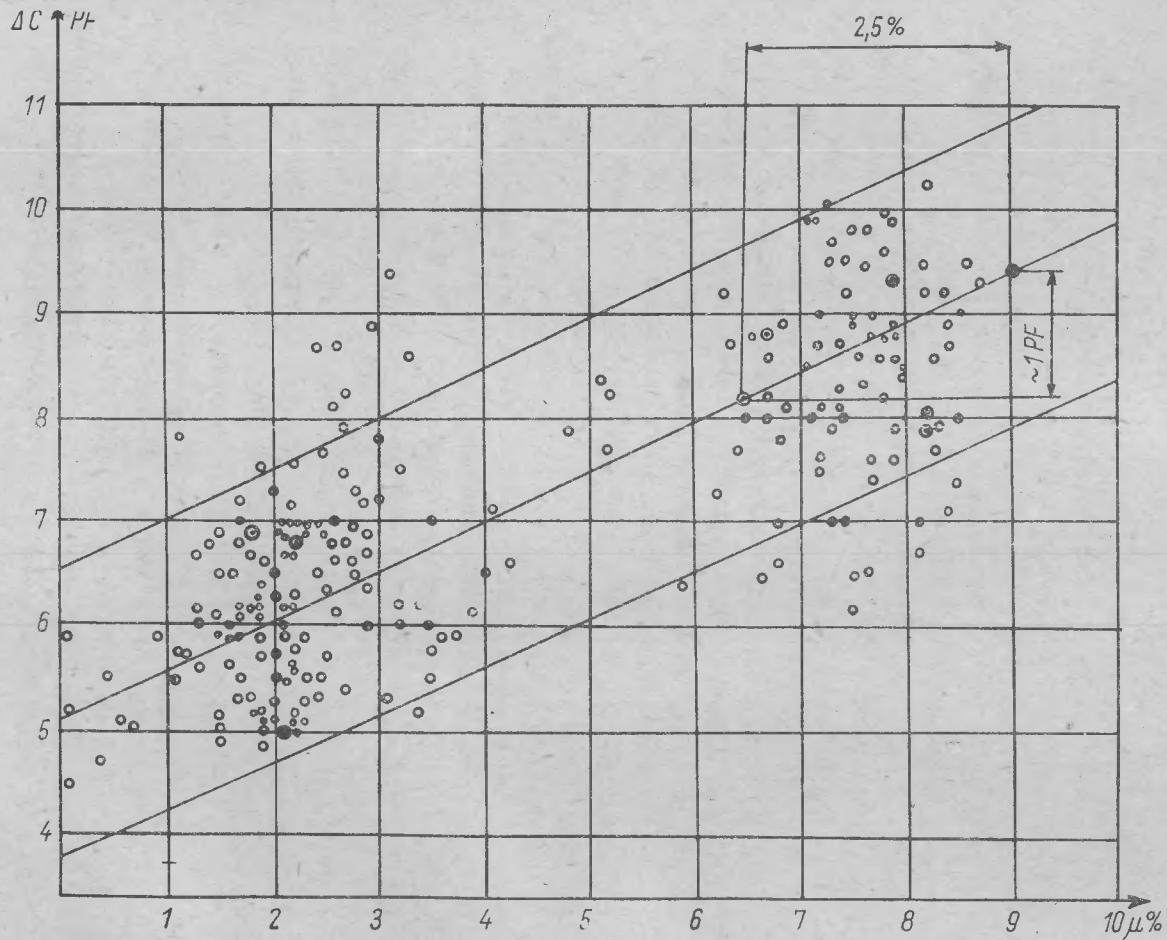
A leirt számok az összes megvizsgált lapok közül esetleg rosszul jelölt lapok %-arányát jelölik. Az esetlegesség valószínűsége az alsó határnál kisebb, mint a felső határnál, mivel a teljes eloszlási görbe nem szimmetrikus és a nagyobb térfogatsúly értékekhez magasabb valószínűségek tartoznak.

A műszer egyébként modellben pontatlanabb, mint végső kivitelezési formájában, és elvileg tetszés szerinti pontosság érhető el, természetesen eltekintve a lapon belüli kapacitásértékek - azonos térfogatsúly melletti - szórásától. Mindenesetre a folyamatosság és térfogatsúly ellenőrzésében visszahat a technológiára, és így az eloszlásdiagramm is meredekebbé válhat, ami viszont a hibásan jelzett darabok számát csökkenteni fogja. A műszer mai állapotában a lehetséges javítások nélkül is teljes biztonsággal alkalmazható a térfogatsúly 590 - 710 kg/m<sup>3</sup>-es tartományának ellenőrzésére.

A nedvességtartalom befolyását a 20. ábra közli. Az ábrából látható, hogy a nedvességtartalomban előálló 2,5 % változás 1 PF kapacitásváltozást okozhat. Ezzel az értékkel a nedvességmérés alapján a kapott eredmények korrigálhatók. Az üzemi adatok feldolgozása során ez az érték elegendőnek látszott a biztonságos beállításhoz, tekintettel arra, hogy a lapok nedvességtartalmában mutatkozó eltérés nem haladta meg a 2-25 %-os ingadozást egy-egy kiugró adat kivételével, mely a kísérleti anyag szállítása közbeni külső behatást tesz valószínűvé.

A 750 feletti és 550 alatti tartomány az ellenőrzési sávoh kívül esik és a jelenlegi eloszlás szerint kb. 11-12 % között van azoknak a lapoknak a száma - az egész ellenőrzött mennyiség-re vonatkozóan -, amelyek a tűrésmezőkön kívül esnek.

A műszer- és a jelölőberendezés terveit, illetve műszaki leírását a jelentés következő két része tartalmazza.



20. ábra

## ELEKTRONIKUS TÉRFOGAT-MÉRŐ FORGÁCSLAPOKHOZ

(Ruska László)

Az előző részben, a fahelyettesítő anyagok tárgyalásánál már hivatkozás történt az intézetben kidolgozott térfogatsulymérő műszerre, melynek részletes ismertetését az alábbiakban adjuk.

A mérés a gyártás folyamata közben történik úgy, hogy az alkalmas műveletet végrehajtó gépnél olyan érzékelő elemeket építünk be, amelyek segítségével az említett paraméter változása regisztrálható.

Ily módon az egész gyártmány laptérfogatát ellenőrizhetjük éspedig minden külön laboratóriumi művelet nélkül, roncsolásmentesen a regisztrált adatok értékelése útján.

Ezen túlmenően: ha az érzékelő által produkált jeleket egy alkalmas vevőegységbe vezetjük, és ennek kimenő oldalával az érzékelő mellé helyezett irómechanizmushoz csatlakozunk, akkor megoldottuk a kiértékelés, illetőleg az ellenőrzés automatizálását is.

A kérdés közelebbi vizsgálata céljából emeljük ki a forgácslap gyártás idevonatkozó utolsó műveleteit.

A préselt anyag a szélezőgéptől a csiszológéphez kerül, majd ezen áthaladva utolsó állomása a raktár. Ha a csiszolással egyidejűleg gondoskodunk arról, hogy a forgácslap előrehaladása közben egy megfelelően elrendezett kondenzátor lapjai között is átcsusszon, akkor az adott kondenzátor kapacitása - állandó nedvességtartalmat feltételezve - az elektródák között levő for-



gácslaprész pillanatnyi térfogatsúlyától függ. Egy - a minőségi követelményeknek megfelelő  $\gamma_1$  térfogatsúlyu (a tűrés alsó határa) anyagrészhez  $C_1$ , a  $\gamma_2$ -höz pedig (a tűrés felső határa)  $C_2$  kapacitás érték tartozik.

Ha az érzékelőelem produktuma ezen alsó és felső határértéken kívül esik, úgy ez azt jelenti, hogy a forgácslap térfogatsúly szerinti minőségi mutatója az előirt tűrésű sávól eltér.

Vezessük a kapacitásváltozás útján létrejövő elektromos jeleket egy alkalmas elektronikus erősítőbe, és annak utolsó elemével valamilyen írómechanizmust működtessünk. Ez utóbbi, amennyiben a csiszológépen áthaladó anyag térfogatsúlya kisebb, vagy nagyobb az előírtnál, úgy a lap hibás részeit megjelöli.

Az alábbiakban megvizsgáljuk kissé közelebről az ellenőrző elektrotechnikai és mechanikai felépítését.

### A folyamatos térfogatsúlymérés (ellenőrzés) elektromechanikai alapelvei

Mint már a bevezetőben említettük, a műfa térfogatsúly szerinti minőségellenőrzését kapacitív érzékelőrendszerrel kívánjuk megoldani.

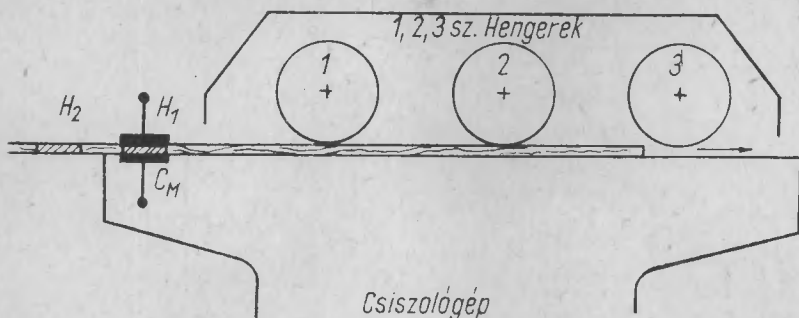
A kapacitív mérési eljárások elméletével már más helyen részletesen foglalkoztunk, így a kapacitás fogalmával kapcsolatos alapösszefüggések levezetését mellőzzük. A vonatkozó egyenleteket a fenti közleményre történő hivatkozással fogjuk megadni.

Vegyük mindjárt a klasszikus fizika kapacitásra vonatkozó legalapvetőbb összefüggését:

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (1)$$

Azaz: egymástól a  $d$  távolságra levő,  $A$  lapfelületekkel bezárt,  $\epsilon$  dielektrikummal kitöltött kondenzátor kapacitása a felület nagyságával és a dielektromos állandóval egyenesen, a távolsággal fordítottan arányos.

Amennyiben képletünkben  $d$  és  $A$  állandó értékek, akkor a mindenkori kapacitás  $\epsilon$ -nak függvénye. Ha tehát az érzékelőfej mérőkondenzátorát úgy képezzük ki, hogy annak elektródái a csi-



21. ábra

szológépen áthaladó lapot közrefogják (21. ábra:  $C_M$ ), akkor a mindenkori értéket a vizsgált műfa tulajdonsága határozza meg. Nevezetesen: ha az adott  $H_1$  helyen a nedvességtartalom  $U_{v1}$  és a térfogatsúly  $\gamma_1$ , akkor a mért kapacitásérték:

$$C_{M1} = K_1 \cdot \epsilon \cdot M_1$$

De ha az anyag előrehaladásával az elektródák  $H_2$  helyet takarják, és ott a nedvesség  $U_{v1}$ , a térfogatsúly pedig  $\gamma_2$ , akkor az így adódó kapacitás:

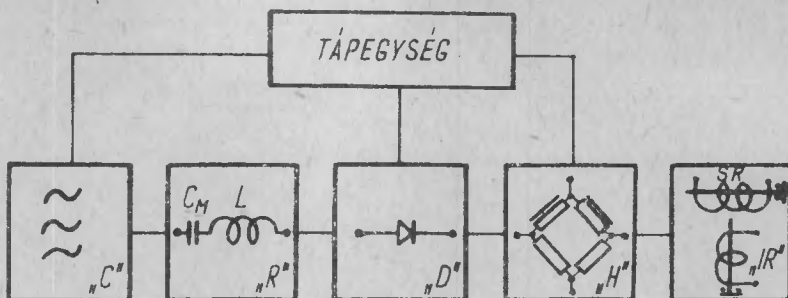
$$C_{M2} = K_2 \cdot \epsilon \cdot M_2$$

Ha  $C_{M1}$  és  $C_{M2}$  olyan térfogatsulynak felel meg, amely az előírt alsó és felső értékhatáron kívül esik, akkor az elektronikus berendezés a jelölő mechanizmust üzembe helyezi. Ennek kapcsán a hibás lap (laprés) színesvonalú jelet kap, amely mintegy figyelmeztet arra, hogy a megjelölt lapszakasz nem használható fel, vagy legalábbis gondosabb laboratóriumi vizsgálatokat igényel.

A további fejtegetések céljából vegyük fel az ellenőrző berendezés blokkvázlatot (22. ábra).

Innen a rendszer működése könnyen megérthető.

A G állandóáramú generátor a  $C_M$  mérőkondenzátorból és az L induktivitásból álló soros rezgőkörre táplál. A rajta eső feszültség a D egyenirányítóba kerül, majd innen a H hid be-



*Az elektronikus térfogatsúly-ellenőrző blokkvázlata*

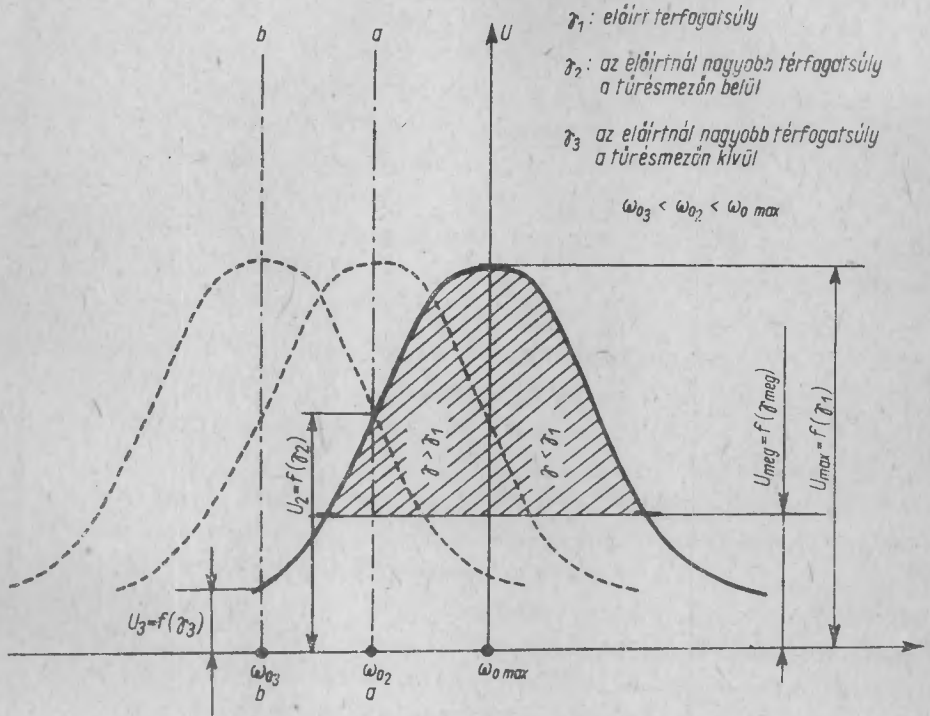
22. ábra

menőkapcsaira. A hid diagonálisa az SR vezérelé, amely kapcsaival az IR irórelét működteti. Ez utóbbi, mint később részletesen is látjuk, egy közösleges vasmagos tekercs, de vasmagja az ER irórelé kontaktimpulzusának hatására elmozdulást végez. Ezen elmozdulás következtében egy alkalmasan kiképzett fuvóka a hibás laprészre festékanyagot fecskendez. Ez a fecskendezési folyamat mindaddig tart, amíg az érzékelőelem által mért kapacitás-érték - illetőleg a vele arányos térfogatsúly - ismét a tűrésmezőn belülre nem kerül. Ekkor SR relé kontaktusai feloldódnak, mire IR irórelé vasmagja alapállásba jut.

Ha a térfogatsúly pontosan az előírt érték ( $650 \text{ kg/m}^3$ ) akkor a rezgőkörön maximális feszültség esik (rezonanciapont), vagyis a hid maximális egyenfeszültséget kap.

Ez utóbbi azonban úgy van beállítva, hogy a maximális bemenőjelre kimenőjel 0, tehát a relék mozgórészei alapállásban vannak. De ha a rezgőkör mérőkondenzátorának kapacitása megnövekszik - pl. azért, mert az elektródák között áthaladó laprész térfogatsúlya felemelkedik - akkor a rezgőkörön eső feszültség csökken (23. ábra), a hidegyensúly eltolódik, vagyis a diagonálison áram fog átfolyani. Ha ez az áram eléri a vezérelé működtető áramát (amikor  $\gamma > \gamma_1$ ) az behuz és az irórelét a már leírt módon hozza működésbe. A generátor frekvenciája állandó, így a rezonanciagörbe balra fog eltolódní a rezgőkörön eső feszültség az új rezonancia-középvonal (23. ábra: a-a szaggatott

vonal) és az eredeti rezonancia-görbe metszéspontjaként adódik (23. ábra:  $U_2$ ). Ha a rezgőkörön eső feszültség  $U_3$  értékre csökken le, ez azt jelenti, hogy a térfogatsúly a megengedettnél feljebb emelkedett. Az így adódó rezonanciagörbe középvonalát a 23. ábra b-b eredményvonalára szemlélteti.



23. ábra

A csökkenő térfogatsúly növekvő önfrekvenciát eredményez, de minthogy a rezonanciagörbe szimmetrikus, a feszültségértékek az előbb leírt értéktartományban maradnak.

Ha tehát valamely minőségi követelmények szerint előírjuk, hogy a térfogatsúlynak  $650 \text{ kg/m}^3$ -nek kell lennie,  $\pm 150 \text{ kg/m}^3$  tűréssel, akkor a rezgőköri elemeket úgy kell megválasztani, hogy a rezonanciapont a  $650 \text{ kg/m}^3$  térfogatsúlynak megfelelő kapacitásértéknél legyen, továbbá, hogy a  $\pm 150 \text{ kg/m}^3$ -nél nagyobb térfogatsúly-változás hatására a hid diagonálisában olyan feszültség lépjen fel, amely a vezérelét működésbe képes hozni.

Ez utóbbi követelmény a generátor és a hid méretezésére, illetőleg a relétípus kiválasztására ad támpontot.

A méretezési munkálatok lebonyolításához szükséges elsődleges feladat tehát annak a törvényszerűségnek feltárása, amely a forgácslap térfogatsulya, nedvességtartalma és az általa kitöltött kondenzátor kapacitása között teremt kapcsolatot.

Az idevonatkozó méréseket már 1960-ban elvégeztük és eredményeinket rögzítettük. Meg kell ugyan jegyeznünk, hogy a téma eredeti célkitűzése a forgácslap elektromos uton történő nedvesség mérése volt, második változóként a térfogatsúly szerepelt. Ez a tény azonban korántsem zárja ki annak a lehetőségét, hogy a mérőműszer kivitelezésére irányuló mérési elveket és tapasztalatokat felhasználjuk.

Összegezzük a kutatással kapcsolatos konkrétumokat.

1. A forgácslapkondenzátor kapacitása és alapanyag nedvességtartalma közötti összefüggés lineáris.

2. A  $C = f(U_V)$  egyenes meredeksége és ordinátametszése a térfogatsúly lineáris függvénye.

3. A lapanyag gyantatartalmának változása - azonos térfogatsúly mellett - értékelhető kapacitásváltozást nem okoz.

4. A lapanyag fafaj-összetevőinek változása - szintén azonos térfogatsúly feltételezésével - a mért kapacitásértékeket nem befolyásolja jelentősen.

5. A mérésadatok szórása  $\pm 0,8$  pF bizonytalanságot ad.

6. A mérőelektrodák optimális lapfelületei:  $A = 100 \text{ cm}^2$ .

7. A forgácslap kondenzátor nedvességtartalmának, térfogatsúlyának és kapacitásának leírására szolgáló kétváltozós függvénykapcsolat:

$$C = 12,95 + \gamma (9,4 \cdot 10^{-3} + 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot U_V) \quad (3)$$

8. A forgácslap nedvességtartalma - a technológiai előírások szigorú betartásával - jó közelítéssel állandó, értéke kb. 8 %. Ennek megfelelően a (3) egyenlet egyváltozós alakot ölt:

$$C = 12,95 + 1,54 \cdot 10^{-2} \gamma \quad (4)$$

Az elektronikus térfogatsúlyellenőrző elektronikus egységeinek kivitelezései, tervei

Térjünk vissza a 2. ábrához és vizsgáljuk meg közelebbről az ellenőrző elektronikus egységeit.

Mint már rámutattunk, a rendszer legfontosabb eleme a rezgőkör (R), amely mérőkondenzátort és indukciós tekercset foglal magában.

A mérőkondenzátor méreteit illetően elfogadtuk a tavalyi kutatómunkáknál alkalmazott elektródaelrendezést, eszerint:

$$A = 100 \times 100 \text{ mm}^2$$

A mérőkondenzátor mechanikai felépítésével, valamint a csiszológépen történő beépítés módjával ezen részjelentés későbbi fejezete foglalkozik.

$d = 22$  mm laptávolsággal számolva az "üres" kondenzátor kapacitása:

$$C_0 = 14 \text{ pF.}$$

Ez az érték nem az (1) képlet alapján számolt kapacitás, hanem mérésadat.

Az optimális térfogatsúlyu ( $650 \text{ kg/m}^3$ ) forgácslappal kitöltött kondenzátor kapacitása:

$$C_1 = 20 \text{ pF.}$$

Ezen kapacitásmértékről meg kell jegyeznünk, hogy több, egymáshoz közel eső nedvességtartalmú és térfogatsúlyu mért adatainak átlaga.

$$L = 2,5 \text{ mH} \quad (L_1)$$

induktivitással számolva a soros rezgőkör önfrekvenciája:

$$f_{01} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L(C_1 + C_x)}} \quad (2/a)$$

2/a képletben  $C_x$  a szórt kapacitás, amelyet 100 pF-dal veszünk figyelembe, azaz

$$f_{01} = \frac{1}{2\pi \sqrt{2,5 \cdot 10 \cdot (20 + 100) \cdot 10}} = 0,29 \text{ MHz}$$

Ahhoz, hogy a rezgőkörön maximális feszültség essék, kell, hogy a generátor is  $f_{01}$  frekvencián dolgozzon.

Hartley oszcillátor-típust alkalmazva a mindenkori frekvenciaértéket az

$$f = f_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{r_1}{R'_b}} \quad (5)$$

képletből számíthatjuk. Itt  $r_1$  az impedancia ohmos komponense,  $R'_b$  az elektroncső közepes belső ellenállása.  $r_1$  gyakorlatilag sokkal kisebb, mint  $R'_b$ , így az oszcillátor frekvenciája:

$$L_{osc} = 2,5 \text{ mH} \quad (L_2),$$

$$C_{osc} = 120 \text{ pF} \quad (C_2).$$

Ez utóbbiból 100 pF állandó kapacitás, 20 pF változtatható kivitelben (trimmer) az utánhangolások céljaira.

A választott elektroncső 1 db ECC 82 parallel kapcsolásban.

Az oszcillátor egyéb elemei

katóellenállás:

$$R_1 = 8 \text{ Kohm},$$

munkaellenállás:

$$R_2 = 500 \text{ ohm},$$

osztóellenállás (az optimális oszcillátor-teljesítmény beállítása):

$$R_3 = 8,5 \text{ Kohm},$$

szűrőegységek:

$$C_3 = 1 \text{ nF},$$

$$C_4 = 10 \text{ nF},$$



csatolókkondenzátor:

$$C_5 = 20 \text{ pF},$$

osztókkondenzátor:

$$C_6 = 5 \text{ nF}.$$

Az egész oszcillátoregység -  $R_3$  és  $C_4$  kivételével - külön árnyékolóserlegbe kerül.

Blockkvázlatunk értelmében az ellenőrző berendezés elektronikus részének következő eleme a nagyfrekvenciás egyenirányító (D), amely a rezgőkörrel betáplált váltófeszültséget a hidra detektálja. Az alkalmazott elektroncső: 6 AL 5, indulóáram kompenzációs kapcsolásban.

Munkaellenállások:

$$R_4 = 50 \text{ Mohm},$$

$$R_5 = 50 \text{ Mohm},$$

Fűtőáramkorlátozó:

$$R_6 = 5 \text{ ohm}.$$

A detektort - az oszcillátorhoz hasonlóan - külön egységben árnyékolni kell.

A Wheatstone-hid - mint a 2. ábrából is látható - két lineáris és két nem lineáris elemből épül fel. A lineáris elemek közönséges ohmos ellenállások, míg a nem lineárisok elektroncsövek.

1 db. ECC ikertriódát választva az

osztóellenállás:

$$R_7 = 2 \text{ Kohm},$$

katódejtők:

$$R_8 = 22 \text{ Kohm},$$

$$R_9 = 22 \text{ Kohm}.$$

A diagonálpotencióméter ( $R_{10}$ ) ohmikus értéke az SR vezérelé behuzóáramának és áramtartomány tehetetlenségének függvénye. Beállítása a műszer építéskor történik.

Rácslevezetők:

$$R_{11} = 50 \text{ Mohm},$$

$$R_{12} = 50 \text{ Mohm},$$

Szűrőegységek:

$$C_7 = 10 \text{ nF},$$

$$C_8 = 10 \text{ nF}.$$

Indikáló (M): 5 mA alapérzékenyséű depressmüszer, a diagonál-áramnak megfelelően söntölve, skálája lineáris osztásokkal ellátva.

A rendszer tápegysége transzformátort, egyenirányítót és stabilizátort tartalmaz.

Transzformátor:

$$140 \text{ mA},$$

$$2 \times 250 \text{ V},$$

$$1 \times 6,3 \text{ V},$$

$$1 \times 6,3 \text{ V},$$

$$110/220 \text{ V}.$$

Egyenirányítócső:

$$1 \text{ db EZ } 80.$$

Stabilizátorcső:

$$1 \text{ db STV } 280/40$$

Szűrőegységek és osztóellenállások:

$$C_9 = 16 \mu \text{ F},$$

$$C_{10} = 16 \mu \text{ F},$$

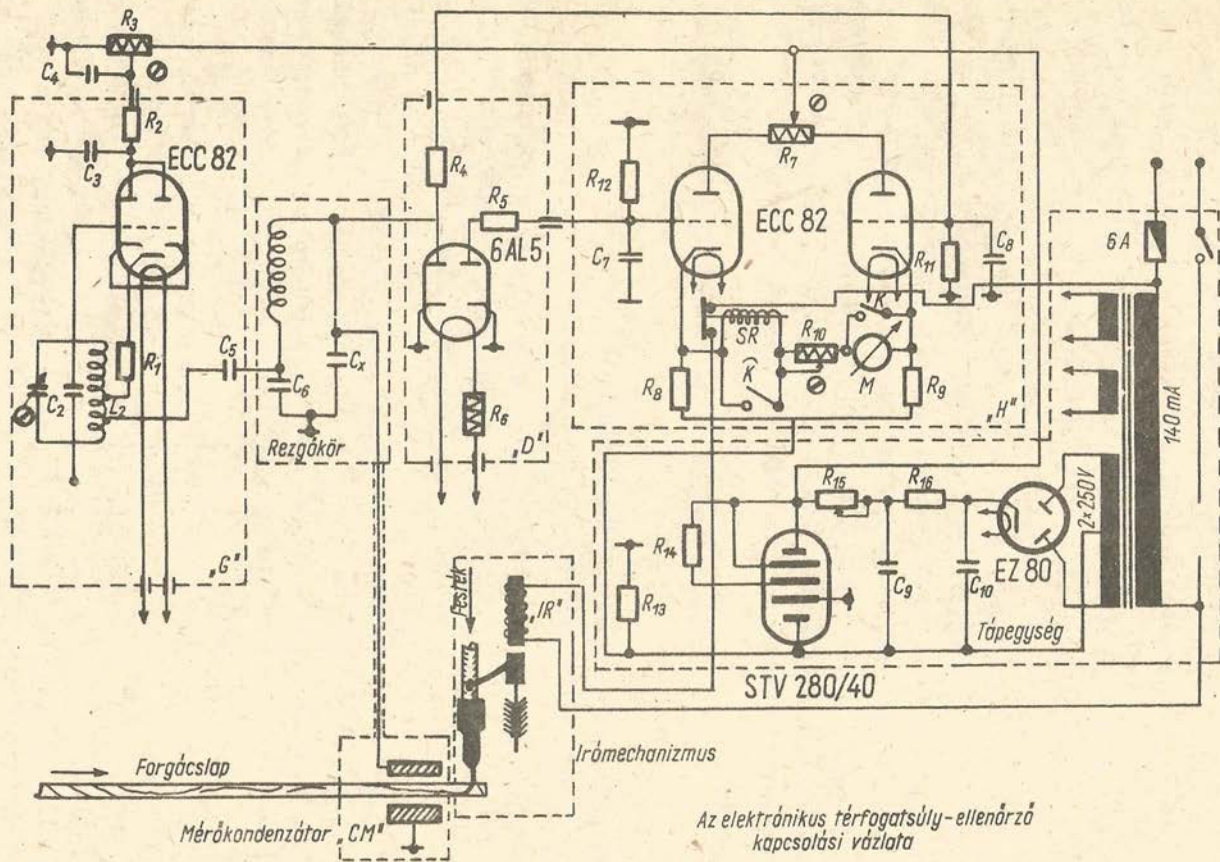
$$R_{15} = 1 \text{ Kohm},$$

$$R_{16} = 1,5 \text{ Kohm},$$

$$R_{13} = 50 \text{ Kohm},$$

$$R_{14} = 0,3 \text{ Kohm}.$$

Egyes elemek részleteit, ugyszintén azoknak egymáshoz való csatlakozását a 24. ábra, az elektronikus forgácslap térfogat-súly ellenőrző kapcsolási vázolata szemlélteti. Az ábrán látható betűjelölések megegyeznek a blokkvázlat betűjelzéseivel. Az elektronikus egységek (G, R, D, H, T) szaggatott vonalakkal vannak körülhatárolva.



24. ábra



A műszer hangoló és hitelesítő egységei:

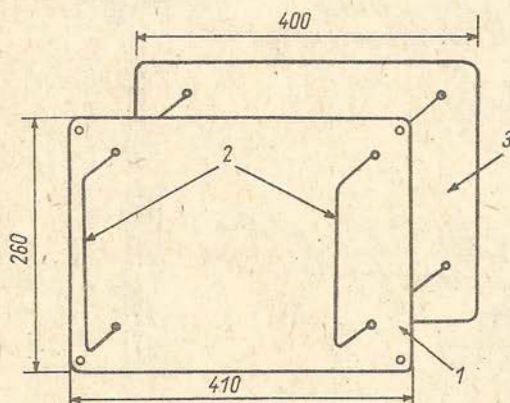
- $C_2$  : oszcillátorfrekvencia behangoló,
- $R_3$  : oszcillátorteljesítmény beállító,
- $R_7$  : csővoltmérő "0" beállító.

A kapcsolási rajzban feltüntettünk "R" kapcsolókat is, amelyeknek rendeltetése az, hogy amennyiben a mérőkondenzátor "üres", úgy az SR relé bemenő kapcsait és a depress-műszert rövidre zárják. Ennek kapcsán a vezérelé zárókontaktusai nyitva maradnak. Az IR irórelé tehát nem kap áramimpulzust, amely gyakorlatilag a fecskendező üzemkívüli állapotát vonja maga után. Mihelyt azonban a mérőkondenzátor lapjai közé anyag kerül, úgy az elektromos retesz feloldódik és amennyiben az ellenőrzött térfogatsúly a tűrésmezőn kívül esik, úgy IR vasmagja SR-től kapott impulzus hatására behúz és a fuvóka a hibás laprészsre festéket szór.

A jelölő mechanizmus részleteivel később foglalkozunk.

#### A térfogatsúlyellenőrző elektronikus részének szerelési terve

A méretezések során felsorolt alkatelemek a 25. ábrán látható (3) alumínium szerelőpanellra kerülnek, amely előtt az (1) mérőpanell helyezkedik el.



25. ábra

A két lemezt (2) fogantyus térköztartók tartják össze. (3) panellra kerülnek az elektroncsövek foglalatai, transzformátorok, szűrők, vezérelé és a rezgőköri elemek, míg az (1) panellon csupán az indikálóműszer és a hitelesítő egységek tengelyvégei helyezkednek el.

A huzalozás (3) lemez mögött történik - itt ke-

rülnek beforrasztásra az áramköri osztó- és ejtőegységek, valamint a szűrő és csatolókonkondenzátorok.

A környező levegő nedvesség- és porszennyeződésének a huzalozott térbe való bejutását hermetikusan záró fedődoboz felrögzítésével akadályozzuk meg. A melegedő alkatелеmek - elektromoscsövek, transzformátorok - a két panell között helyezkednek el, így a hőelvezetés állandóan biztosítva van.

A leírt módon megépített műszer egy 520 x 310 x 10 mm bakelitlemezre van besüllyesztve, amely utóbbi "U" alakúra hajtott szögvasak segítségével közvetlenül a csiszológéphez közeli falrészhez csatlakozik. A bakelitlap és a fal közötti teret perforált lemezekkel zárjuk. Ilyen módon a service igényeknek is eleget tettünk, hiszen a teljes műszer - a megfelelő rögzítőcsavarok oldásával - a bakelitlapból kiemelhető és a hiba gyorsan kiküszöbölhető.

Egyébként a műszerfalhoz csatlakozunk be a csiszológépen elhelyezett mérőfejből kilépő koaxiális- és normálkábelekkel is.

Megjegyezzük, hogy a fokozott stabilitási igényekre való tekintettel az egyenáramu stabilizálás mellett váltóáramut is alkalmazunk szórótranszformátor segítségével. Ez utóbbi a bakelitlapra lesz felszerelve és pedig annak fal felőli oldalán. Ugyancsak a bakelitlemezre építünk két 6 Amperos automatát is, amely a biztosítás mellett a műszer kétsarkos áramtalanítását is szolgálja.

AZ ELEKTRONIKUS TÉRFOGATSÚLY-ELLENŐRZŐ BERENDEZÉS  
KIVITELEZÉSÉNEK MECHANIKAI VONATKOZÁSÚ KÉRDÉSEI

(Vámos Róbert)

A fejezeteimben megjelölt kérdéseket az alábbi csoportosításban tárgyaljuk:

1. A mérőkondenzátort magában foglaló egység: a mérőfej kivitelezése.
2. A jelölőmechanizmus kivitelezése.
3. A mérőfej, valamint a jelölő mechanizmus elhelyezése és rögzítése.

1. A mérőfej kivitelezése

Az előző fejezetben tárgyaltaknak megfelelően, a mérőfej kivitelezésére vonatkozó elgondolások az alábbi alapadatokból kell, hogy kiinduljanak:

1. A mérőfej a hengercsiszológép etető oldalán nyer elhelyezést.
2. A mérőkondenzátor fegyverzeteinek mérete: 100 x 100 mm.
3. A fegyverzetek párhuzamos elrendezésűek.
4. Törekedni kell arra, hogy a fegyverzetek, valamint az általuk közrefogott anyag között jelentkező légrés a minimális legyen.
5. Biztosítani kell a felső (meleg) fegyverzet megfelelő szigeteltségét.

6. A felső fegyverzet felszerelését úgy kell megoldani, hogy az árnyékolás által okozott szórt kapacitás a minimális legyen.

A mérőfej kivitelezésére vonatkozó, a fentiek figyelembevételével kidolgozott javaslatunkat vázoltuk a 26.sz. ábrán, ahol:

1. Az alsó (hideg) fegyverzet, melyet egyes csiszológép típusoknál maga a gépasztal képezhet. Az ábrán kihangsúlyoztuk, hogy feltétlenül gondoskodni kell az alsó fegyverzet megbízható leföldeléséről.

2. A felső (meleg) fegyverzet. A fegyverzet kivitelezésénél elsősorban azt kell szem előtt tartanunk, hogy az kopásálló és ugyanakkor minimális ohmikus ellenállású legyen.

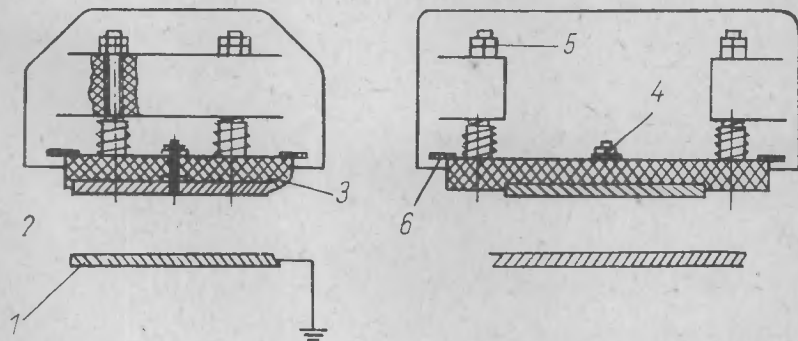
E feltételeknek legjobban mintegy 5-6 mm vastagságú, az alsó felületén keménykrómozott vörösrézlap felel meg.

3. Szigetelő (plexi vagy poliamid) lemez, amely egyuttal a vezetőcsapok rögzítését is szolgálja.

4. A fegyverzet kivitelezése, felső részén a koaxiális kábel sarujának befogását szolgáló leszorítóanyával.

5. A fegyverzet rugalmas elmozdulásának nagyságát szabályozó ütközők.

6. Porvédő gumiszalag.



26. ábra

A felső fegyverzet rugalmas (mintegy 1,5 - 2 mm-es elmozdulást megengedő) rögzítésével biztosítható az, hogy mérés közben a fegyverzet teljes felületével felfeküdjön az anyagra, függetlenül annak vastagsági szórásától.



## 2. A jelölőmechanizmus kivitelezése

A jelölőmechanizmus szerepe az, hogy mindazokat a forgácslapokat, melyek térfogatsúlya a megengedettnél nagyobb mértékben tér el az előírttól, a vezérelé kontaktimpulzusának hatására működésbe lépve, megjelölt.

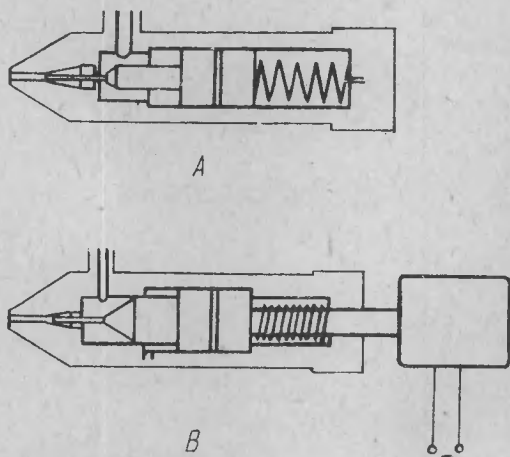
A lapok jelölése egyik oldalélükön, festőanyag felvitelével történik.

A forgácslapok élleinek fokozott mértékű nedvfelvő képessége vezetett - a kézenfekvő felvivőhengeres, illetve tárcsás mechanizmus helyett - a jelölő-festék felvitelének fuvókás megoldására, melynek alkalmazása több vonatkozásban, elsősorban üzembiztonság és helyigény szempontjából előnyösebb az előbbinél.

Miután az (egyszerű rekord-fecskendővel különböző belső átmérőjű fuvókák felhasználásával elvégzett) előkísérletek teljes mértékben igazolták az eljárás alapelvét, sor került annak részleteiben történő kidolgozására. Itt elsősorban a festékfelvivés vezérlése jelentett különösebb problémát, mivel a fuvókába csatlakozó nyomóvezeték útjában elhelyezett elektromágneses vezérlésű szelep alkalmazása a kérdés bár egyszerű, de ugyanakkor kevésbé üzembiztos megoldását jelentené. Számolnunk kell ugyanis

azzal, hogy a jelölések közötti időszakokban, tehát a folyadékáramlás huzamosabb szüneteléskor, a festőanyag beszáradása, valamint a csiszológép munkája közben keletkező por lerakódása a fuvóka eltömődésére vezethet. Ennek elkerülése céljából dolgoztuk ki a 27. ábrán vázolt megoldásokat.

Mindkét változat a fuvóka olyan kialakításán alapul, mely annak eltömődését egy - zárt állás-



27. ábra

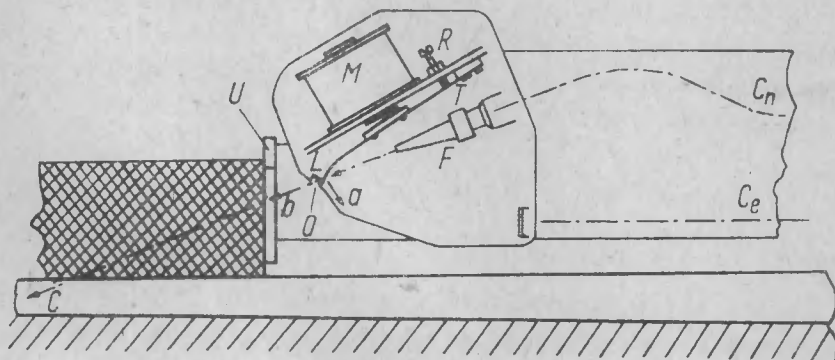
ban a furatot teljes hosszban kitöltő tü segítségével akadályozza meg.

Az első változat előnye, hogy a jelölőegység fejének méretét a minimálisra csökkentti, míg a második, a fuvóka és a szelep egyesítésével leegyszerűsíti a jelölőegység felépítését.

Bár mindkét változat célravezetőnek mutatkozik, a lefolytatott előkísérletek eredményei arra utalnak, hogy nem tekinthetők a kérdés optimális megoldásának. Bebizonyosodott ugyanis, hogy a festőanyag felvitele igen kis (0,1 mm-nél kisebb) belső átmérőjű fuvóka alkalmazásával, viszonylag alacsony folyadéknomás mellett is megoldható. Ilyen méretű furatátmérő azonban nagymértékben nehezíti a fuvókának az előzőekben közölték szerinti kivitelezését. Mivel a fuvóka belső átmérőjének a minimálisra való leszorítását számos tényező indokolja, szükségesnek találtuk a jelölőegység vezérlését újabb, könnyen kivitelezhető felépítésben kidolgozni. Az erre vonatkozó további elgondolások alapját az képezte, hogy a jelölőegység működését a fest(-folyadék betáplálásának szabályozása helyett célravezető - állandó folyadékrámlás mellett - a folyadéksugár irányának változtatásával vezérelni. Gyakorlatilag ez két uton valósítható meg:

1. A fuvóka pozíciójának íves vagy lineáris változtatásával.
2. A kiáramló folyadéksugár terelésével.

Mivel az utóbbi megoldás módot ad a vezérlés nagymértékű leegyszerűsítésére, kiindulásul szolgált a jelölőegység felépítésének végleges, részleteiben történő kidolgozásához, melynek eredményét a 28. ábrán rögzítettük.



28. ábra

A javasolt megoldás működési elve a következő: A jelölő folyadék (valamely festőanyag szemcsementes vizes oldata) a nyomócsövön ( $C_n$ ) át állandó nyomás alatt érkezik a fuvókába (F). Az előírásoknak megfelelő térfogatsúlyu forgácslapok mérésekor a fuvokából kiáramló folyadéksugár egy rugalmas terelőlemezbe (T) ütközik, s a jelölőegység fejének alsó részén kiképzett mélyedés felé irányul (a). Az itt összegyűlő festő-folyadék egy elvezetőcsövön ( $C_e$ ) át távozik. (Ez a festőanyag - szűrés után - újra felhasználható.)

Amennyiben a vezérelé zárja a jelölőfej felső részében elhelyezett kisteljesítményű elektromágnes (M) áramkörét, a terelőlemez felemelkedik s a jelölőfesték a fej homlokoldalán kiképzett nyíláson (O) át akadálytalanul jut el a jelölendő forgácslap élére (b).

Annak megelőzésére, hogy a jelölőfejbe por hatolhasson be, a terelőlemez egy elzáró lapban (L) végződik, mely zárt állásnál felfekszik a fej nyílásának peremére.

A terelőlemez pozíciója egy beállító-csavar (R) segítségével szabályozható.

A fuvóka dőlt elhelyezése kettős célt szolgál:

1. Abban az esetben, ha a jelölőegység parancsot kap a vezérelétől a jelölésre, de a folyadéksugár útjában nincs anyag, a jelölőfesték rövid uton egy, a forgácslapokat vezető felületen kiképzett horonyba kerül (c). Így elkerülhető a forgácslapok lapfelületeinek beszennyeződése.

2. A jelölés magasságának állítása a jelölőfej, vagy a fuvóka pozíciójának változtatása nélkül egy, a jelölőfej előtt elhelyezett ütköző-lap (U) vízszintes állításával valósítható meg.

A jelölő-festék betáplálásának kivitelezési megoldását elsősorban az alkalmazott fuvóka belső átmérője, valamint a szükséges átfolyósebesség, illetve folyadéknyomás határozza meg.

A szükséges minimális festékoldat-felhasználás:

$$Q = e \cdot q \quad \text{cm}^3/\text{perc}$$

ahol:

$e$  = a csiszológépek alkalmazott előtoló sebesség (m/perc),  
 $q$  = a minimális fajlagos festékfelhasználás ( $\text{cm}^3/\text{m}$ ), mely a következő tényezők függvénye:

- a felhasznált festőanyag színe és festőképessége,
- a festékoldat koncentrációja,
- a jelölendő forgácslap strukturális tulajdonságai.

A már előzőekben említett előkísérletek elvégzése során percenként  $5 \text{ cm}^3$  (azaz  $2,4 \text{ l/műszak}$ ) festékoldat betáplálása kiélegítő eredményeket nyújtott. Előreláthatóan a fenti érték tovább is csökkenthető, azonban ezt az előkísérletek során, a felhasznált fuvókák korlátozott furatátmérője miatt nem állt módunkban kísérletileg alátámasztani.

Tekintettel a szükséges festőoldat-fogyasztás csekély voltára, a jelölő mechanizmus hidraulikus tápegységének kivitelezése igen egyszerűen és több változatban is megoldható. (A szükséges folyadéknyomás létesítésére optimális megoldást jelent az üzem pneumatikus hálózatának felhasználása.)

Hangsúlyozni kívánjuk, hogy a kivitelezési tervek elkészítését megelőzően további kísérleteket kell elvégezni a jelölő egység kiinduló adatainak megállapítása céljából.

E kísérletek során meghatározandó:

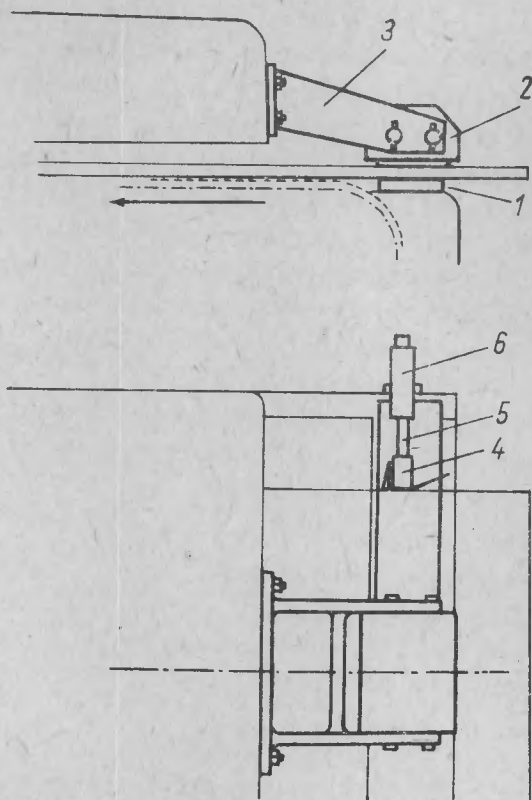
1. a felhasználandó festőanyag összetétele,
2. a festékoldat optimális koncentrációja,
3. a fuvóka minimális belső átmérője és hossza,
4. az optimális folyadéknyomás.

### 3. A mérőfej, valamint a jelölőmechanizmus elhelyezése és rögzítése

Az előzőekben leírtaknak megfelelően, a mérőfej, valamint a jelölőmechanizmus a hengercsiszológép etetőoldalán nyer elhelyezést.

A két egység egymáshoz viszonyított helyzetét az az alapkövetelmény határozza meg, hogy a jelölés meg kell hogy feleljen a mért zóna pozíciójának. Tekintettel arra, hogy a jelölés elektronikus és mechanikus tehetetlensége gyakorlatilag elhanyagolható mértékű, a fenti követelménynek megfelelően a jelölőfej a mérőkondenzátor fegyverzetének középpontján áthaladó, a gép előtolási irányára merőleges egyenesen kell, hogy elhelyezkedjen. A

mérőfej pozícióját az alsó (lefordelt) fegyverzet rögzítésének lehetőségei határozzák meg.



29. ábra

A mérőfej, valamint a jelölőmechanizmus felszerelésére vonatkozó, a 29. ábrán vázolt javaslatunk alapjául a Nyugatmagyarországi Fűrészek Forgácslap és Műfa üzemében alkalmazott hengercsiszológép megfelelő részének formai és méretbeli adottságai szolgáltak.

1. Az alsó fegyverzetet képező, és ugyanakkor a jelölőfej vezetését, valamint az előző pontban említett horony kiképzését szolgáló fémlemez (max. vastagsági mérete: 12 mm).

2. A mérőfej felső része.

3. A mérőfejet tartó, a géptest homlokoldalára rögzített konzol.

4. A jelölőfej.

5. A jelölőfej rögzítését szolgáló kar, mely

együttal magában foglalja az elektromágneshoz vezető kéterű kábelt, valamint a nyomó és az elvezető vezetéket.

6. A jelölőfej tartójának rugalmas rögzítése. (A szükséges elmozdulás mintegy 150 mm.)

A kivitelezési tervek elkészítésénél figyelmet kell fordítani a berendezés egyes alkatrészeinek erősebb dinamikus igénybevételekkel (esetleges ütközések a forgácslapok homlok- vagy oldalélével, valamint alsó lapfelületével) szembeni ellenállóképességére.

Befejezésül az elvégzett kutatómunkának néhány további kérdésével kell még foglalkozni. A téma ugyanis, mint az a jelentés egészéből kitűnik, csak elméletileg van lezárva. Az ipari szintű kipróbálás és az ipari bevezetés problémája még hátra van. Mivel egy kutatás csak akkor értékelhető pozitív módon, ha annak gyakorlati megvalósítása is lehetséges, feltétlenül szükség van a téma közeljövőben történő alkalmazására.

A másik kérdés, amely a témával kapcsolatosan felmerül, a jelentésben részletesen leírt műszer tökéletesítése és alkalmazási területének kiszélesítése természetes faanyagra és farostlemezekre, esetleg pozdórjalemezekre is.

A jelenlegi formájában ugyanis a műszer csak forgácslapokhoz használható. Ehhez azonban további elméleti és gyakorlati kutatás szükséges, amit a már meglevő módszerek és eredmények alapján már sokkal könnyebben meg lehetne oldani.

A gyakorlati használatbavétel során nyert tapasztalatok felhasználásával az ismerttetett műszer tökéletesítése után egy újabb igen fontos eredményt érünk el a faipar műszerezettségén terén, ami nyugodtan mondhatjuk, hogy a ma még nagyon is alacsony színvonal miatt jelentőségében igen nagyra értékelhető.



## IRODALOMJEGYZÉK

- Thunell-Bertill: Holz als Roh und Werkstoff (1955. 3.)
- Hearmen: The elasticity of Wood and plywood (1948)
- Hearmon: The elastic Constants of Anisotrop Materials (1946)
- Timoshenkó: Rugalmasságtan (1936)
- Meyer R.C.: Dinamic Testing of Concrete Pavements With the Soniscope H.Researc Boord. (1952-234)
- Kollmann: Technologie des Holzes 1956.
- A.A. Umanszkij: Térbeli szerkezetek (Sztrojszdat, 1949)
- Siebel: Handbuch der Werkstoffprüfung 1939.
- Föppl Becker: Die Dauerprüfung der Werkstoffe
- Vanpel: Zerörungsfreie Werkstoffprüfung mit Röntgen und Gammastrahl (1944)
- Leslie-Cheesmann: Az ultrahang sebességek mérése huzott testekben. Natura (1945-156 f)
- H. Krech: Forgáclapok tartóssági vizsgalatai (Holz als Roh 1961.)

HAJLITOTT, RÉTEGELT BUTOR ALKATELEMEK ELŐÁLLÍTÁSA  
NAGYFREKVENCIÁS DIELEKTROMOS MELEGÍTÉSSEL

Kolosváry Gábor tudományos főmunkatárs

Közreműködtek:

Deák Mária tudományos munkatárs,  
Vámos Róbert tudományos s.munkatárs,  
Buday Márta vegyésztechnikus,  
Helmich Magda vegyésztechnikus.

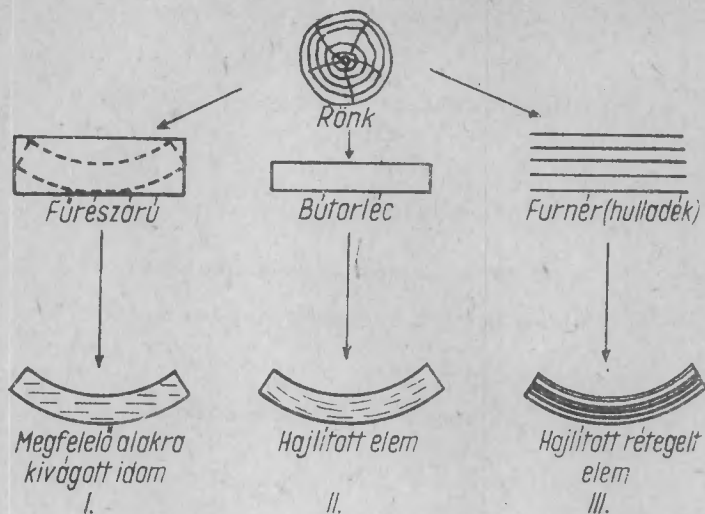
A kutatás tárgyát képező eljárás lényege az, hogy különféle hajlitott faalkatelemeket (hulladék) furnérből formapréseléssel állítanak elő. Ez ideig hazánkban ezeket az alkatelemeket kétféle módon állították elő:

A rönkből kitermelt fűrészáruból fűrészszel vágják ki a megfelelő hajlitott alakot. (I)

A rönkből kitermelt egyenes fűrészárut gőzöléses uton hajlitották meg a kívánt alakra. (II)

Az új eljárás szerint viszont az idomot furnér (hulladék)-ból formaprésen közvetlenül a kívánt alakra préselik. (III) (Lásd 1. ábra).

Míg az I. és II. esetben az elkészített idomdarab térfogata az előállításához felhasznált rönk térfogatának csak tört része, addig a III.esetben a veszteségek jóval kisebbek, és a lemezgyárakban keletkező hulladék furnér egy része is feldolgozható.



1. ábra

## BEVEZETÉS

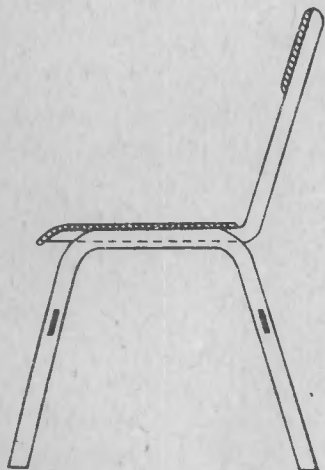
A hajlított, rétegelt alkatelemek előállítási kísérleteit 1960. II. felében kezdtük el. Az 1961-ben befejezett laboratóriumi kísérletekről 1961. december 10-én zárójelentést adtunk le. Az elért eredmények alapján még 1961 év végén elkezdtük az üzemi bevezetést a Furnér- és Lemezművekben. Munkánk szorosan egybefonódott a Furnér- és Lemezművek ugyanazon célt szolgáló törekvéseivel. Kísérleteinkhez és méréseinkhez a lemezgyár minden támogatást megadott és közös munkánk eredményeképpen az új eljárás üzemi méretekben bevezetést nyert.

### I. AZ 1960-BAN VÉGZETT LABORATÓRIUMI KÍSÉRLETEK

A kutatómunka megkezdése előtt mindenek előtt áttanulmányoztuk az ezzel a kérdéssel foglalkozó külföldi irodalmat. A szakcikkekből, folyóiratokból és prospektusokból megállapítottuk, hogy külföldön már több helyen sorozatban készülnek furnér-hulladékból préseléssel előállított butoralkatrészek, elsősorban

ülőbutorok készítéséhez. Az eljárás külföldön több helyütt bevált. Mindenképpen érdemesnek látszott tehát megvizsgálni, hogy hazai viszonyok között furnérhulladékból, nagyfrekvenciás melegítés alkalmazásával, milyen butoralkatrészeket, és milyen módon érdemes készíteni.

A kísérleteket székalkatrészek előállításával kezdtük meg mindössze két sablon felhasználásával. A szék formáját a 2. ábrán mutatjuk be.



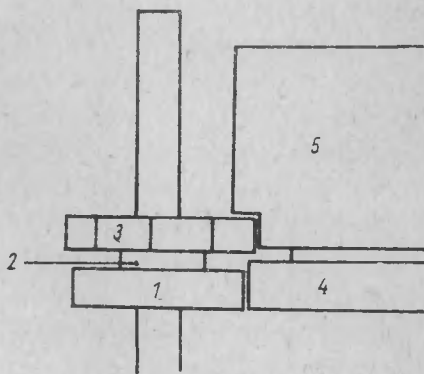
2. ábra

A présablón anyagául rétegelt, tömörített fát választottunk. Minősége megfelel kb. az un. vetélőfa minőségének. Anyaga 1,2 mm-es bükkfurnérból Arbocoll FK mügyantaragasztóval összeragasztva készült. A furnérok szálirányának elrendezését úgy választottuk meg, hogy minden harmadik hossz-szálu furnér után egy kereszt-szálu következett. A 82 x 115 x 12 cm méretű rétegelt tömbökből készítettük el a 3. és 4. ábrán látható sablonokat. (A 3. és 4. ábra a műmellékleten.)

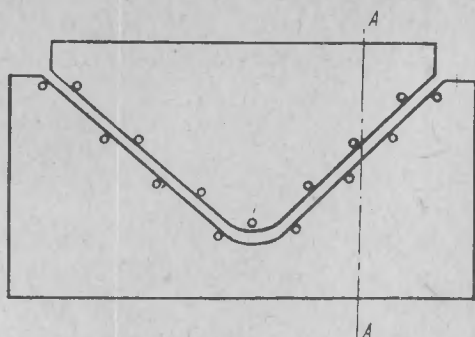
A 12 cm vastag tömböket először szalagfűrészszel kivágvá nagyoltuk ki. Ezután a pontos méretre asztali marógéppel munkáltuk meg (5. ábra).

A melegítési kísérletek megkezdése előtt megfontolás tárgyává tettük az elektródák elhelyezésének módját. Az elhelyezés elvileg háromféle módon történhet:

1. A szórásmező elvének megfelelő elektróda rendszer. Ez esetben az elektródák rács-, vagy hálószerű kiképzésűek és melegí-



5. ábra



6. ábra

seléskor a sablonon kívül, a préselendő anyag két oldalán foglal helyet (7. ábra).

3. A merőleges melegítés elvének megfelelő elektróda-rendszer. Ebben az esetben az elektródák a préselendő anyag rétegével párhuzamosak. Alakjuk a sablon szélességének megfelelő alumínium szalag, mely a sablon nyomófelületét borítja (8. ábra).

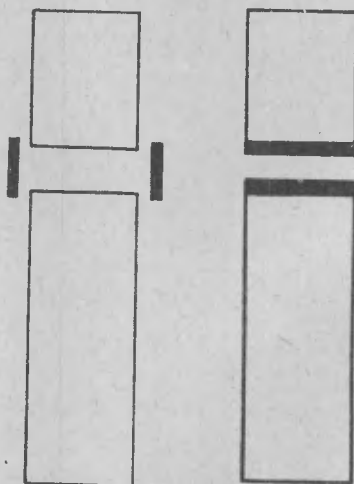
A kísérletekben a 3.pont alatt ismertetett elektróda-elrendezést használtuk, bár ennek a rendszernek a legnagyobb a fajlagos energiafogyasztása. Ezzel szemben több előnyös tulajdonsággal rendelkezik: a) kivitelezése

egyszerű, b) kezelhetősége könnyű, c) a fasablon nyomófelületét borító fémlemez, különösen, ha annak felülete polírozott, jól biztosítja a préselt anyag sima és fényes felületét, d) a préselt anyag több dm szélességben is készíthető.

Az elektródák 1 mm vastag alumíniumlemezéből készültek. Az egyik sablonra az elektródát fel is ragasztottuk, mert az eljá-

tő hatásuk nem terjed ki egyenletesen az egész préselendő anyagra, hanem csupán annak egyes részeire (6. ábra).

2. A párhuzamos melegítés elvének megfelelő elektróda-rendszer. Ennél az elrendezésnél az elektróda a préselendő anyag vastagságának megfelelő keskeny alumíniumszalag, mely pré-



7. ábra

8. ábra

rás nagyüzemi alkalmazásánál az elektródákat a sablonhoz rögzíteni kell, az elmozdulások elkerülése végett. Az alumíniumlemez felragasztását polivinilbutirállal lágyított fenolgyantával végeztük.

Az első préselt alkatrészek alapanyagaként 1,2 és 0,7 mm-es bükkfurnér hulladékot használtunk. A furnérok nedvességtartalma 12-15 % volt. Átlagmérete 50 cm hosszú, 15 cm széles. Ezekből a darabokból állítottuk össze a készítendő idom hosszának megfelelő csikokat, majd ezek egymásra rétegzésével képeztük ki a préseléshez szükséges anyagot. A rétegelt anyag ilyen felépítésénél ügyelni kellett arra, hogy a toldások ne essenek egymás fölé, hanem kötésben kapcsolódjanak. Azt is számításba kellett venni, hogy a rétegek, a lepréselt forma ivelttségének következtében, a préselés során elcsusztnak egymás felett, és így eredetileg egymást nem fedő toldások a présben fedésre kerülhetnek.

Ragasztóanyagként a Faipari Kutató Intézetben kidolgozott és a faiparban általánosan használt Arbocoll FK karbamid-formaldehid alapu mügyantát használtuk. A ragasztókeverék összetétele a következő volt:

- 100 súlyrész 45-50 %-os Arbocoll FK,
- 18 súlyrész rozsliszt,
- 3 súlyrész ammoniumklorid.

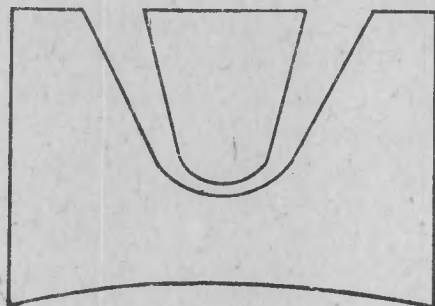
A ragasztóanyag mennyisége 100-120 g volt, 1 kg faanyagra vetítve, ami megfelel kb. 65 g mügyanta szárazanyag mennyiségnek.

A kísérleteknél használt prés a Borsodvidéki Gépgyár 200 tonnás müanyagsajtoló berendezése volt. Nagyfrekvenciás áramforrásként a Faipari Kutató Intézet TOS GU 5 típusu generátorát használtuk. A generátor üzemi frekvenciája 18 MHz, a hálózatból felvett maximális teljesítmény 8 kW, a maximális leadott teljesítmény pedig 3,5 kW.

A sablon felületegységre eső nyomást számítással határoztuk meg. A számításnál figyelembe vettük a présdugattyu felületét, továbbá a sablon nyomófelületeinek hajlásszögét. A 3. ábrán bemutatott sablonnál a nyomófelület a vízszinteshez képest csak 36,6°-ot zár be. Ez esetben a felületegységre ható erőt egyszerű



vektorszámítással határoztuk meg. A 4. ábrán látható sablonnál a viszonyok már bonyolultabbak voltak. Az oldalak hajlásszöge a vízszinteshez  $79,3^\circ$  volt. A nyomóerő oldalirányu eredőjét egyszerű vektorszámítással nem lehetett meghatározni, tekintve, hogy az ennél a sablonnál fellépő ékelődésnél a surlódási erők igen nagyok. A tényleges nyomást itt a fa összenyomódásának mértékéből állapítottuk meg. Az alkalmazott fajlagos nyomás  $20-25 \text{ kg/cm}^2$  között volt.



9. ábra

A felső, pozitív nyomóforma ékelődése következtében az alsó U alakú rész préselés közbeni kihajlását tapasztaltuk. A kihajlás már mérsékelt nyomásnál is  $5-10 \text{ mm}$  volt, ami lehetetlenné tette a pontos préselést. Kihajlás esetén ugyanis a lepréselt U alakú idom végén a vastagság az elégtelen nyomás következtében nagyobb, mint az U alsó részén (9. ábra).

Éppen ezért az U alakú negatív nyomóforma két szárát két U vasból és két vonóvasból álló rendszerrel védtük a kihajlás ellen. (Lásd 4. ábra.) Meg kell jegyeznünk, hogy a  $4-5 \text{ mm}$ -es kihajlás így is mutatkozott úgy, hogy a vonóvasakat préselés előtt kissé elő kellett feszíteni, hogy a teljes nyomás létesítésekor keletkezett kihajlás révén a negatív nyomóforma éppen a kívánt alakot vegye fel. A kihajlás mértékét a nyomóforma két szárán keresztben megerősített mérőléccel mértük.

A ragasztás során a hőmérséklet változását a farétegek közé behelyezett termoelemmel mértük. A hőmérséklet a nagyfrekvenciás áram bekapcsolása után viszonylag egyenletesen emelkedett.  $100 \text{ C}^\circ$  előtt a hőmérsékletemelkedés sebessége lelassul. Ennek az oka, hogy a fában levő nedvesség elpárolgása nagyobb mértékben megindul. Mivel a párolgás endoterm folyamat, a ragasztandó anyagba betáplált energiának csak egy része fordítódik a hőmérséklet emelésére, míg a másik rész a nedvesség elpárolgtatására használandó fel. Ez az állapot mindaddig tart, amíg a fában levő

nedvesség nagy része el nem párolog. A hőmérséklet ezután ismét rohamosan emelkedik. A ragasztás folyamatát ezért úgy vezetjük le, hogy a nagyfrekvenciás áramot az intenzív párologás megindulásakor lekapsoltuk. Ezután pihentetési idő következett, vagyis az anyagot az áram kikapcsolása után nem vettük ki a présből. A mérések tanulsága szerint ugyanis a fa hőmérséklete az áram kikapcsolása után a rossz hővezetőképesség miatt csak lassan csökken. A ragasztóanyag kikeményedése csak a pihentetési idő alatt fejeződik be. Ilyen módon a nagyfrekvenciás áramnak csupán az a szerepe, hogy a ragasztandó anyagot gyorsan, egész tömegében felmelegítse olyan hőfokra, amelyen a ragasztóanyag néhány percen belül már elektromos energia felhasználása nélkül is leköt. A gyakorlatban éppen ezért egy nagyfrekvenciás generátorhoz mindig több prés tartozik. Míg az egyikben a melegítés történik, a többiben az anyag pihen.

Kísérleteinknél a generátor tápvezetékét a támlarész ragasztásánál az elektródát alkotó alumíniumlemez egyik végéhez csatlakoztattuk, az U alakú rész ragasztásánál azonban az egyenletes melegítés miatt a tápvezetékét célszerűbbnek tartottuk az elektródák középrészéhez csatlakoztatni. Hosszabb elektródák használatánál ugyanis, ahol a használt nagyfrekvenciás áram hullámhossza összemérhető a ragasztandó anyag hosszúságával, a melegítés nem egyenletes.

Az ismertetendő sablonokkal elkészítettünk kb. 12 székhez szükséges félkészterméket. Ezeket részben a Szék- és Faárugyár, részben a Furnér- és Lemezművek dolgozta fel. A Szék- és Faárugyár által készített egyik széket a 10. ábrán láthatjuk. (Műmellékleten.)

Ezzel elkészültek az első hazai furnér-rétegekből, forma-presssel, nagyfrekvenciás melegítéssel előállított butordarabok. Megjegyezzük, hogy a forma kialakításánál a Faipari Kutató Intézetet nem esztétikai szempontok vezették, csupán a technológia kidolgozása és az eljárás életképességének bebizonyítása, továbbá tapasztalatok szerzése volt a cél.

A következő forma, melynek elkészítését tervbe vettük, egy L keresztmetszetű szerkezeti elem volt. Olyan idomot kívánunk előállítani, mely több méter hosszúságban gyártható és mint te-

nerhordó elem kerülhet felhasználásra, a tömörfából készült teherhordó elemek (gerendák) helyett. (11. ábra.) (Műmellékleten.)

Az L keresztmetszetű elemből U, vagy I tartóknak megfelelő profilu tartók is előállíthatók, melyeknek anyagszükséglete kisebb az azonos teherbírásu tömörfából készült tartóknál. (12. ábra.)



12. ábra

Tekintve, hogy a rendelkezésre álló prés nyomófelülete 60 x 60 cm, L tartóknak modelljét 60 cm hosszúságban készítettük el. Az L egy-egy szárát 10 cm-nek, vastagságát 2 cm-nek választottuk.

A kinagyolt sablonokból felsőmarógépen elkészítették a sablonokat, 6-6 cm vastag anyagból 10 db pozitív és 10 db negatív nyomóformát. Ezután az alkatrészeket, oldallapjaikat hidegen kötő karbamid-formaldehid ragasztóanyaggal bekenve, lapjaikkal - csavarorsós szorítók segítségével - összeragasztottuk. Eközben vigyáztunk arra, hogy a nyomófelületek egy síkban legyenek. A ragasztóanyag kikeményedése után a nyomófelület egyenletlenségeit csiszolóvászonnal lecsiszoltuk. Az elkészült nyomóformát a 13. ábra mutatja. (Műmellékleten.)

A nyomóformákat elektródákkal láttuk el, a merőleges elektróda elrendezésének megfelelően. A ragasztandó anyag 1,2 mm-es bükkfurnér volt. A szállirány hosszában futott, tekintettel arra, hogy az L tartó felhasználása során, mint hosszú tartó, hajlításra van igénybevéve. Ugyanakkor olyan erő, mely az L két szárát közelíteni, vagy távolítani igyekezne, kevésbé hat rá.

Kísérleteket végeztünk olyan szállirány elrendezéssel is, hogy minden negyedik, vagy ötödik hossz-szálu furnér után egy-egy keresztsszálu réteget iktattunk be. A leragasztott darabok szilárdsági vizsgálatánál azonban azt tapasztaltuk, hogy ezek gyengébbek voltak a teljesen hossz-szálu furnérből felépített tartóknál. Rétegelválások jelentkeztek, melyek mindig az ellenétes szállirányu rétegek között jöttek létre.

## II. AZ 1961. ÉVI KUTATÁSI PROGRAMBAN ELŐIRÁNYZOTT LABORATÓRIUMI KISÉRLETEK

A megoldandó feladatokat az alábbiak szerint csoportosítottuk:

1. Hajlitott alkatelemek készítésénél a minimális görbületi sugár meghatározása, a furnérvastagság és a szálirány elrendezés függvényében. Elvégzendő feladat a minimális görbületi sugarak meghatározása, kétféle szálirány és négyféle furnérvastagság esetén. E feladat megoldása használati tárgyak alkatrészeinek készítésénél az egyik fontos adatot szolgáltatja.

2. A préselés folyamatának tanulmányozása az esetben, ha a nyomóerő iránya a sablon oldalfalával kis szöget zár be. Egy dugattyúval, illetve egyirányú nyomóerőt szolgáltatató présrel V, illetve U alaku elemek préselése annál problematikusabb, minél kisebb szöget zárnak be a V, illetve U szárai egymással, vagyis a sablon oldalfalai a nyomóerő irányára.

Présberendezések, valamint alkatelemek tervezésénél szükséges tudni, melyik az a legkisebb szög, ameddig egyszerű, egy irányba nyomó szerszámmal a préselés nagyobb nehézség nélkül keresztülvihető. A megoldandó feladat V alaku sablon esetén a kritikus szög meghatározása, továbbá azoknak a jelenségeknek a tanulmányozása, amelyek V, illetve U alaku idomok préselésénél fellépnek. Ezek: a préselt idom belső oldalfalán fellépő feszültségek és a belső rétegek szakadása, továbbá a préselt idom belső oldalán a furnér rétegek gyűrődése.

3. A jelenleg használt ragasztóanyagok továbbfejlesztése olyan irányban, hogy a  $\frac{\text{kötési idő}}{\text{fazékidő}}$  tört értéke minél kisebb legyen. Nagyfrekvenciás melegítés alkalmazása esetén az eljárás gazdaságossága nagymértékben függ a fogyasztott elektromos energia mennyiségétől. Ez döntő módon attól függ, hogy a használt ragasztóanyag C állapotba viteléhez milyen mennyiségű hőenergia szükséges. Kívánatos tehát a ragasztó hőérzékenységének növelése, anélkül azonban, hogy a fazékidő az üzemi termelésben megkívánt minimális 1-2 óra alá csökkenjen. A tört csökkenésének lehetőségét két irányban vizsgáljuk meg. Egyrészt a műgyanta készítési körülményeinek megváltoztatása útján, másrészt a segédanyagok adagolásával a kész műgyantához.

4. A melegítési idő (a nagyfrekvenciás áram betáplálásának ideje) és az azt követő pihentetési idő viszonya. Nagyfrekvenciás melegítés során általában az áram betáplálását már a ragasztó C állapotba kerülése előtt megszüntetik. A ragasztó tökéletes kikeményedése a ragasztandó anyagban felhalmozott hőenergia hatására következik be.

Nyilvánvalóan akkor a leggyorsabb a ragasztás, ha a melegítő áram mindaddig be van kapcsolva, amíg a ragasztó C állapotba nem jut. Pihentetési idő beiktatásával a présben tartás ideje meghosszabbodik ugyan, de jelentős áram takarítható meg. Szükséges ismerni, hogy a présidő meghosszabbodása hogyan függ össze az áram megtakarítással avégből, hogy tudjuk, milyen hosszú pihentetési időt érdemes a ragasztás folyamatába beiktatni. A vizsgálat célja megállapítani, hogy hajlitott butor alkatelemek préselésénél mekkora legyen a melegítési és pihentetési idő viszonya.

5. A már meglevő sablonok segítségével 2 db székhez szükséges félkésztermékek, valamint 5 db vállfához szükséges félkésztermékek elkészítése. A kísérlet célja összehasonlító gazdaságossági számítások elvégzése és további gyakorlati tapasztalatok szerzése.

6. A régi eljárás (tömörfából hajlitással, vagy anélkül kialakított ivelt butoralkatelemek) összehasonlítása gazdaságossági szempontból az új eljárással (hulladék furnérből formaprésen előállított hajlitott butor alkatelemek).

7. Az új eljárás alkalmazási területének felmérése, javaslat kidolgozása.

## A KUTATÁSI EREDMÉNYEK RÉSZLETES ISMERTETÉSE

### 1. A minimális görbületi sugár meghatározása

A minimális görbületi sugár meghatározását a szálirány és a furnérvastagság függvényében vizsgáltuk. A vizsgálat során csökkenő görbületi sugaru sablonokkal végeztük el a préseléseket és figyeltük meg, hogy melyik sablonnál lépnek fel törési, szakadási és egyéb jelenségek.

A vizsgálatokhoz 6 pár nyomóformát készítettünk el. E sablonok ugyancsak 1,2 mm-es bükkfurnérból készültek. Ragasztóanyag az erre a célra már bevált Arbacoll FK volt. A sablonokat 6 cm vastag rétegelt tömbből készítettük el. A készítés során először szalagfűrésszel lehető pontossággal kivágtuk az idom körvonalait, majd a lapokat lapjukkal hidegen Arbacoll FK-val összeragasztva, felületüket csiszológéppel munkálták meg, hogy a pontos megkívánt alakot elérjék. Az elkészült sablonokból kettőt a 14. és 15. ábrán mutatunk be. (Mű mellékleten.)

A sablonok jellemző méretei a 16. ábráról és az 1. táblázatból olvashatók le.

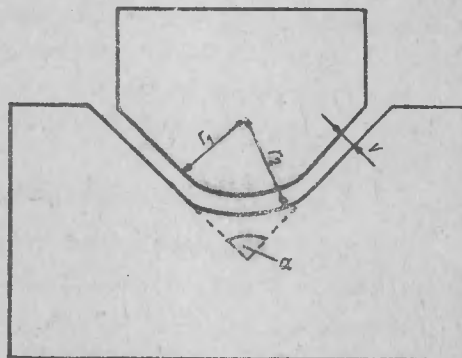
### 1. táblázat

Sablon jelölése	$r_1$	$r_2$	$\alpha$	V
1	0,2 cm	2,0 cm	$90^\circ$	18 mm
2	0,8 "	2,6 "	$90^\circ$	18 "
3	1,4 "	3,2 "	$90^\circ$	18 "
4	2,0 "	3,8 "	$90^\circ$	18 "
5	3,0 "	4,8 "	$90^\circ$	18 "
6	4,0 "	5,8 "	$90^\circ$	18 "

A kísérletekhez felhasznált anyag hámozott bükkfurnér volt. A ragasztóanyag összetételét a következőkben állapították meg:

- 100 sulyrész Arbacoll FK,
- 15 sulyrész rozsliszt,
- 1,5 sulyrész ammoniumklorid.

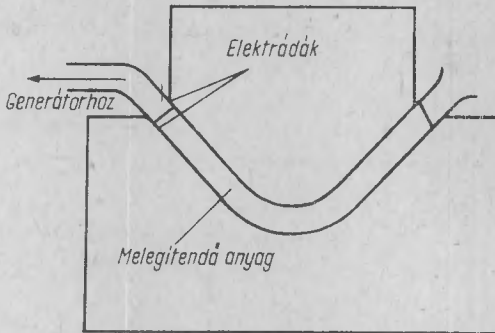
A furnérlemezekre a ragasztóanyagot ecsettel hordtuk fel. A kísérleti darabok



16. ábra



préselése a Furnér- és Lemezművekben történt, egy Bürkle gyártmányu hidraulikus présen. Az alkalmazott nyomóerő  $15-20 \text{ kg/cm}^2$  volt. Az összepréselt anyagban a ragasztóanyag kikeményítése nagyfrekvenciás melegítéssel történt. Áramforrásul a Faipari Kutató Intézet TOS GU 5 típusu, 3,5 kW-os generátora szolgált. Az elektródákat a párhuzamos melegítés elvének megfelelően szereltük fel. (17. ábra.)



17. ábra

A kísérleteknél a generátort a maximális teljesítményének 30 %-ával terheltük. A melegítés ideje 2,25-2,50 perc volt. A kísérletek eredményét az alábbiakban ismertetjük.

Noha terveink szerint 1,5 mm-es volt a tervezett legvastagabb furnér, kísérleteinknél célszerűbbnek láttuk mégis az 1,5

mm-es vastagság helyett a 2 mm-es vastagságú furnért is kipróbálni. Tettük ezt azért, mert kísérleteink szerint még az ilyen vastag furnérból is meglepően könnyen képezhető hajlított rétegelt idom. Gazdaságossági szempontból több okból előnyös lenne vastag furnér alkalmazása. Csökken a szükséges ragasztóanyag mennyisége a vékony furnérokhoz képest. Kétszeresére növelve a furnérvastagságot, a ragasztóanyag szükséglet mintegy 45 %-kal csökkenthető. Kevés számú vastag furnér réteg összerakása és kezelése egyszerűbb, mint a szükségképpen nagyobb számú vékony furnéroké.

2 mm-es furnér. Szálirány hosszában.

A 6. számú sablonnal készítve az idomokat, a rétegek a préselésnél törés nélkül meghajolva kifogástalan ívet alkottak. (18. ábra.) (Műmellékleten.)

Az 5. sz. sablonnal készítve az idomot, a rétegek a préselésnél még a présformák záródása előtt megroppantak, megtörttek. A leragasztott idom homoru oldalán a furnér megtörése, a domboru

oldalán a szálak kipattogzása volt megfigyelhető. A megcsiszolt keresztmetszeten látható volt csaknem az összes réteg törése. (18. ábra.)

A 4. sz. sablonnal készítve, a törési jelenségek az 5. sz. sablonnal készített idomokéhoz hasonlóak, csak erősségük fokozottabb mértékű. (18. ábra.)

Az erős törésre való tekintettel a 3, 2, és 1. sz. sablonnal a kísérleteket már nem végeztük el, mivel nyilvánvaló volt, hogy a hajlítás azoknál is teljes töréssel fog járni.

1,2 mm-es furnér. Szádirány hosszában.

Az összes nyomóformákkal elő tudtunk állítani törésmentes idomokat. (19. ábra.) (Műmellékleten.)

Csupán a 3, 2. és 1. sablonnal készült idomoknál volt tapasztalható a homoru oldalon a legkülső rétegek kismértékű megroppanása, ez azonban oly csekély mértékű volt, hogy véleményünk szerint a felhasználhatóságot nem befolyásolta.

1,0 mm-es furnér. Szádirány hosszában.

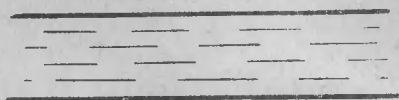
Csak az 1. és 2. sz. sablon felhasználásával készítettünk idomokat. Mivel azok is kifogástalan hajlatokat mutattak, nem volt értelme nagyobb görbületi sugaru formákat kipróbálni, mivel nyilvánvaló volt, hogy azokkal ugyancsak készíthetők kifogástalan idomok.

0,7 mm-es furnér. Szádirány hosszában.

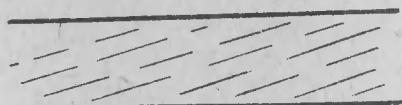
Idomokat egyáltalán nem készítettünk, mivel az eddigi kísérletek alapján nyilvánvaló volt, hogy ezzel a furnérvastagsággal nehézség nélkül készíthetők hajlitott idomok, még a legkisebb görbületi formákkal is.

A kísérleteknél még a következő általános jellegű tapasztalatokat szereztük:

A préselés alatti meghibásodás általában a hajlitott idom domboru oldalán lép fel, és pedig vagy szádirányban történő szakadás, vagy a rostok kipattanása formájában. Éppen ezért kis görbületi sugaru idomok esetében törekedni kell a domboru oldalon a legfelső furnér réteg minőségének gondos megválasztására.



Jó



Rossz

Ez a furnér egyenes szálirányu legyen és a fa rostjai a furnér síkjával lehetőleg minél kisebb szöveget zárjanak be. (20. ábra.)

Kis görbületi sugarak esetén előnyös, ha a beenyvezett furnérköteg két külső felületét közepén, a leendő hajlatnak megfelelő helyen benedvesítjük.

20. ábra

### KERESZTIRÁNYU FURNÉROKBÓL PRÉSELT IDOMOK KÉSZÍTÉSE

Az idomok préselése még a legvastagabb, 2 mm-es furnérral és a legkisebb görbületi sugárral is törés nélkül véghezvihető, ami a furnér keresztirányu hajlékonyságával jól magyarázható.

Az ilyen típusu ragasztásnál más irányu veszély áll fenn. Az anyag préselésénél, függetlenül a görbületi sugártól, részben a hajlítás, részben pedig a surlódási erők következtében, az idom domboru oldalán húzófeszültségek lépnek fel, amit a keresztzszálu furnér nem mindig bír elviselni. Ennek következtében a domboru oldalon szálirányban futó repedések mutatkozhatnak. (21. ábra.) (Műmellékleten.)

E repedéseket megpróbáltuk kiküszöbölni a domboru oldalra ragasztott hosszában futó szálirányu furnér réteggel is. Ez a berepedés veszélyét kiküszöbölte ugyan, alkalmazása azonban azal a hátránnyal jár, hogy a kész idom a nedvességváltozás hatására elhuzódásra hajlamos, tekintve, hogy a hossz-szálu faréteg nedvességokozta méretváltozása hosszában sokkal kisebb, mint az alatta levő rétegeké. Így kiszáradáskor az U alakú idom szárjai befelé, nedvesedéskor kifelé hajlanak. Ha mindkét oldalon egy-egy hossz-szálu furnérral borítjuk, száradáskor a felső réteg szücsös elválása észlelhető. (22. ábra.) (Műmellékleten.)

Jobb módszernek bizonyult a domboru oldal felé egy hossz-szálu enyvezetlen furnérlemez behelyezése. Az ismertetett kísérleteket a 2. táblázatban foglaljuk össze.

## 2. táblázat

Hossz-szálirány

Furnér- vastag- ság mm	Görbületi sugár a homoru oldalon cm-ben					
	4	3	2	1,4	0,8	0,2
2,0	jó	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz
1,2	jó	jó	jó	kis törés	kis törés	kis törés
1,0	jó	jó	jó	jó	jó	jó
0,7	jó	jó	jó	jó	jó	jó

Kereszt-szálirány

2 mm vagy ennél vé- konyabb	jó	jó	jó	jó	jó	jó
-----------------------------------	----	----	----	----	----	----

Megjegyezzük, hogy a fenti adatok 18 mm vastag idomokra érvényesek. Azért választottuk ezt a vastagságot, mivel az ülőbutorgyártásnál, ahol az új eljárás elsősorban bevezetésre kerül, az alkatелеmek vastagsága ez érték körül mozog. Néhány mm vastagságbeli eltérés a táblázat adatait nem befolyásolja.

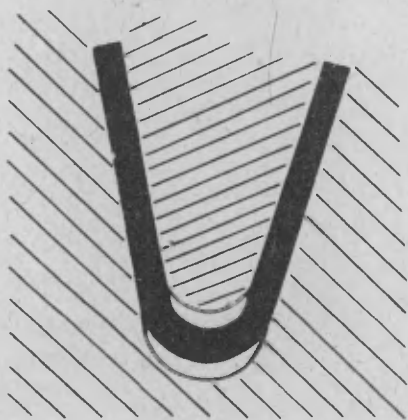
2. A kritikus szög meghatározása

Mindjárt előljáróban megjegyezzük, kísérleteink során meggyőződünk arról, hogy az U alakhoz közelálló idomok préselésénél fellépő jelenségek, a furnérrétegek gyürödése, vagy ellenkezőleg, szakadása, nem egy bizonyos "kritikus szögnél" lépnek fel. A jelenségek fellépése döntő módon nem is attól a szögtől függ, amelyet a nyomóforma oldalai egymással bezárnak, hanem néhány más tényezőtől, melyeket a kísérletek megkezdése előtt nem láttunk, vagy nem tulajdonítottunk nekik kellő jelentőséget.

## A surlódás szerepe a gyűrődések és repedések keletkezésénél

A ragasztóval bekent rétegekből álló lemezcsomag két vízszintes préslap közé téve, a préselés során egyszerűen csak kb. 10-20%-kal összetömörül (a kísérleteknél alkalmazott nyomás mellett) és a rétegekkel párhuzamos irányban a lemezcsomagon belül nincs elmozdulás, sőt nincs elmozdulás a sablon nyomófelülete és a présbe szorított lemezcsomag legkülső felülete között sem.

Egészen más a helyzet, ha a nyomóforma oldallapjai V, illetve U alakúak. A prés összezáródása alatt ekkor a következő jelenségek játszódnak le:



23. ábra

Először a V két szára mentén kerül egymáshoz oly közel a pozitív és negatív nyomóforma két nyomófelülete, hogy a kettő közötti távolságot a lemezcsomag teljesen kitölti. A V csúcsa közelében viszont még olyan nagy a távolság a nyomófelületek között, hogy azt a lemezcsomag csak hiányosan tölti ki. (23. ábra.)

Ideális esetben, amikor az egyes ragasztóval bekent lemezek között a surlódás nagy, a lemezcsomag felülete és a nyomóforma felülete között viszont mind a

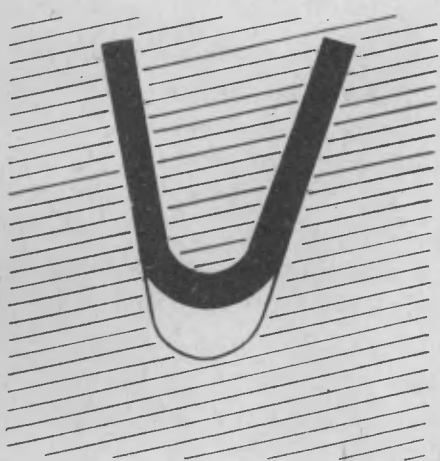
külső, mind a belső oldalon egyformán kicsi, a préselés további előhaladása során a lemezcsomag elfoglalja helyét a nyomófelületek között, és létrejön a gyűrődés- és szakadásmentes sima felületű hajlitott idom. (24. ábra.) (Műmellékleten.)

Ha azonban a surlódási viszonyok és a lemezcsomag kezdeti elhelyezkedése nem megfelelő, a következő rendellenes jelenségeket lehet tapasztalni:

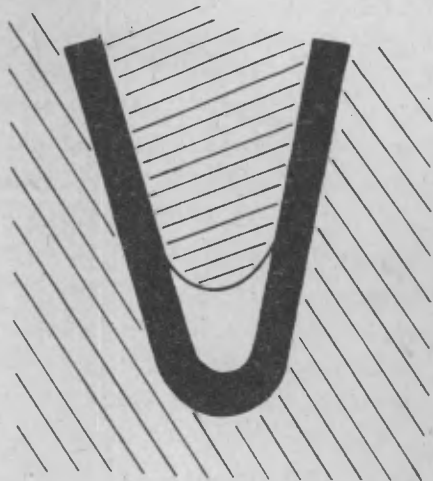
a) A lemezcsomag a pozitív présformához tapad. (25. ábra.)

Ebben az esetben a lemezcsomag külső felületén húzó feszültségek lépnek fel, melyek következménye a domboru oldalon fellépő szakadás. E szakadások gyakran 3-4 réteg mélységig is

terjednek és tetemesen csökkentik az idom szilárdságát, elsősorban befelé való hajlító igénybevételnél. A jelenség annál intenzívebben lép fel, minél nagyobb a surlódás a lemezcsoomag külső felülete és a negatív présforma nyomófelülete között.



25. ábra



26. ábra

b) A lemezcsoomag a negatív présformához tapad. (26. ábra).

Ez esetben, különösen ha a lemezcsoomag belső felülete és a pozitív présforma felülete között nagy a surlódás, a lemezcsoomag belső rétegei a prés összezárásakor lefelé sodródhatnak és az idom belső felületén gyűrődés keletkezik. Ez a prés teljes összezárásakor lenyomódik és belenyomódik a lemezcsoomag külső rétegeibe úgy, hogy a kész leragasztott idom felületen szemlélésénél fel sem tűnik. Keresztmetszeti csiszolaton azonban a rétegek gyűrött elhelyezkedése jól megfigyelhető. (27. ábra.) (Műmellékleten.)

Az ilyen jellegű hiba az idom szilárdságát behajlító igénybevétel esetén nem, kihajlító igénybevételnél kissé csökkenti.

#### A préselendő idom nagyságának szerepe

Megfigyeléseink szerint a gyűrődések és repedések keletkezése annál valószínűbb, minél nagyobb a préselendő idom, pontosabban minél hosszabbak az U, illetve V szárai. Így 60 cm szár-



hosszuság esetén már abban az esetben is tapasztaltunk elvétve huzófeszültség okozta repedéseket, amikor az idom szárai egymással  $117^{\circ}$ -os szöveget zártak be. A  $20^{\circ}$ -os szöveget bezáró és 60 cm hosszú száru présformával viszont csak a legnagyobb vigyázattal tudtunk néhány olyan idomot előállítani, melyek mentesek voltak a repedésektől.

40 cm-es szárhosszuság esetén a  $117^{\circ}$ -os sablonnal már gyakorlatilag gyűrődés- és repedésmentes idomokat tudtunk előállítani. A  $20^{\circ}$ -os sablonnal azonban még a megrövidített szár ellenére sem tudtunk teljes biztonsággal ragasztani.

20 cm-es szárhosszuság esetén a 20, 65 és  $117^{\circ}$ -os sablonnal egyaránt kifogástalan idomokat készítettünk. Ezek az eredmények könnyen érthetők, ha elfogadjuk azt a megállapításunkat, hogy a repedések oka végső soron a lemezcsomag külső felszíne és a présforma nyomófelülete között fellépő surlódás. Az a huzóerő ugyanis, mely az egységnyi szélességű idom esetén az U, illetve V alsó hajlatában repedés formájában nyilatkozik meg, a surlódási erő nagyságával arányos. A surlódási erő viszont a surlódó felületek állapotán kívül a surlódó felületek nagyságától, vagyis az U, illetve V szárának hosszától függ.

A surlódó felületek állapotának befolyását jól láttuk az esetben, midőn a lemezcsomag külső felületét présberakás előtt hig mügyantaoldattal kentük be. Így a ragadóssá váló felület erősebben tapadt a présformához és a megnövekedett surlódás eredménye a leragasztott idom külső felületén fellépő több, nagy repedés volt.

### Az alkalmazott furnér vastagságának szerepe

Növekvő furnérvastagsággal a gyűrődések keletkezésének a veszélye csökken. Következik ez a vastagabb furnér nagyobb szilárdságából. A repedések keletkezése tapasztalataink szerint már kevésbé függ a furnér vastagságától, sőt, ha az U alakú idom alsó hajlatának görbületi sugara kicsiny, a furnér vastagságával a repedésekre való hajlam nő, mivel a kis görbületre való meghajlás erősen igénybeveszi a furnért és csökkenti a huzóerőkkel szembeni ellenállást. Ezzel tulajdonképpen egy másik tényezőt is felsoroltunk, mely a repedések keletkezésénél közrejátszik és ez az idom hajlatának görbületi sugara.

Az előbbieken a repedések keletkezésének okait vizsgálva, mindig a legömbölyített hegyű V, illetve szétnyitott száru U-alaku idomokon végeztük a kísérleteket. Tettük ezt azért, mert bármilyen alaku idom felépíthető bizonyos görbületi sugaru, bizonyos hajlás-szögü és bizonyos szárhosszuságu V, illetve U-alaku idomrészekből.

Egyes bonyolultabb alaku idomok préselésénél azonban az egyes görbületek kölcsönhatása okozhatja a készített idom meghibásodását.

A ruhaakasztó-vállfa préselésénél, mely idom öt ivelt részből tevődik össze, gyakran tapasztaltunk egy bizonyos helyen huzófeszültség okozta repedéseket. Ez a kritikus hely az idom közepén, a domboru oldalon volt, ahol a leendő vállfába az akasztó fémkampót belecshavarozzák. Megfigyelve a préselés folyamatát, a repedés okát a következőkben látjuk:

A prés összezáródása során a pozitív és negatív nyomóforma felületei a két végén kerülnek leghamarabb olyan közel egymáshoz, hogy a köztük levő távolságot a lemezcsomag teljesen kitölti. Itt zár be ugyanis a nyomófelület legkisebb szöget a nyomóerők irányával. A két végén tehát a présformák szorosan befogják, mintegy rögzítik a lemezcsomagot, mely a présformák többi része között még lazán, a forma görbületeit nem követve helyezkedik el. A prés további összezáródása folyamán a nyomóformák közötti lemezcsomag kénytelen felvenni a présforma alakját. Ehhez azonban a lemezcsomag két végének a legszűkebb helyen kell keresztül huzódnia, mivel a présformába való tökéletes elhelyezkedés nagyobb hosszúságot igényel, mint a távolabb álló formák közötti laza, egyenes elhelyezkedés. A lemezcsomag utána huzódása két oldalról azonban a már említett szűk helyeken akadályozott, minek következtében a lemezekben belül huzófeszültségek lépnek fel, melyek lagnagyobbak a középső részen, a domboru oldalon, mivel itt a hajlítás miatt egyébként is huzódik a külső oldal.

A fenti megfigyelések alapján a repedések keletkezését úgy küszöböltük ki, hogy a pozitív présformából a két végén kb. 1 cm hosszúságban 1 mm-t lecsiszoltunk. Ezáltal azon a helyen sem szorult meg annyira a lemezcsomag, a préselés során kevesebb ne-

hézséggel tudott behuzódni a présformák közé. Igaz ugyan, hogy ezáltal a lepréselt anyag két végén a vastagság 1-1 mm-rel nagyobb volt, ez azonban a használhatóságot nem befolyásolja, illetve a többlet vastagság utólagosan lecsiszolható.

Szólnunk kell még a fajlagos nyomás szerepéről is. Fajlagos nyomáson értjük jelen esetben azt a nyomóerőt, mely a prés teljes záródása esetén a nyomóforma egységnyi felületére a felületre merőleges irányban hat. Tekintettel arra, hogy a rétegelt idomok készítésénél az elérendő vastagság általában szigorúan megszabott, a szükséges alkalmazandó nyomóerő a présbe berakott furnérlemezek vastagságának összegétől függ. Minél nagyobb a furnérlemezek vastagságának összege, annál nagyobb fajlagos nyomás szükséges ahhoz, hogy az elkészült idom a megkívánt nagyságot elérje. Vastag lemezcsoomag esetén a nyomóformának a nyomóerő irányával kis szöget bezáró lapjai között hamarabb tölti ki a ragasztandó anyag, mint vékony lemezcsoomag esetén. Hamarabb lépnek tehát a surlódási és szorulási jelenségek, melyek végső fokon a repedések és gyűrődések okai. Ha tehát a préselési hibákon másképpen segíteni nem tudunk, kisebb tömörítésű idomokat kell készíteni. Igaz ugyan, hogy ekkor a furnérok összerakását kell gondosabban végezni és átlapolásoknak, vagy hézagoknak kevésbé szabad előfordulni, mert a kis fajlagos nyomás ezeket nem tudja hézagmentesen rétegelt elemmé összenyomni.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az U, illetve V-alaku idomok meghibásodásának valószínűsége annál nagyobb:

1. minél kisebb szöget zár be a sablon nyomófelülete a nyomóerő irányával,
2. minél nagyobb a surlódás a lemezcsoomag külső felülete és a présforma nyomófelülete között,
3. minél hosszabbak az U, illetve V szárjai,
4. minél vékonyabb az alkalmazott furnér,
5. minél kisebb a görbületi sugár az U, illetve V csucsának hajlatában,
6. minél nagyobb az alkalmazott nyomás,
7. különleges alakú tényezők fennforgása esetén,
8. végül természetesen, minél silányabb minőségű a lemezcsoomag legkülső furnér-rétege.

Számszerűleg azt mondhatjuk, hogy 40 cm szárhosszuság esetén, 1,0 - 1,2 mm vastag furnért alkalmazva, sima, tiszta felületű présforma és tiszta fafelület esetén 6-8 cm görbületi sugár mellett 50-55°-os hajlásszöggel még biztonsággal készíthetők rétegelt idomok. Ennél nagyobb hajlásszög esetén a többi tényezőt kell kedvező irányban változtatni, hogy a préselés nagyobb selejt keletkezése nélkül keresztülvihető legyen.

#### Kísérletek összetett prészerszámmal

A feladat volt a Debreceni Hajlitott Butorgyár egyik szék-típusához az üléskáva előállítás.

Az üléskáva fő része egy U, illetve patkó-alaku rész. Ennek a patkónak a szárai egymással párhuzamosak. Így egyirányban mozgó présrel közvetlenül nem volt elkészíthető. Külföldön az ilyen és ehhez hasonló idomokat olyan présberendezéssel állítják elő, mely a függőleges irányban mozgó dugattyukon kívül oldalirányu nyomóerőt szolgáltató dugattyukkal is rendelkezik.

Mivel nekünk ilyen présberendezés nem állt rendelkezésünkre, más utat választottunk a patkó-alaku idom elkészítéséhez. Olyan prészerszámot terveztünk, mely mozgó alkatrészeket is tartalmaz és az egyirányu nyomóerőt két irányura bontja, oly módon, hogy az összepréselendő idom minden része elegendő nyomóerőt kap. (28. ábra.) (Műmellékleten.)

A présforma negatív része a 4. ábrán bemutatott prészerszám negatív részéhez hasonló. A különbség csupán annyi, hogy a présforma oldalsó nyomó felületei egymással párhuzamosak. A pozitív forma három részből áll, éspedig két körszelethez hasonló részből, melyeknek ivelt felületei adják a pozitív nyomófelületet, továbbá egy ékből, mely a hidraulikus prés nyomásának hatására a két körszelet síkfelületei közé csuszlik és azokat oldalirányban és kifelé tolva, nekiszorítja a negatív formában helyet foglaló lemezcsomag belső felületének. Számítással kellett meghatározni az ék formáját és pozícióját (ékszög: 28° 15'), hogy a körszeleteket olyan irányba nyomja, hogy a szerszám által szolgáltatott nyomás lehetőleg egyenletes legyen. Nyilvánvaló ugyanis, hogy nagy hajlásszögű ék esetén a patkó alsó részére, míg kis hajlásszögű ék esetén a patkó száraitra esik a nagyobb

nyomóerő. Gondoskodni kellett ezen kívül a negatív présforma kihajlását megakadályozó berendezésről is. Ez két-két U-alaku vasból, egy-egy acéllemezről és egy-egy vonóvasból állott. A sablonban ébredő több tonnányi erő ellensúlyozására a számítások szerint 2 db 30 mm átm. köracél rud volt szükséges.

A préselés a sablonnal a következőképpen folyt le:

A negatív formát ráállítottuk a prés alsó lapjára. A ragasztóval bekent lemezcsomagot ezután meghajlítva beszorítottuk a negatív formába, majd behelyeztük a két körszelet alakú alkatrészt. Ezután ezek közé behelyeztük az éket, majd a lemezcsomagot és a körszeleteket, valamint az éket igazgatva lassan nyomás alá helyeztük a berendezést.

A körszeletek könnyedén elhelyezkedtek a helyükön. Csupán arra kellett ügyelni, hogy az alsó részük egy vonalba kerüljön. Ha ugyanis ez nem történt meg, a leragasztott idom belső felületének megfelelő részén kis lépcsőzetes egyenetlenség állott elő.

A negatív forma kihajlását itt is két, a szárán keresztülfektetett mérőléccl mérjük. A kihajlás az erős vasalás ellenére is mintegy 4 mm-t tett ki. Éppen ezért préselés előtt ennyi előfeszítést kellett alkalmazni. Az ékre ható nyomóerő mintegy 11,7 to volt, ami  $25-27 \text{ kg/cm}^2$  fajlagos nyomásnak felel meg. A préselések jól sikerültek és az elkészült idom kifogástalannak bizonyult. (29. ábra.) (Műmellékleten.)

Ezzel a kísérlettel bebizonyítottuk, hogy egy irányban nyomó hidraulikus présen is készíthetők olyan idomok, melyeknek oldalfalai a nyomóerő irányával párhuzamosak.

A tervezett sablont alkalmasnak tartjuk arra, hogy a tapasztalatok alapján készített tökéletesített kivitelű változatával üzemi kísérleteket végezzünk, az üzemi használhatóság megvizsgálása céljából.

### 3. Az alkalmazott ragasztóanyagnál a $\frac{\text{kötési idő}}{\text{fazékidő}}$ tört értékének csökkentése

Nagyfrekvenciás ragasztás alkalmazása esetén az eljárás gazdaságosságának érdekében kívánatos a ragasztó hőérzékenységének növelése anélkül azonban, hogy a fazékidő az üzemi termelésben minimálisan megkívánt 1-2 óra alá csökkenjen.

A  $\frac{\text{kötési idő}}{\text{fazékidő}}$  tört ebből a célból a legjobb jellemzője a gyantának. Kívánatos, hogy a tört értéke minél kisebb legyen. A kötési idő alatt a következőkben azt az időt értjük, amely alatt  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on a gyanta viszkozitása végtelenre növekszik, vagyis amíg a gyanta szil állapotból gél állapotba jut. A fazékidő meghatározás a gyanta  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on mért gélesedési idejére vonatkozik.

A tört értékének csökkentését két irányban vizsgáltuk meg:

1. Megnéztük, hogy a gyanta készitési körülményeinek változtatásával hogyan változik a tört értéke. Mivel a gyanta készitési körülményei között a pH-nak van a legnagyobb szerepe a kötési idő alakulásában, ezért a vizsgálat céljára a gyantákat azonos karbamid-formaldehid molaránnyal, azonos hőmérséklet mellett állítottuk elő. A köztük levő különbség alapjául csupán a gyanta készitési ideje alatti pH érték variálása szolgált.

A következő táblázatból látható a  $\frac{\text{kötési idő}}{\text{fazékidő}}$  tört alakulása a készitési folyamán különbözőképpen variált pH értékek mellett.

A táblázatból látható, hogy a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on mért kötési idő alakulásában a gyanta előállítás közben kialakított pH értéknek gyakorlatilag nincs jelentős szerepe. A  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on mért fazékidő alakulásában azonban a pH érték már láthatóan szerepet játszik. Az előállítás közben ugyanis a pH érték csökkentése egyre inkább rövidülő fazékidőket eredményez. Tehát a lúgos és gyengén savas közegben előállított gyantáknál mérhető a legkisebb  $\frac{\text{kötési idő}}{\text{fazékidő}}$  érték. A savasság növelésével a tört értéke is növekvő tendenciát mutat.

Párhuzamosan vizsgálatokat végeztünk a jelenleg a faipar rendelkezésére álló kőbányai Arbacoll FK és fűzfői Amicoll 50 típusu karbamid-formaldehid gyanták  $\frac{\text{kötési idő}}{\text{fazékidő}}$  jellemzőjének megállapítására. A kötési és fazékidő megállapítása a szabványban előírt  $0,5\% \text{ NH}_4\text{Cl}$  hozzáadásával  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , illetve  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on történt. Az eredményt a 4. és 5. sz. táblázatok tartalmazzák.

A kétféle, jelenleg hazánkban nagyüzemileg előállított karbamid-formaldehid gyantatípus közül nagyfrekvenciás ragasztás céljára a  $\frac{\text{kötési idő}}{\text{fazékidő}}$  tört értékek összehasonlítása alapján a kőbányai Arbacoll FK alkalmazása mutatkozik előnyösebbnek.



## 3. táblázat

A kondenzáció alatt mért pH érték válto- zása	Kötési idő 100 C°-on sec.	Fazékidő 20 C°-on		Kötési idő fazékidő
		óra	perc	
1	2	3	4	5
8,0 - 6,5	45	4	38	0,0026
8,0 - 6,5 vak. <sup>+</sup>	35	4	10	0,0023
8,0 - 6,5	60	5	10	0,0032
8,0 - 6,5 vak.	46	4	15	0,0030
8,0 - 6,0	52	5	15	0,0027
8,0 - 6,0	53	3	20	0,0044
7,5 - 6,0	35	2	30	0,0038
7,5 - 6,0	45	2	5	0,0060
7,5 - 6,0 vak.	35	1	15	0,0077
7,5 - 5,0	45	2	30	0,0050
7,5 - 5,0 vak.	30	1	20	0,0062
7,5 - 5,0	42	1	55	0,0060
7,5 - 5,0 vak.	30	1	5	0,0076
7,5 - 4,0	47	1	10	0,0111
7,5 - 4,0 vak.	28		20	0,0230
7,5 - 4,0	48	1	30	0,0088
7,5 - 4,0 vak.	29		25	0,0190
7,5 - 4,0	43	1	20	0,0090
7,5 - 4,0 vak.	33	1	15	0,0073
7,5 - 4,0	38	1		0,0105
7,5 - 4,0 vak.	28	1	20	0,0058

<sup>+</sup>vákuum alatt besűrítve 60 %-osra.

## 4. táblázat

Kőbányai Arbocoll FK esetén

Sor- szám	Kötési idő 100 C°-on sec.	Fazékidő 20 C°-on		<u>Kötési idő</u> <u>fazékidő</u>
		óra	perc	
1.	55	4		0,00381
2.	47	2	50	0,00460
3.	50	2	50	0,00490
4.	45	2	20	0,00530
5.	60	5	15	0,00310
6.	50	3		0,00460
7.	67	5	10	0,00360
8.	72	4		0,00500
9.	46	2	30	0,00510

A tört átlagos értéke: 0,0044

## 5. táblázat

Füzfői Amikol 50 esetén

Sor- szám	Kötési idő 100 C°-on sec.	Fazékidő 20 C°-on		<u>Kötési idő</u> <u>fazékidő</u>
		óra	perc	
1.	66	2		0,0091
2.	62	1	03	0,0160
3.	62	1	03	0,0160
4.	56	1		0,0150
5.	59		55	0,0170
6.	50		50	0,0160

A tört átlagos értéke: 0,0148.

2. A  $\frac{\text{kötési idő}}{\text{fazékidő}}$  tört csökkentésének másik módját olyan anyagok gyantába való adagolásával akartuk elérni, amelyek 100 C° körüli hőmérsékleten változást szenvednek. A feladat ilyen anyagok felkutatása, illetve kipróbálása volt. A bekötési időméréseket kémsőben, 100 C°-os vízfürdőben és párhuzamosan 20 C°-on végeztük el.

Az Intézetben korábban karbamid-formaldehid gyantákkal kapcsolatos vizsgálatokból kiderült, hogy a számba jöhető katalizátorok közül legmegfelelőbb az ammoniumklorid alkalmazása. Összehasonlítva ugyanis az egyes katalizátorokkal elérhető kötési időket, az ammoniumklorid jelenlétében megy végbe a leghamarabb a gyanta kikeményedése.

A jelenlegi feladat megoldása a következő alapelv szerint történt:

A gyantába a szokásos 0,5 % ammoniumklorid katalizátor mellett lassító, stabilizáló anyagokat kell adni, amelyek a gyantának a présben történő felmelegedéséig semlegesítik az ammoniumklorid hatását, a présben felmelegedve azonban ez a stabilizáló, semlegesítő hatásuk megszűnik és így a gyanta a szokásos módon kikeményedhet. Ilyen stabilizáló anyagként került sor az ammoniumhidroxid, hexametilentetramin (utropin) és karbamid kipróbálására.

a) Az ammoniumklorid hatása a gyantában a következő: a gyantában levő vízzel az ammoniumklorid hidrolizist szenved



A keletkező sósav a gyanta kikeményedését katalizálja. A reakció eredményeképpen keletkező NH<sub>4</sub>OH könnyen bomlik NH<sub>3</sub> gázra és vízre:



A gáz felszabadulva eltávozik a gyantából és így a sósav szabadon kifejtheti katalizáló hatását.

Ugyanezt a folyamatot használtuk fel a  $\frac{\text{kötési idő}}{\text{fazékidő}}$  tört csökkentésére irányuló ammoniumhidroxid (NH<sub>4</sub>OH) adagolásával. A szándékosan bevitt nagyobb mennyiségű NH<sub>4</sub>OH az NH<sub>4</sub>Cl hidroliziz-

6. táblázat

Minta sz.	NH <sub>4</sub> Cl s %	25 %-os NH <sub>4</sub> OH ml/50 g	Kötési idő 100 C <sup>o</sup> - on sec.	Fazékidő		Kötési idő Fazékidő
				óra	perc	
1	2	3	4	5	6	7
0	0,5	0,0	52	3	-	0,0048
1	0,5	0,3	75	8	10	0,0025
2	0,5	0,50	91	11	10	0,0022
3	0,5	0,80	102	15	55	0,0017
4	0,5	1,00	142	28	10	0,0014
5	0,5	1,30	234	42	10	0,0015
6	0,5	1,50	241	65	40	0,0010
0	0,4	-	72	4	-	0,0050
1	0,5	0,30	96	-	-	-
2	0,5	0,50	122	15	30	0,0021
3	0,5	0,80	132	20	15	0,0016
4	0,5	1,00	158	28	-	0,0015
5	0,5	1,30	168	32	-	0,0014
6	0,5	1,50	226	60	-	0,0010
0	0,5	-	66	2	-	0,0091
1	0,5	0,30	67	1	40	0,0111
2	0,5	0,50	82	2	55	0,0078
3	0,5	0,80	115	4	20	0,0073
4	0,5	1,00	126	5	10	0,0067
5	0,5	1,30	180	4	50	0,0103
6	0,5	1,50	207	15	50	0,0036
0	0,5	-	46	2	30	0,0051
1	0,5	0,30	53	4	10	0,0035
2	0,5	0,50	67	7	-	0,0026
3	0,5	0,80	93	13	-	0,0019
4	0,5	1,00	113	17	15	0,0018
5	0,5	1,30	195	25	45	0,0021
6	0,5	1,50	203	49	30	0,0011

sével keletkező sósavat  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on sokáig semlegesíteni képes, a lugos tartományba tolva el a közeg pH értékét. Présbe kerülve azonban az ammonia azonnal eltávozik és a gyanta a HCl hatására kikeményedik. Ilyen módon jól csökkenthető a  $\frac{\text{kötési idő}}{\text{fazékidő}}$  tört értéke azokhoz az értékekhez képest, amelyeket csak ammoniumklorid adagolása mellett kaptunk. A kötési és fazékidő alakulását különböző gyanták esetében  $\text{NH}_4\text{Cl}$  katalizátor és  $\text{NH}_4\text{OH}$  stabilizátor jelenlétében a 6. táblázat szemlélteti.

A táblázatból látható vizsgálati eredmények alapján az ammoniumhidroxidnak, mint stabilizátornak az alkalmazása javasolható, mert nagymértékben növeli a gyanta fazékidejét anélkül, hogy a gyanta minőségét lerontaná.

b) A gyantára jellemző  $\frac{\text{kötési idő}}{\text{fazékidő}}$  tört értékének csökkentését vonja maga után hexametiléntetramin (utropin) adagolása is az  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -dal elkevert gyantába. A hexametiléntetramin hatása a következőképpen magyarázható:

A gyanta pH-ja az ammoniumklorid beadása után savas tartományba megy át. Savas közegben a hexametiléntetramin formaldehid és ammoniumhidroxid képződése közben bomlik. Az ammoniumhidroxid, semlegesítve a közeg savasságát az előbbi pontban mondottak szerint, meghosszabbítja a gyanta  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on mért bekötési idejét. Az ammonia teljes elpárolgása  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on rövid idő alatt bekövetkezik, így a sósavat semlegesítő hatása megszűnik és a gyanta kikeményedik.

A hexametiléntetramin bomlását  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on úgy ellenőriztük, hogy az  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -ot és a hexametiléntetramint olyan térfogatu vízben oldottuk, amennyi gyantát a vizsgálatokhoz használtunk. Az oldatból egy részt kémcsőbe öntve, azt forró vízfürdőn melegítettük. Az univerzál indikátor papírral 7,5 - 8,0 pH értéket mértünk. Az elpárolgás miatt azonban a pH érték fokozatosan tolódtott el a 6-os érték felé a savas tartományba.

A felszabaduló formaldehid jelenlétéről úgy győződöttünk meg, hogy a kémcsőből eltávozó gőzök útjába fuchsinkénessavval átítított szűrőpapír szeletkét tartottunk. A papírszeletke azonnal ibolyás színűre színeződött el, ami a formaldehid jelenlétére mutat. Ugyanez a folyamat játszódik le  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on is, csak természetesen sokkal lassabban. Ennek következtében a gyanta fazékideje meghosszabbodik. A mérési eredmények a 7. táblázaton láthatók.

7. táblázat

Min- ta sz.	NH <sub>4</sub> Cl s %	Urotro- pin s %	Kötési idő 100 C°-on sec.	Fazékidő		Kötési idő fazékidő
				óra	perc	
0	0,5	-	52	3	0	0,0048
1	0,5	0,25	71	4	45	0,0041
2	0,5	0,50	105	13	20	0,0021
3	0,5	0,75	145	31	40	0,0012
0	0,5	-	72	4	-	0,0050
1	0,5	0,25	85	8	30	0,0027
2	0,5	0,50	115	15	-	0,0021
3	0,5	0,75	165	28	-	0,0013
0	0,5	-	66	2	-	0,0091
1	0,5	0,25	74	2	10	0,0099
2	0,5	0,50	106	4	15	0,0060
3	0,5	0,75	167	13	40	0,0033
0	0,5	-	46	2	30	0,0051
1	0,5	0,25	65	5	30	0,0030
2	0,5	0,50	95	9	30	0,0027
3	0,5	0,75	145	30	30	0,0013
4	0,5	1,00	193	64	30	0,0008

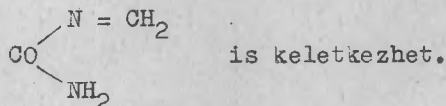
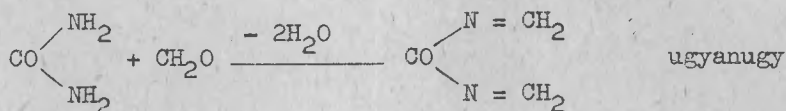
Karbamidnak a felhasználásra előkészített, már edzővel elkevert gyantába való beadagolása szintén alkalmas a tört értékének csökkentésére, illetve az edzővel elkevert gyanta életidejének növelésére. Különböző mennyiségű karbamidot adva az NH<sub>4</sub>Cl-dal elkevert gyantához és 100 C°-on megmérve kikeményedési idejét, azt tapasztalhatjuk, hogy a kikeményedési idő fordítva arányos a beadagolt karbamid mennyiségével. Észrevettük azonban, hogy amikor a beadott karbamid mennyisége elérte a 12 %-ot, a 100 C°-on mért kötési idő addig megfigyelt csökkenésében törés állt be. Valószínű, hogy a karbamidnak 10-12 %-on felüli adagolásával a karbamid már feleslegben van, több már nem tud reakcióba lépni a gyanta szabad formaldehidtartalmával, vagy a gyantában jelen le-



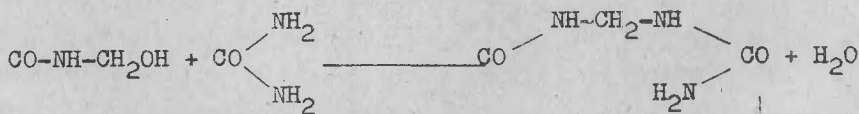
vő más termékkel. Az így beadott felesleges karbamid mennyiség mint töltőanyag felhigítja a gyantát, és ezzel a grafikonból láthatóan késlelteti a gyanta 100 C<sup>o</sup>-on mérhető kötési idejét, az előzőkben mért időkhöz képest. (30. ábra.)

Nyilvánvaló, hogy ennek a jelenségnek a vizsgálata nem csupán a tört értékének alakulásával kapcsolatosan érdekes, hanem az elkövetkezendő időkben a szabad formaldehid tartalom csökkentésére irányuló vizsgálatoknál az utólagos karbamid adagolás, valamint a ragasztott termékek szilárdsági értékei közötti összefüggésekre irányuló munkákban is lényeges kiindulási pontul szolgálhat.

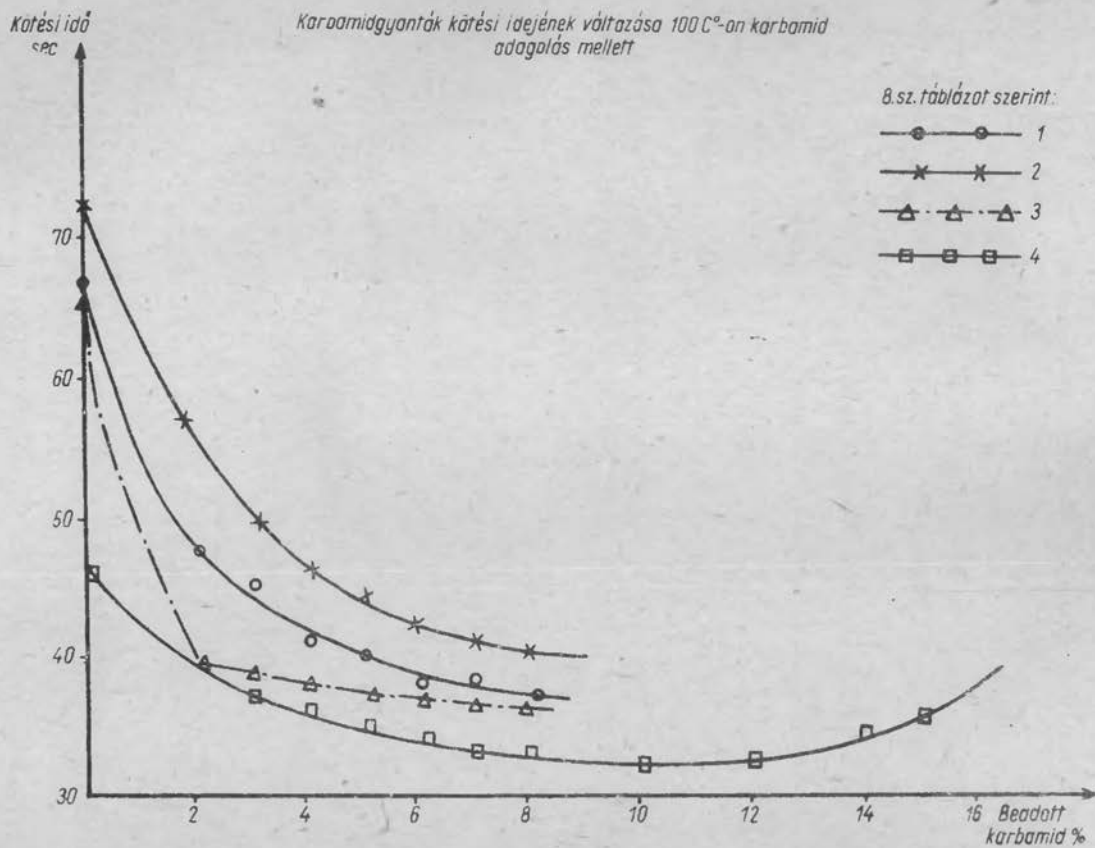
A gyantában jelenlevő szabad formaldehiddel a beadott karbamid a melegítés és az alacsony pH hatására reagálhat metilénkarbamid keletkezése közben, mely nem lágyló, nehezen oldható termék. A reakció során víz lép ki.



A karbamid a gyantában jelenlevő metilol származékkal is reakcióba léphet magas hőfokon, és így siettetheti a polimer termékek kialakulását. A metilol csoport és a karbamid között végbemenő reakciókor víz lép ki. Pl.:



A keletkező ammóniák közömbösítik az edző savanyu hatását (HCl) egészen addig, amíg az ammonia elegendő mennyiségben szabadul fel. Ha az egész beadagolt karbamid ilyen módon már elbomlott, a kialakult savanyu közegben hidegen is végbemegy a gyanta kikeményedése. Valószínű, hogy a karbamid egy része 100 C<sup>o</sup>-on is



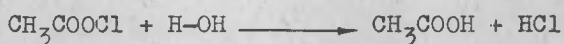
30. ábra

szenved ilyen bomlást a kialakult savas közegben és csak a többi része épül be a polikondenzációs folyamatba. A karbamid adagolása révén a bekötési és fazékidők alakulása a 8. táblázatban látható.

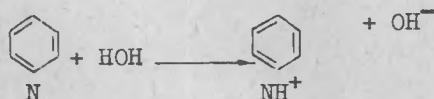
Mint az irodalomból ismeretes, az utóbbi években külföldön elterjedt olyan karbamidgyanták alkalmazása, melyekbe a rejtett hatású katalizátort a gyanta elkészülte után azonnal belekeverik. Szobahőmérsékleten ezek a gyanták hosszú élettartamúak, magas hőmérsékleten azonban gyorsan kikeményednek. Ilyen "rejtett hatású" katalizátorként alkalmazható pl. piridin és acetilklorid keveréke.

Hatásmechanizmusuk a következőképpen képzelhető el:

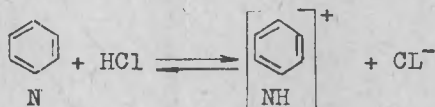
Az acetilklorid vízzel a következő reakció egyenlet szerint reagál.



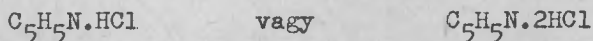
A piridin lúgos tulajdonsága, az aminokkal analóg módon viselkedő vegyület. Vizes oldatban az ammóniához hasonló módon reagál.



Erős ásványi és szerves savakkal sókat ad. Pl.:



A sav mennyiségétől függően keletkezhet:



Ez utóbbi vegyület 55 C<sup>o</sup>-nál magasabb hőmérsékleten bomlik sósav kiválásával. Az így felszabaduló sósav katalizáló hatása használható fel a présbe került anyagban levő gyanta kikeményítésére.

8. táblázat

Minta sz.	NH <sub>4</sub> Cl s %	Karbamid s %	Kötési idő 100 C <sup>o</sup> -on sec.	Fazékidő		Kötési idő fazékidő
				óra	perc	
1.	0,5	-	52	3	-	0,0048
	0,5	2	47	3	5	0,0042
	0,5	3	45	3	15	0,0038
	0,5	4	41	3	25	0,0033
	0,5	5	40	4	-	0,0027
	0,5	6	38	4	25	0,0023
	0,5	7	38	4	36	0,0022
	0,5	8	37	5	10	0,0019
2.	0,5	-	72	4	-	0,0050
	0,5	2	56	4	55	0,0031
	0,5	3	49	5	30	0,0024
	0,5	4	46	6	-	0,0021
	0,5	5	44	6	30	0,0018
	0,5	6	42	7	10	0,0016
	0,5	7	41	7	50	0,0014
	0,5	8	40	8	20	0,0013
3.	0,5	-	66	2	-	0,0091
	0,5	2	40	2	35	0,0043
	0,5	3	39	3	-	0,0036
	0,5	4	38	3	18	0,0031
	0,5	5	37	4	17	0,0023
	0,5	6	37	4	30	0,0023
	0,5	7	36	4	37	0,0021
	0,5	8	36	4	53	0,0020
4.	0,5	-	46	2	30	0,0051
	0,5	2	40	2	55	0,0037
	0,5	3	37	3	10	0,0032
	0,5	4	36	3	30	0,0028
	0,5	5	35	3	45	0,0025
	0,5	6	34	4	-	0,0023
	0,5	7	33	4	10	0,0022
	0,5	8	33	4	10	0,0022
	0,5	10	32	4	50	0,0018
	0,5	12	32	5	25	0,0016
	0,5	14	34	6	15	0,0015
	0,5	15	35	6	50	0,0014

Irodalomból ismert, hogy Japánban a karbamid gyantába adagolt 20 % mennyiségű paraffin emulzióval csökkentik a gyanta viszkozitását, amely a gyanta fazékidejének meghosszabbodásához vezet. A gyanta ragasztószilárdsága ezzel nem csökken, a vele ragasztott termék azonban jobb víz- és gőzálló tulajdonsággal rendelkezik, mint a paraffin nélküli gyantával ragasztottak.

Az előzőekben közölt táblázatból látható, hogy az azonos mennyiségű  $\text{NH}_4\text{Cl}$  mellett adagolt különböző lassító-stabilizáló anyagok hatására hogyan alakulnak a kötési idők. Bár a vizsgálat nem terjedt ki az  $\text{NH}_4\text{Cl}$  és a különféle stabilizáló anyagok mennyiségének variálására és az ezzel nyerhető kötési idők megállapítására, a stabilizáló reakció-mechanizmusok alapján azonban kialakíthatók tetszés szerinti katalizátor-stabilizátor arányok, melyeknek megfelelően a kívánt kötési idő elérhető.

#### 4. A melegítési idő és az azt követő pihentetési idő viszonya

A kísérletekhez felhasznált faanyag 0,7 mm vastag, 15 x 15 cm méretű furnér volt. Ezekből raktunk össze annyit, hogy a préselés után az összvastagság 20 mm legyen.

A kísérleteket végig azonos minőségű furnérokból felépített, azonos mennyiségi anyagon, azonos ragasztó összetétellel és általában - amennyire lehetett - azonos körülmények között végeztük. Változás csupán a melegítési és pihentetési időben volt. Az első préselési sorozatnál a szükséges minimális melegítési időt határoztuk meg az esetben, ha a pihentetési idő = 0. A melegítési idő kezdetének a nagyfrekvenciás áram bekapcsolás időpontját vettük, végének az áram kikapcsolását, és ezzel egyidejűleg a présből való kivétel időpontját tekintettük.

Először olyan hosszú présidőket vettünk, mely alatt a ragasztó biztosan leköt. A présidő elteltével az anyagot a présből haladék nélkül kivettük és a rétegeket azonnal szétfeszítve, meggyőződünk a tökéletes ragasztást bizonyító szálhagyásos elválásról. Ezután a kísérleteket egyre rövidebb présidővel megismételtük egészen addig, amíg a rétegek szétfeszítése alkalmával már nem szálhagyásos, hanem sima anyagelválást tapasztal-

tunk. Az utolsó, még szálhagyásos ragasztást adó présidőt tekintettük a minimális ragasztási időnek.

Ezután olyan kísérletsorozatok következtek, melyek során a generátort hamarabb kikapcsoltuk, s így a melegítési idő 20, 40, 60, 80 %-kal lerövidült. Ezeknél a kísérleteknél az áram kikapcsolása után nem vettük ki az anyagot a présből, hanem hosszabb, majd egyre rövidebb ideig még bennhagytuk. A pihentetési idő végén ismét haladék nélkül megvizsgáltuk az anyagot és megállapítottuk, hogy mennyi az a minimális pihentetési idő, mely az adott melegítési időhöz tartozik. A kísérletek alatt az állandó értéken tartott egyéb tényezők a következők voltak:

Fanedvesség:	60 %
Ragasztó összetétel:	100 sulyrész Arbacoll FK
	14 sulyrész liszt,
	2 sulyrész ammoniumklorid.

A generátor adatai:

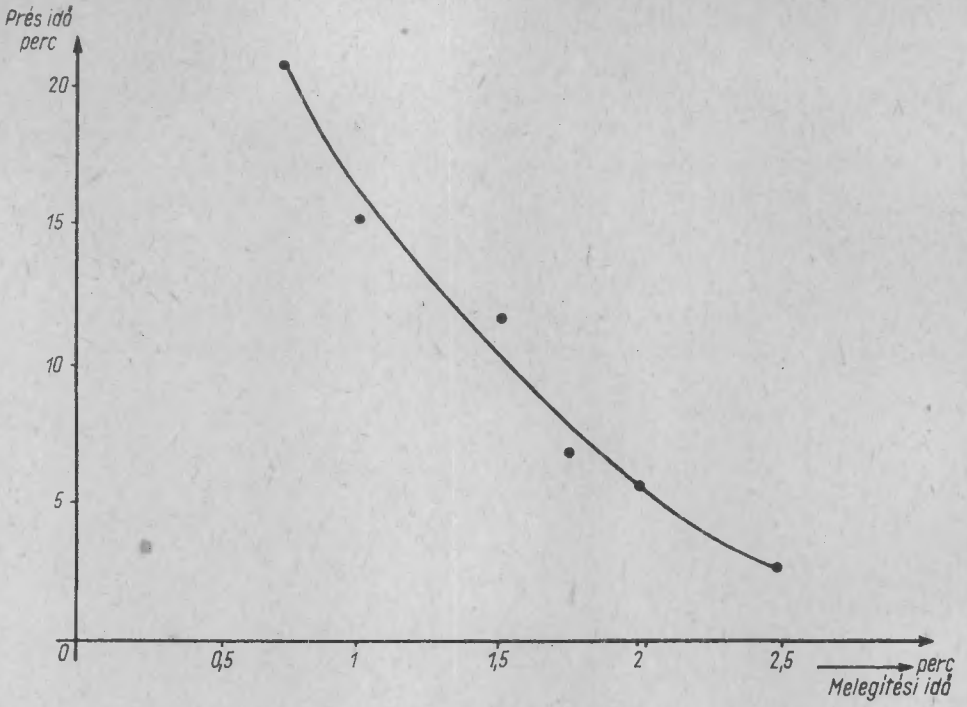
frekvencia	18 MHz
anódfeszültség	300 V
rácsáram	40 mA
anódáram	0,4 A

A kísérletek összesített eredményét a 9. és 10. táblázatokban foglaltuk össze.

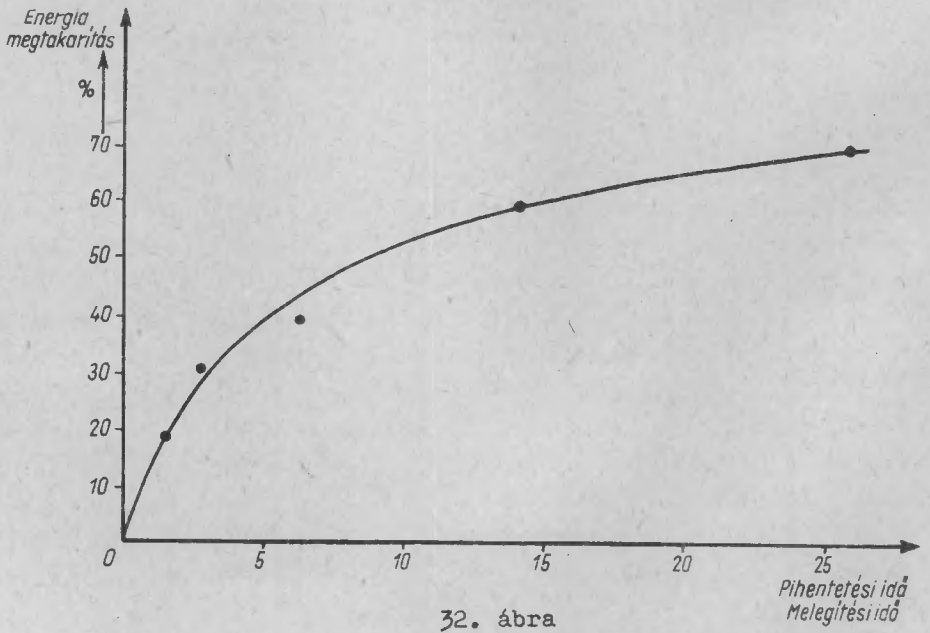
Az adatokból az áramköltségre nézve vettünk le értékes következtetéseket. Kiszámítható, hogy a különböző hosszúságú pihentetési idő beiktatásával az elektromos energia hány százaléka takarítható meg. Az áram megtakarításával szemben azonban azt az árat fizetjük, hogy az összprésidő az eredeti présidőnek többszöröse lesz. Számításainkat a 9. és 10. táblázatban, valamint a 31. és 32. ábrán látható grafikonban foglaljuk össze.

A 32. ábrán látható grafikonból megállapíthatjuk, hogy csökkenő melegítési idővel az összepréselési idő eleinte lassan, majd egyre rohamosabban növekszik. A görbének ez a lefutása a következőkkel magyarázható: a rövidebb idejű melegítési idő alatt a fából és ragasztóból álló rendszer alacsonyabb hőfokra melegszik fel. Alacsonyabb hőfokon viszont a ragasztóanyag tér-





31. ábra



32. ábra

9. táblázat

Melegítési idő perc	Pihentetési idő perc	A leragasztott anyag minősítése
5	0	szálhagyás
4	0	szálhagyás
3	0	szálhagyás
2,5	0	szálhagyás
2	0	sima elválás
2	4	szálhagyás
2	3,5	szálhagyás
2	3	sima elválás
1,75	9	szálhagyás
1,75	6	szálhagyás
1,75	5	szálhagyás
1,75	4	sima elválás
1,5	11	szálhagyás
1,5	9	közepes szálhagyás
1,5	8	gyenge szálhagyás
1,5	5	sima elválás
1	14	szálhagyás
1	12	sima elválás
0,75	20	szálhagyás
0,75	15	sima elválás

10. táblázat

Melegítési idő perc	Pihentetési idő perc	Minimális présidő, perc	Elektr. energia megtakarítás %	Présidő meghosszabbítás %	Pihent. idő melegítési idő
2,5	0	2,5	0	0	0
2,0	3,5	5,5	20	220	1,75
1,75	5	6,75	30	270	2,86
1,5	9,5	11,5	40	460	6,33
1,0	14	15	60	600	14,0
0,75	20	20,75	70	830	25,7

hálósodása, vagyis az A állapotból a B állapotba, majd a C állapotba való átalakulása lelassul. E lassulás, mint ismeretes, a hőmérséklettel nem lineárisan változik, hanem csökkenő hőmérséklettel ugrásszerűen meghosszabbodik. A ragasztóanyag kötési ideje és a hőmérséklet közötti összefüggés jellege mutatkozik meg a 31. ábrán látható görbe jellegén is. Nem célszerű tehát a pihentetési idő melegítési idő tört értékét túl nagyra venni, annál is inkább, mivel a 32. ábrán látható, hogy az energiamegtakarítás a tört növekvő értékével ugyancsak nem növekszik lineárisan.

Célszerűnek tartjuk, ha a pihentetési idő a melegítési időnek 2-5-szöröse. Ez esetben a présidő meghosszabbodás 1,7 - 3,3-szoros, az energia megtakarítás pedig 23 - 38 %.

#### 5. Két székhez és öt vállfához szükséges félkésztermék előállítása

A kérdéses szék 6 db hajlitott elemből, és több kisebb egyes elemből áll. A 6 hajlitott elem a következő:

- 2 db hátsó láb,
- 1 db üléskáva,
- 1 db körbefutó lécz az üléskáva alatt,
- 1 db támla,
- 1 db ivelt lécz a támla alatt.

E 6 alkatrész készítéséhez 3 sablon elegendőnek mutatkozott, mégpedig 1 a két lábnak, 1 az üléskávának és az alatta levő résznek és 1 a támlarész két elemének.

Az üléskáva sablonjával és a vele való munkával a 2. pontban már foglalkoztunk, így e helyen ismétlésekbe nem bocsátkozunk. A támlarész elkészítése sem okozott különösebb problémát, lévén egyszerű, kis iveltségű idom. (33. és 34. ábrák.) (Műmelékleten.)

A lábak elkészítése külön figyelmet érdemel. Ez az idom ugyanis nem egyenletes vastagságú, hanem középen a legvastagabb és két vége felé különböző mértékben elkeskenyedő. Felépítése alkalmával tehát a furnér rétegek számát változtatni kellett az idom hosszanti vonalában. Felépítésére külön tervet készítettünk, figyelembe véve az idom keresztmetszetének változását, a

furnérvastagságot és a préseléskor előálló tömörülés mértékét. A préselendő idom szélességének megfelelő furnércsikokat előre, a terv szerinti hosszúságra vágtuk, majd az enyvezést előírt sorrendben végezve raktuk egymásra a bekent lemezeket. A lemezcsoomag aljára 4 rétegben teljes hosszúságu furnér csik került, ezután egyre rövidebb darabok, végül egy egész rövid csik, mely arra a helyre került, ahol a leendő lábnak a legvastagabbnak kell lennie.

Ezután az így lépcsőzetesen felépített furnérhalomra ismét 4 réteg teljes hosszúságu furnérlemez került, mely hivatva volt kiegyenlíteni a lépcsők okozta egyenetlenségeket.

A préselés alatt, az idom ivelt volta ellenére, a rétegek elcsuszását nem észleltük, noha a csikokat semmi módon külön nem rögzítettük. Az elkészült idomot és sablonját a 35. és 36. ábrán láthatjuk. (Műmellékleten.)

Az idomokból összeállított széket a 37. ábrán láthatjuk. (Műmellékleten.)

A ruhaakasztó vállfa préselésénél szerzett tapasztalatokat már ugyancsak leírtuk, így nem ismételjük azokat. E helyen csupán az elkészült idomot és sablonját mutatjuk be. (38. és 39. ábrák.) (Műmellékleten.)

A fentebb leírt szék elemeinek elkészítésénél méréseket végeztünk a felhasznált elektromos energiát illetően. A mérések szerint az elkészített termék minden kilogrammjára 0,20–0,25 kWó elektromos energia használódott fel.

Korábbi méréseink a kísérleteknél 0,35 kWó/kg fa értéket adtak. Az eltérés a következőkkel magyarázható: Az első kísérleteknél a generátort a legkisebb feszültséggel járattuk, amikor is a generátor hatásfoka rosszabb, mint teljes terhelésnél. A kis alaku próbatestek miatt a hideg környezet felé a hőleadás is nagyobb. A 40. ábrán látható szék alkatelemei nagyobbak voltak és a generátort is kb. kétharmad teljesítménnyel járattuk, így a hőveszteségek kisebbek, a hatásfok pedig jobb volt.

Üzemi termelés és a legújabb típusu generátor használata mellett a fajlagos energiafogyasztás valószínűleg a 0,15–0,20 kWó/kg fa értékek közé fog esni. Pontosabb értéket csak az üzemi gyártás megindulásakor, mérések útján lehet nyerni. Pihentetési idő beiktatásával a 4. pontban mondottak szerint az energiafogyasztás tovább csökkenthető.

### III. AZ 1962 ÉVBEN, A TÉMA KERETEBEN ELVÉGZETT KISÉRLETEK ISMERTETÉSE

#### A kísérleti gyártáshoz rendelkezésünkre álló gépi berendezések ismertetése

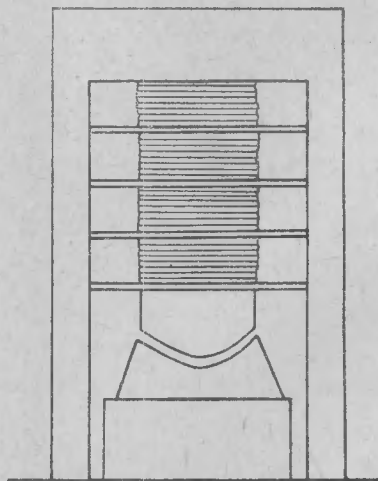
Gépi berendezésünk egy nyomóformákkal felszerelt hidraulikus présből, egy nagyfrekvenciás generátorból, majd később még egy enyvfelhordó hengerből állott.

A prés Bürkle gyártmányu, több emeletes, gőzfűtési hidraulikus prés volt. Mivel munkánk során csak egy emeletre volt szükség, a préslapok közeit rétegelte lemezcsomagokkal töltöttük ki. Ezen lemezcsomagok azonban nem értek végig a préslapok teljes szélességében, hanem azoknál rövidebbek voltak, hogy felfekvési felületük megfeleljen a préslapok közé helyezett nyomóforma felfekvési felületének. (40. ábra.)

Igy tudtuk biztosítani az acél préslapok épségét. Amikor ugyanis első kísérleteinknél az acéllemezek közé helyezett rétegelte lemezcsomag szélesebb volt a nyomóforma felfekvési területénél, préseléskor az acéllemezek kihajlását észleltük.

Miután a présbe behelyezett sablon a prés záródása során felfelé elmozgott, a tápvezetékeket csupán a prés záródása után kapcsoltuk rá az elektródákra.

A prés nyomófelülete 120 x 60 cm volt. A prés a padozatba olyan mélyen volt besüllyesztve, hogy zárt állapotban a nyomóforma a generátor kimenő kapcsaival került egy magasságba. Tapasztalataink alapján, rétegelte idomok készítésére megfelelőbb egy alsó rögzített és egy felső mozgó préslappal ellátott prés.



40. ábra

Nagyfrekvenciás generátor - Az üzemi kísérletek kezdetén nagyfrekvenciás áramforrásul a Faipari Kutató Intézet kísérleti generátorát használtuk. Ennek főbb műszaki adatai a következők voltak:

- Gyártó: Tesla (Csehszlovákia).
- Típus: TOS GU 5.
- Üzemi frekvencia: 18 MHz.
- Hálózathoz felvett max. teljesítmény: 8 kW.
- Maximális leadott teljesítmény: 3,5 kW.
- A nagyfrekvenciás kimenő kapcsok földszimmetrikusak.
- Adócsövek hűtése: levegővel.

Kisebb kísérleti ragasztásokhoz a generátor megfelelőnek bizonyult, azonban a 10 kg súlyú tömbök sorozatragasztásához már nem adott elég teljesítményt, a ragasztáshoz szükséges idő meghosszabbodott. Teljesítmény kb. 2,35 kW volt.

A Furnér- és Lemezművek az I. negyedévben beszerzett egy jóval nagyobb teljesítményű generátort. Ennek adatai:

- Gyártó: Budapesti Rádiótechnikai Gyár.
- Típus: DG 25.
- Üzemi frekvencia: 13,5 MHz.
- Hálózathoz felvett max. teljesítmény: 55 kW.
- Maximális leadott teljesítmény: 25 kW.
- A nagyfrekvenciás kimenő kapcsok közül az egyik földelt.
- Adócső hűtése: vízzel.

E generátor teljesítménye a 10 kg súlyú idomok leragasztására bőven elegendő volt, sőt a túl gyors felmelegedés okozta gyulladás veszélyének kiküszöbölésére csak 2/3 teljesítménnyel használtuk. Ez megfelelt 16,7 kW leadott és 30 kW hálózathoz felvett teljesítménynek.

A generátor üzemeltetése során a nagyfrekvenciás erőter erős szóródását tapasztaltuk. A generátor és a prés több méteres körzetében a térerősség olyan nagy volt, hogy az ott elhelyezkedő vezetékekben tekintélyes feszültségek indukálódtak. A generátor fölött húzódó villanyvezetéken levő izzók pl. több esetben gyenge izzásba jöttek, még a generátortól 10-15 m távolságban is. Kézben tartott fénycső, vagy glimm-lámpa a prés és a generátor 1-2 m-es körzetében világított. A présben indukálódó re-



szültség miatt tartózkodnunk kellett a nagyfrekvenciás áram bekapcsolási ideje alatt annak érintésétől.

Az enyvfelhordó henger a lemezgyártásnál általánosan használt berendezés volt, mely biztosította a ragasztóanyagnak a furnérfelület mindkét oldalára való egyenletes felhordását.

### A melegítő elektródarendszerek behangolása

A behangolás célja olyan állapot megteremtése, melynél a melegítésre rendeltetett rezgőkör önfrekvenciája megegyezik a generátor frekvenciájával. Ez esetben maximális mennyiségű energia jut el a melegítendő anyagba.

Mind a külső, mind a belső rezgőkör frekvenciáját a körben helyet foglaló induktivitások és kapacitások a Thomson formula alapján határozzák meg.

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

ahol:

f = a rezgőkör másodpercenkénti rezgésszáma,

L = a rezgőkör elemeinek induktivitása Henry-ben,

C = a rezgőkör elemeinek kapacitása Farad-ban.

Ha az elektródák és a melegítendő anyag által képzett kondenzátor kapacitása túl nagy, vagy túl kicsiny, a külső kör nem hangolható rezonanciára a belső körrel, és számottevő energiaátadás nem történhet, s a melegítés igen lassu lesz. Ilyen esetben megfelelő rezgőköri elemekkel, induktivitásokkal és kapacitásokkal a külső kört ki kell egészíteni, hogy a rezonanciát elérhessük.

Ha az elektródarendszer kapacitása túl nagy, a Thomson formula szerint a külső kör frekvenciája a kívátnál alacsonyabb lesz. A szükséges frekvencia beállítása végett tehát a rezgőkör kapacitív, vagy induktív tagját kell csökkenteni. Ha az elektródarendszer kapacitása túl kicsiny, a kapacitív, vagy induktív tagot növelni kell.

A "Gondola" és "Venance" típusok ragasztásánál a melegítendő anyag és a két elektróda által képezett kondenzátor kapacitá-

sa túl nagyoknak bizonyult. Mivel az eljárás széleskörű ipari bevezetésénél általában ez a körülmény fog fennállni, ti., hogy az elektródarendszer túl nagy kapacitású, részletesebben ezzel az esettel foglalkozunk.

A külső kör kapacitását a munka kondenzátorral sorba kötött kondenzátorral, induktivitását pedig a munka kondenzátorral párhuzamosan kötött induktivitással csökkenthetjük. Mi az üzemi frekvencia beállítására a jobb hatásfok és egyszerű kivitel miatt az utóbbi megoldást választottuk. Az induktivitás, kísérleteinknél 2-5 cm széles alumíniumszalagból készített egyszerű hurok volt, mely az elektródákat kötötte össze. Az induktivitás nagyságát, vagyis a hurok hosszát, illetve a szalag szélességét addig változtattuk, míg az oszcillátorcső anódáramának és rácsáramának viszonya megegyezett azzal, amit a generátort gyártó vállalat, mint optimális értéket, előírt. Ez jelenti ugyanis a tökéletes rezonanciát és a maximális energia kivételt.

#### A rétegezt anyag felépítésével kapcsolatos kísérletek

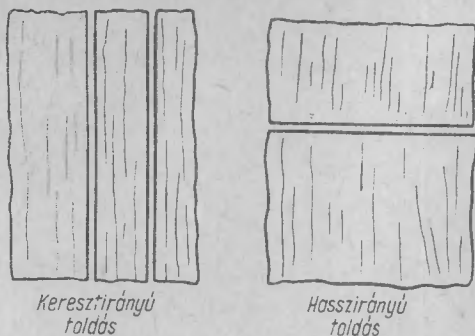
Mindenekelőtt néhány kísérlettel megállapítottuk, hogy a síma és egyenletes felület biztosítása végett elegendő, ha a legkülső réteg E-I. osztályú 1 darabból álló, az alatta levő pedig E-II. osztályú, 1 darabból álló furnér.

Ezután már több darabból álló, vagy csomós, hibás rétegek következhetnek, vagyis a kísérleteink tárgyát képező 24 rétegezt butor alkatelemek felépítésénél a felhasznált furnérmennyiség 83,5 %-a alacsonyrendű furnérből kerülhet ki.

További kísérleteink célja volt megállapítani, hogy a belső rétegek hány darabból és milyen módon építhetők fel, anélkül azonban, hogy az elkészült alkatelemek szilárdsága az egész furnérből felépített idomokéhoz viszonyítva csökkenjen.

Az egyes rétegek darabokból való felépítése kétféle elv szerint történhet: keresztirányban és hosszirányban. E kétféle toldási módot a 41. ábrán szemléltetjük.

Keresztirányú toldás esetén az elkészült tömbökből kivágott alkatelemek, felhasználásuk során, a rétegek síkjában a farestirányára merőlegesen általában nincsenek erőhatásoknak kitéve. Ennélfogva a keresztirányú toldások nem gyengítik az elké-



41. ábra

rán nem tapasztaltunk úgy, hogy a sorozatragasztásokat is mind keresztirányú toldásokkal végeztük. Egy-egy belső réteg 5-6 darabból állott. A belső rétegek keresztirányú toldása bevált és abból eredő meghibásodást, vagy minőségromlást nem észleltünk.

Hosszirányú toldások esetén a helyzet kedvezőtlenebb. Mivel a toldás vonala keresztben vonul, a lepréselt nyers tömbből kivágott valamennyi butor alkatelem tartalmaz toldott részt. A butor alkatelemek használatuk során hajlító igénybevételnek vannak kitéve. Ez azt jelenti, hogy egyes furnér rétegek húzásra, mások nyomásra vannak igénybevéve a farostok irányában. Azok a rétegek, melyek toldottak és a hajlításnál a húzott övezetbe esnek, nem szerepelnek teherviselőként és számuk arányában gyengítik az alkatelemeket. A hosszitoldásból eredő szilárdságcsökkenés számszerű értékének meghatározása végett kísérleteket végeztünk, mégpedig a sorozatragasztáshoz használt "Velence" típusú fotelkar sablonjának felhasználásával.

A kísérletekhez felhasznált fa 1,1 mm-es bükkfurnér volt. Az I. számú kísérleteknél a lemezek összerakása a következő séma szerint történt:

E-I. osztályu furnér 1 db-ból	900 mm hosszú.
E-II. osztályu furnér 1 db-ból	900 mm hosszú.
Darabfurnér 2 részből	300 + 600 mm hosszú.
Darabfurnér 1 db-ból, ill. keresztirányban toldva	900 mm hosszú.
Darabfurnér 2 részből	600 + 300 mm hosszú.

szült alkatelemek szilárdságát. Csupán azt kellett megfigyelni, hogy a préselés során nem csuszna-e el az egyes furnércsikok, ami az elcsuszás helyén a rétegek számának helyi csökkenéséhez, kisebb fajlagos nyomásához, ezen keresztül pedig a ragasztószilárdság csökkenéséhez vezetne. Ilyen jelenséget kísérleteink so-

Darabfurnér 1 db-ból, ill. keresztirányban toldva	900 mm hosszú.
Darabfurnér 2 részből	300 + 600 mm hosszú.
Darabfurnér 1 db-ból, ill. keresztirányban toldva	900 mm hosszú.
Darabfurnér 2 részből	600 + 300 mm hosszú.
Darabfurnér 1 db-ból, ill. keresztirányban toldva	900 mm hosszú.
Darabfurnér 2 részből	300 + 600 mm hosszú.
Darabfurnér 1 db-ból, ill. keresztirányban toldva	900 mm hosszú.

Innen, középtől kezdve, fordított sorrendben ismételve.

Ilyen módon végezve a toldásokat, egymás fölé csak minden negyedik lemezen került toldás.

A II. és III. sz. kísérletnél a toldott lapok közé nem tettünk egész lapot. Így egymás fölé minden második lemeznél esett toldás.

Az így elkészült nyers tömbökből ezután hasonlóan, mint a további ipari feldolgozás esetén, csikokat vágunk ki.

A hajlítószilárdság vizsgálatára kivágott csikok szélessége 40 mm, hossza 250 mm, vastagsága pedig 23-24 mm volt (az idom eredeti vastagsága). A próbatesteket úgy alakítottuk ki, hogy a toldott rész közepre essen. Hasonló méretű próbatesteket vágunk ki összehasonlító vizsgálatok céljából, ugyanannak a csiknak toldást nem tartalmazó részéből is, a toldott csikokkal megegyező számban.

Az alátámasztási pontok távolsága 200 mm volt. A terhelés a próbatest közepén történt, a rétegekre merőleges irányban. A megvizsgált próbatestek száma az I., II. és III. kísérleteknél 70 db volt. A kísérletek eredményét, mely a mért szilárdsági értékek számtani középértéke, a II. táblázat megfelelő rovata tartalmazza.

Az ütő-törő munka nagyságának megállapítása végett ugyan-csak csikokat vágunk ki a leragasztott nyers tömbökből, melyeknek méretei: szélesség 20 mm, hosszúság 250 mm, vastagság 23-24 mm (az idom eredeti vastagsága). A csikokat ez esetben is úgy alakítottuk ki, hogy a toldott részek közepre essenek. Kontroll próbatesteket ez esetben is készítettünk.

## 11. táblázat

	A kísérlet jelzése					
	I		II + III		IV	
	Tol- dott	Kont- roll	Tol- dott	Kont- roll	Tol- dott	Kont- roll
Ütő-törő munka mkg/cm <sup>2</sup>	0,81	0,85	0,57	0,80	0,97	0,94
Hajl. szilárds. kg/cm <sup>2</sup>	1041	1147	1032	1190	1178	1079
Ütő-törő munka %, a kontrollhoz képest	95,3		71,3			103,2
Hajl. szilárds.%, a kontrollhoz képest	91,0		86,8			109,0

Az alátámasztási pontok távolsága 240 mm volt. Az ütő-erő a próbatestek közepén, a rétegekre merőleges irányban hatott. A vizsgált próbatestek száma az I., II. és III. kísérleteknél 82 db volt. A vizsgálatok eredményét ugyancsak a 11. táblázat tartalmazza.

A kísérletekből megállapítottuk, hogy az egyszerű hossz-toldások a butor alkatелеmek szilárdságát csökkentik, mégpedig azon a helyen, ahol öt toldás esik egybe, a hajlítószilárdság csupán 91,0 %-a, az ütő-törő munka pedig csupán 95,3 %-a a kontroll minta szilárdságának.

Azon esetben, ha egymás fölé 10 toldás esik, a hajlítószilárdság 86,6 %-a, az ütő-törő munka pedig csupán 71,3 %-a volt a kontroll minta hasonló értékeinek.

Ezek a kísérletek megmutatták, hogy egyszerű hossz-toldást nem célszerű alkalmazni, mivel az az elkészült butor alkatелеm szilárdságát károsan befolyásolja. Olyan toldási módot kellett keresnünk, mely biztosítja a rétegeknek rostirányban több darab-

ból való felépítését, anélkül azonban, hogy a kész termék szilárdsága a toldást nem tartalmazó termék szilárdsága alá csökkenne.

A IV.sz. kísérletnél javaslatunk alapján kipróbáltuk az un. átlapoló-toldások alkalmazását. E módszernek lényege abban áll, hogy a toldások egy részénél a furnérdarabokat nem egymás mellé, hanem mintegy 3 cm mélységben egymásra helyezve fektetjük le. Meggondolásunk a következő volt:

Az átlapoló furnér jó ragasztás esetén az 1 darabból álló furnérral egyenértékű, mivel húzó igénybevétel esetén nem a ragasztás válik szét. Az átlapolás természetesen azon a helyen a rétegek számának szaporodását okozza. Minden toldás átlapolása esetén ez egy oldalon öt többlet réteget eredményezne, ami a rétegek számának 20,8 %-kal való megnövekedését okozná. Ez a helyi vastagodás erősen igénybe venné a nyomóformát és nagy fajlagos nyomás alakulna ki. Ezért a 10 toldott réteg közül csak négyenél alkalmaztunk átlapolást, azzal a meggondolással, hogy az egy oldalon csupán két többletréteget eredményez és ez a 8,3 %-os rétegszám növekedés a nyomóformát még nem veszi károsan igénybe, viszont elegendő arra, hogy a nagyobb tömörödés folytán előálló nagyobb szilárdság kompenzálja az ugyanazon helyen levő három, illetve egy átlapolás nélküli toldás szilárdság-csökkentő hatását. (Hajlító igénybevételnél ugyanis csak egy átlapolás nélküli toldásnak van szerepe, annak, amelyik a húzott övezetben van. A másik, a nyomott övezetben és a harmadik, a neutrális övezetben levő ugyanis a szilárdságot nem csökkenti.)

Elképzeléseink igazolására elvégeztük a IV.sz. toldási kísérletet. E kísérletnél a furnérok felépítési sémája a következő volt:

E-I. osztályu furnér 1 db-ból	900 mm	hosszu
E-II. osztályu furnér 1 db-ból	900 mm	"
Darabfurnér 2 részből	300 + 600 mm	"
Darabfurnér 1 db-ból, ill. hosszitoldva	900 mm	"
Darabfurnér 2 részből	600 + 300 mm	"
Darabfurnér 1 db-ból, ill. hosszitoldva	900 mm	"
Darabfurnér 2 részből, átlapoltva	300 + 600 mm	"
Darabfurnér 1 db-ból, ill. hosszitoldva	900 mm	"

Darabfurnér 2 részből átlapolva	600 + 300 mm	hosszu
Darabfurnér 1 db-ból, ill. hossztoldva	900 mm	"
Darabfurnér 2 részből	300 + 600 mm	"
Darabfurnér 1 db-ból, ill. hossztoldva	900 mm	"
Darabfurnér 1 db-ból, ill. hossztoldva	900 mm	"
Darabfurnér 2 részből	600 + 300 mm	"
Darabfurnér 1 db-ból, ill. hossztoldva	900 mm	"
Darabfurnér 2 részből átlapolva	300 + 600 mm	"
Darabfurnér 1 db-ból, ill. hossztoldva	900 mm	"
Darabfurnér 2 részből átlapolva	600 + 300 mm	"
Darabfurnér 1 db-ból, ill. hossztoldva	900 mm	"
Darabfurnér 2 részből	300 + 600 mm	"
Darabfurnér 1 db-ból, ill. hossztoldva	900 mm	"
Darabfurnér 2 részből	600 + 300 mm	"
E-II. osztályu furnér 1 db-ból	900 mm	"
E-I. osztályu furnér 1 db-ból	900 mm	"

Az elkészült nyers tömböt ezután az I., II., III. kísérletnél már ismertetett módon felváltuk és megvizsgáltuk. A megvizsgált próbatestek száma 24 darab volt. A kísérlet eredményét ugyancsak a 11. táblázat megfelelő rovata tartalmazza.

Az eredmények feltételezésünket igazolták, amennyiben a IV. sz. kísérletnél a toldott próbatestek hajlítoszilárdsága 109,0 %-a, ütő-törő szilárdsága pedig 103,73 %-a volt a kontroll próbatestek hasonló szilárdságának, vagyis lényegében a kontrollal megegyező szilárdságot mutatott.

A rétegelt idomok felépítéséhez használt furnérmennyiség 83,5 %-a tehát alacsonyabbrendű, kis darabokból is állhat, ami az eljárás gazdaságosságát lényegesen emeli.

#### A szükséges melegítési és préselési idő meghatározása

Melegítési kísérleteket először a 25 kW-os generátor I. fokozatával, kb. 8,3 kW kimenő teljesítménnyel kezdtük meg, majd áttértünk a II. fokozatra, ami 16,6 kW teljesítménynek felelt meg. A melegítések során kezdetben gyakran tapasztaltuk a ragasztásra kerülő tömb helyi túlmelegedését, ami a belső rétegek szennedésében, sőt az anyag préselés közbeni robbanásában nyilván-



nult meg. (Ezekről a jelenségekről részletesebben a későbbiekben szólnunk.) Emiatt célszerűnek láttuk a melegítési időt kétfelé osztani és közéjük pihentetési időt beiktatni. E közbeiktatott idő alatt a rétegelt tömb kissé kihül, az anyagban levő hőmérsékleti egyenetlenségek részben kiegyenlítődnek, és a második melegítés alatt a túlmelegedési jelenségek elmaradnak. Ez a melegítési rendszer a gyakorlatban bevált, és a leragasztásra került kb. 12 t rétegelt anyag csaknem teljes egészében osztott melegítési idővel készült. A melegítési idő az üzemi kísérletek megindulásakor kétszer 3-4 perc volt, közte 3 perc szünettel, majd utána 8-10 perc pihentetéssel.

Pihentetési időül akkora időtartamot választottunk, ami az összes présidőt még nem nyújtja túl hosszúra, viszont mégis jelentős energiamegtakarítást eredményez. A melegítési idő 2,5-szeresét kitevő pihentetési idő alkalmazásával a szükséges energiamennyiségnek több mint egynegyedét, 26 %-át meg lehet takarítani.

Az üzemi kísérletek előrehaladtával, amikor a ragasztások már zökkenőmentesen, folyamatosan történtek, a prészerszám annyira átmelegedett, hogy elegendőnek bizonyult kétszer 2 perc melegítési idő is, közötté 2 perc szünettel, majd utána 8 perc pihentetéssel. A présidő lerövidítéséhez hozzájárult még az is, hogy a ragasztóanyagba, melyet egyébként az üzem katalizátor nélkül használt, katalizátort is adagoltunk, ami adott hőfokon a ragasztó kikeményedését jelentősen gyorsítja.

Ezeknél a kísérleteknél a ragasztás minőségét úgy állapítottuk meg, hogy a nyers tömb felső rétegeit, közvetlen a présből való kivétel után, megpróbáltuk lefejtetni. Ha ez nem sikerült és a furnér réteg elszakadt, biztosak lehettünk abban, hogy a belső rétegek is megragadtak. Nagyfrekvenciás melegítésnél ugyanis mindig az anyag legkülső része a lehidegebb és ott keményedik meg legkésőbb a ragasztó. Az ismertetett próbán kívül, időnként a leragasztott tömbökből csíkokat vágunk le, majd azok erőszakos eltörése után megvizsgáltuk a törési felületet, vajon történt-e elválás a ragasztórétegek mentén, vagy sem. Első esetben a ragasztást rossznak, utóbbi esetben megfelelőnek minősítettük. A ragasztás tehát 2 perces melegítésből, majd utána 2 perc szünetből, ismét 2 perc melegítésből, majd 8 perc pihentetésből állott.

A műszak kezdetén, amikor a présforma felülete még hideg, a melegítési idő az első darabnál 50%-kal, a másodiknál 25%-kal, a harmadiknál 10 %-kal hosszabbnak veendő, mint az üzem közben megfelelőnek bizonyult présidő.

#### A kísérleti gyártás során keletkező selejtek okainak meghatározása és kiküszöbölésük

##### A ragasztószilárdság meg nem felelő volta

Az üzemi kísérletek kezdetén a "Gondola" fotelkarfa készítésénél a ragasztás bizonytalanságát tapasztaltuk, ami abban nyilvánult meg, hogy az elkészített nyers tömbökből kivágott 3-4 cm széles csikokat erőszakosan széttörve, a megvizsgált anyag egy részénél a törési felület a ragasztási rétegek mentén elválásokat mutatott. A ragasztás körülményeit alaposan megvizsgálva, a hibát a présnyomás elégtelenségében találtuk meg. Az első üzemi ragasztásoknál a fajlagos nyomás a laboratóriumi kísérleteknél megfelelőnek talált  $25-30 \text{ kp/cm}^2$  volt. A fajlagos nyomást  $40 \text{ kp/cm}^2$  értékre emelve, a leírt rendellenességek elmaradtak és azon túl a ragasztószilárdság elégtelen voltából származó selejtet csak szórványosan észleltünk.

A laboratóriumi és üzemi viszonyok mellett szükséges fajlagos nyomás különbségének az okát abban látjuk, hogy a nagyméretű sablon egyenetlensége, továbbá a felhasznált csökkent értékű furnér vastagságának egyenetlensége következtében a fajlagos nyomás a rétegelt idom készítésekor egyes helyeken a laboratóriumi kísérleteknél megállapított és elegendőnek bizonyult érték alá csökkent és nem tudta biztosítani a teljes értékű ragasztást.

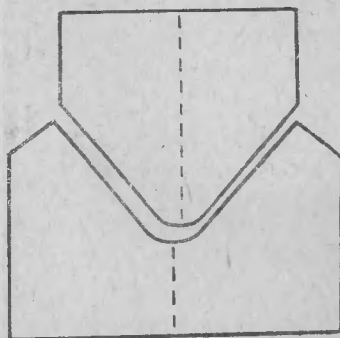
##### A leragasztott nyers rétegelt tömb egyenlőtlen vastagsága

Az egyenlőtlen vastagság, mint tünet, jelzi a préselt idom készítésénél a fajlagos nyomás egyenetlenségét. Ezenkívül az elkészült butor alkatelem felhasználhatóságát is korlátozza, ill. a nyers tömböket feldolgozó butorgyarak csak bizonyos méret túréssal tudják átvenni az anyagot.

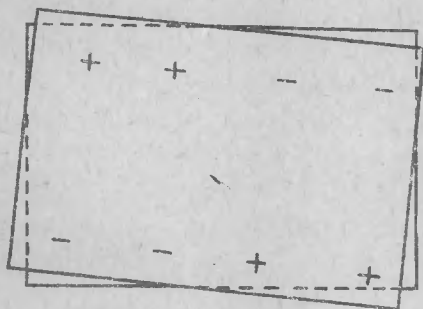
A jelentésünkben leírt termék egyenlőtlen vastagságát megfigyelésünk szerint 4 ok idézheti elő:

1. A felső és alsó présforma elmozdulása abból a helyzetből, mely a nyomófelületek megszerkesztésekor meglett állapotba. Az elmozdulás történhet oldalirányban (42. ábra), vagy függőleges tengely körüli elfordulás által. (43. ábra).

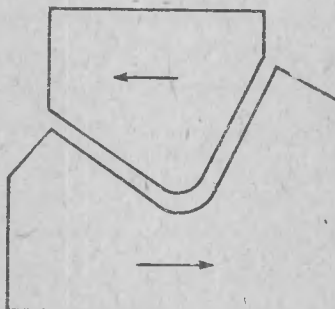
Az oldalirányú elmozdulást elősegíti az, ha a nyomófelületnek a préslapokhoz képest elfoglalt helyzete nem megfelelő és a hajlott nyomófelület jobb, illetve baloldalán ébredő oldalirányú erő egymással nem egyenlő. (44. ábra.)



42. ábra



43. ábra



44. ábra

Ezzel az esettel részletesen a későbbiekben foglalkozunk.

Az oldalirányú elmozdulás következtében a hajlított idom egyik szára vastagabb, a másik pedig vékonyabb lesz. Ilyen jelenséget kísérleteink során többször tapasztaltunk, és véglegesen megszüntetni csak a nyomóformáknak a préslapokhoz való rögzítésével tudtuk. A présformák tengelykörüli elfordulását ugyan csak tapasztaltuk. Ennek következtében a leragasztott nyers tömb egyes részei vastagabbak, más részei pedig vékonyabbak az előírtnál. Ez eltérő vastagságu helyek azonban bizonyos szimmetria szerint váltakoznak, mely az idom térbeli görbültségének következménye. A "Gondola" típusnál pl. a vastagság a 43. ábrán bemutatott eloszlást mutatja.

+ jellel jelöltük a vastagabb, - jellel a vékonyabb helyeket.

Az ilyen tömböt csikokra felvágva, a nyert alkatelemek közül a tömb két széléből kivágott csikok mutatják a legnagyobb vastagságbeli eltérést. A közép felé az eltérés csökken, és a középről kivágott csik vastagságbeli eltérést már nem mutat.

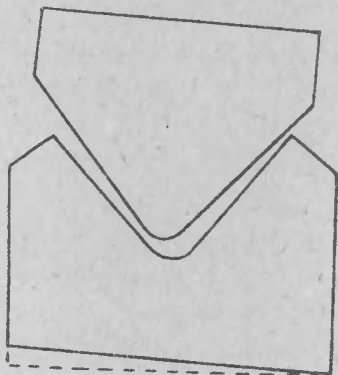
A présformák elfordulása miatt keletkezett torz alakú termékek középső részei tehát továbbfeldolgozásra alkalmasak és felhasználhatók.

A présformák elfordulását ugyancsak a préslapokhoz való biztos rögzítéssel akadályoztuk meg. A présformák egymáshoz képest való elmozdulása megállapítható egyrészt az elkészült idomok vastagságának több helyen való meghatározása útján, másrészt olyan módon, hogy az alsó présformára a préselendő idom vastagságának megfelelő vastagságu kis falkockákat ragasztunk, majd a prést óvatosan összezárva megfigyeljük, hogy a kockák egyszerre érintik-e a felső présforma nyomófelületét. Ha ez nem következik be, a nyomóformák rögzítését kissé meglazítva úgy kell elvégezni, hogy a kis kockák a felső présforma nyomófelületét egyszerre érintsék.

## 2. Az egyik présforma felfekvési felületének nem megfelelő hajlásszöge

E jelenséget a 45. ábrán mutatjuk be.

Ebben az esetben az elkészült idom vastagsága az ábráról leolvasható módon többszörösen változik. Ezt a hibát, mely a la-



45. ábra

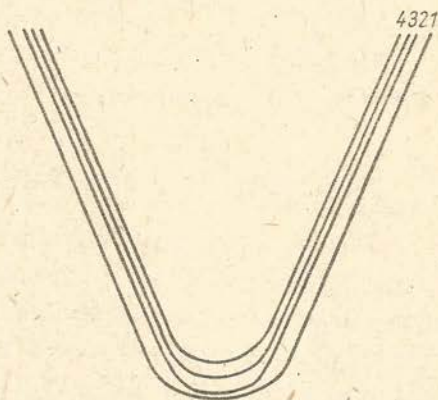
boratóriumi kísérletek során fordult elő; gyakorlatilag úgy küszöböltük ki, hogy a présforma aljára a pontozott vonalnak megfelelően lépcsőzetesen furnér rétegeket ragasztottunk, mely kipótolta a nyomóforma anyaghiányát.

3. Vastagsági differenciát okozhat a nyomóforma felületének egyenlőtlen megmunkálása. Ez különösen nagyobb formák esetén tapasztalható. Ez ellen olyan módon védekeztünk, hogy a présformáról a felesleges részeket lapos



reszelővel eltávolítottuk, az anyagihiányból eredő mélyedéseket pedig egymásra ragasztott fug-papír réteggel töltöttük ki. Mély részek kitöltésére használni lehet még olyan hidegen keményedő műanyagot, mely kikeményedés közben nem zsugorodik. Ilyen pl. a polieszter, vagy az epoxi-alapu műanyagok. Ezekhez használat előtt töltőanyagként falisztet is lehet keverni. Természetesen ezek az utólagos javítások mind az elektródát képező alumínium-lemez alatt foglalnak helyet.

4. Végül vastagságkülönbséget okozhat az is, ha préselés során a ragasztóanyag megkeményedésekor a présformák nyomófelületének távolsága nagyobb, vagy kisebb az előírtnál. Az ez okból előálló méretkülönbség a hajlatokban jelentkezik. A nyomóformák hajlatainál ugyanis a felső és alsó présformán a görbületi sugarak nem egyenlők, hanem a készítendő idom kívánt vastagságától függően különböznek. Ha préselés során akár az olajnyomás, akár a furnérok összvastagsága megváltozik, a ragasztó megszilárdulásakor a présformák nyomófelülete nem az előirt távolságban (1-3) lesz egymástól. Ha ez a távolság az előírtnál nagyobb (4), a hajlatokban az elkészült idom helyi vastagodást, ha kisebb (2), helyi vékonyodást mutat. (46. ábra.)



46. ábra

#### Az elkészült idomok belső rétegeinek szenesedése

A leragasztott nyers tömbök kihülve teljesen kifogástalanak látszanak, csupán szétvágásukkor tűnnek elő az elszenesedett belső rétegek. A szenesedés oka az egyenlőtlen felmelegedés. Noha nagyfrekvenciás melegítéskor a melegítendő faanyag teljes keresztmetszetében egyenletesen képződik a meleg, a felületi rétegek hőmérséklete a legmagasabb. Ez a jelenség, mint már írtuk, arra késztet bennünket, hogy a melegítési időt két részre osszuk. A melegítési idő kétfelé osztása és lerövidítése után szenesedést nem észleltünk.

## Melegítés közben az anyag robbanása

Az üzemi kísérletek kezdetén több ízben észleltük. A melegítési idő vége felé erős hang kíséretében az anyag felső rétegei kiszakadtak és több méter távolságra repültek. (47. ábra.) (Műmellékleten.)

A szétrobbant tömböket felvágva, a robbanás centrumában elszenesedett farétegeket találtunk. Nyilvánvalóan az történt, hogy az erős belső felmelegedés következtében a fában és a ragasztóban levő víz gőzzé vált, és oly nagy nyomás alakult ki, melynek a fa rostirányra merőlegesen már nem tudott ellentállni. A préselt idomok anyaga mind egyenlő rostirányú furnért tartalmaz, ezért rostirányra merőlegesen a szilárdsága gyengébb, mint hasonló vastagságú, keresztezett szálirányú rétegelt tömb szilárdsága.

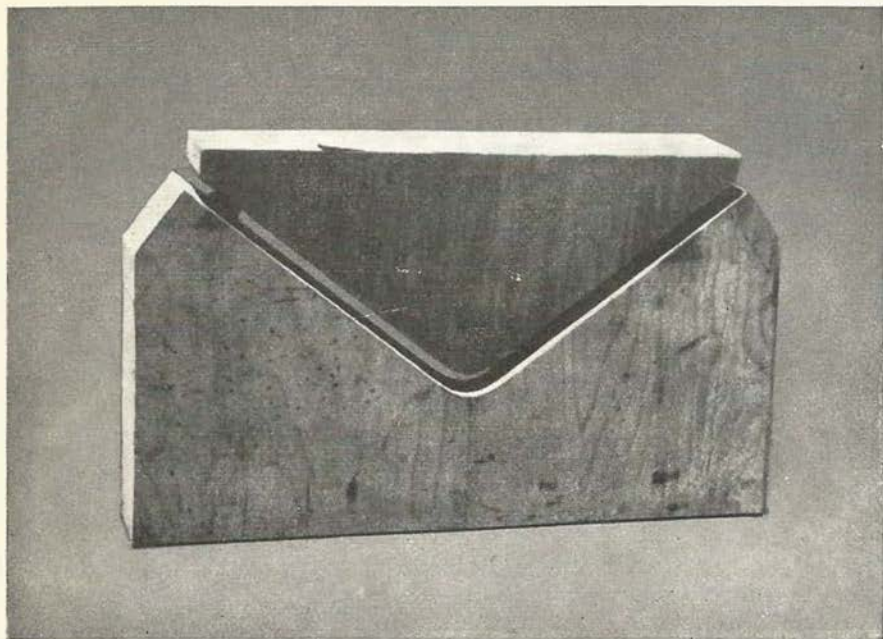
A robbanás jelensége a melegítési idő megosztása és lerövidítése után megszűnt.

## A leragasztott tömb felületi rétegeinek hólyagosodása

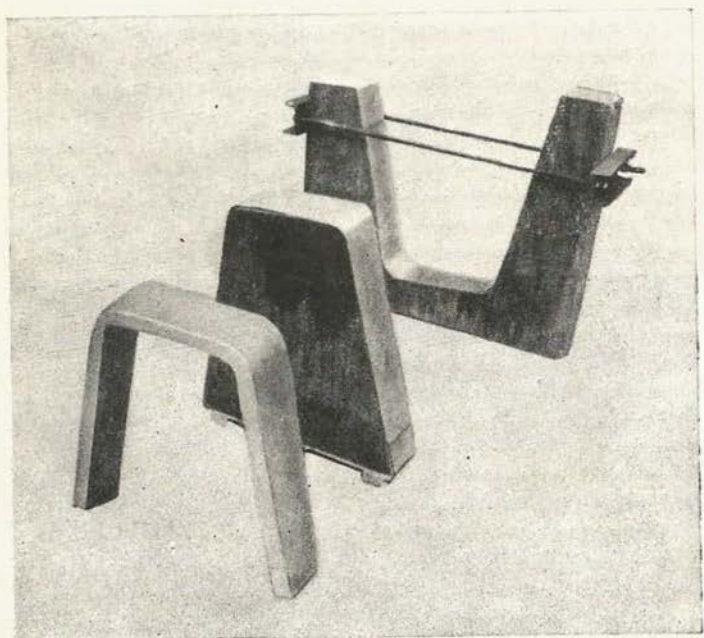
Olyan esetekben fordult elő, amikor a felhasznált faanyag nedvességtartalma az előírt maximális 12 %-ot meghaladta. Magas nedvességtartalom esetén egyrészt adott idő alatt az anyag alacsonyabb hőmérsékletre melegszik fel (a fa fajhője lényegesen kisebb, mint a víz fajhője), másrészt a ragasztóanyag kikeményedése az alacsonyabb hőmérséklet miatt nem tökéletes. Nedves faanyagon a ragasztó tapadása sem olyan erős. Így csökken a rétegeket összetartó ragasztás szilárdsága. A magas nedvességtartalom következtében hő hatására fejlődő gőzmennyiség is megnövekszik és olyan nagy nyomások alakulnak ki a rétegelt anyagban, melyek a prés szétnyitásakor a furnér rétegeket egymástól elválasztják, létrehozva a hólyagosodást. A fanedvesség és a melegítési idő pontos betartása után a hólyagosodást már nem észleltük.

A gyártási selejtekkal kapcsolatban elmondottakat, könnyebb áttekintés kedvéért a 12. táblázatban foglaltuk össze.





3. ábra

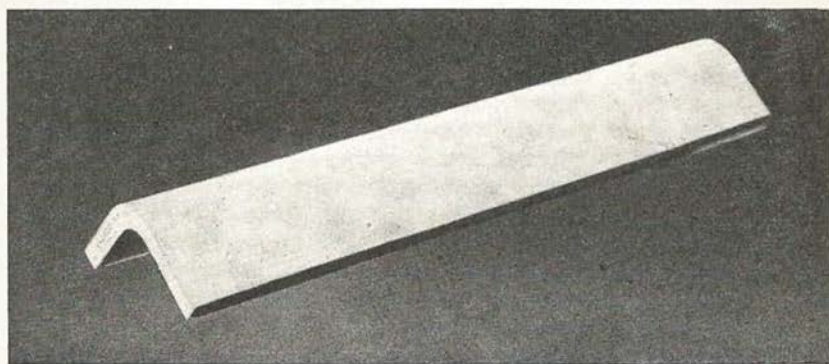


4. ábra

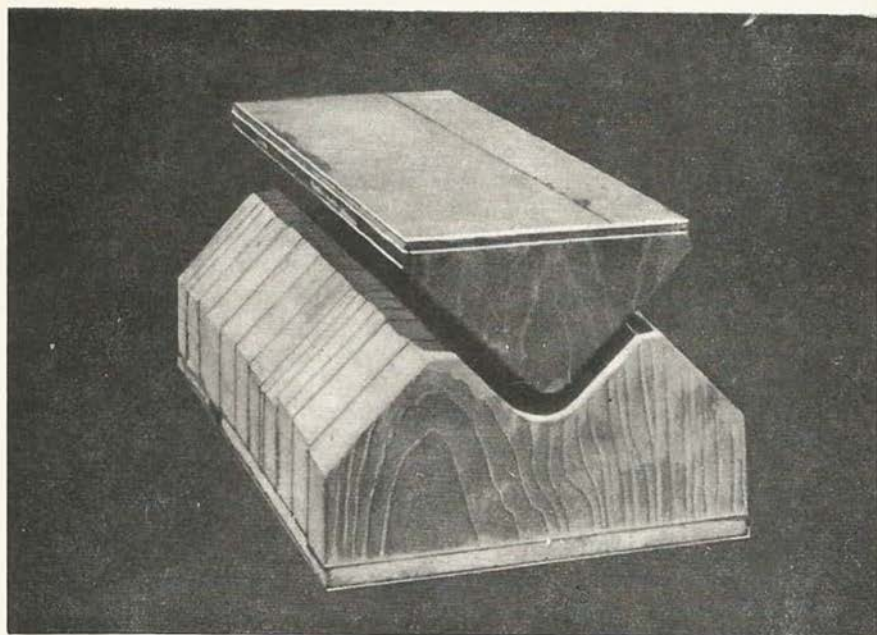




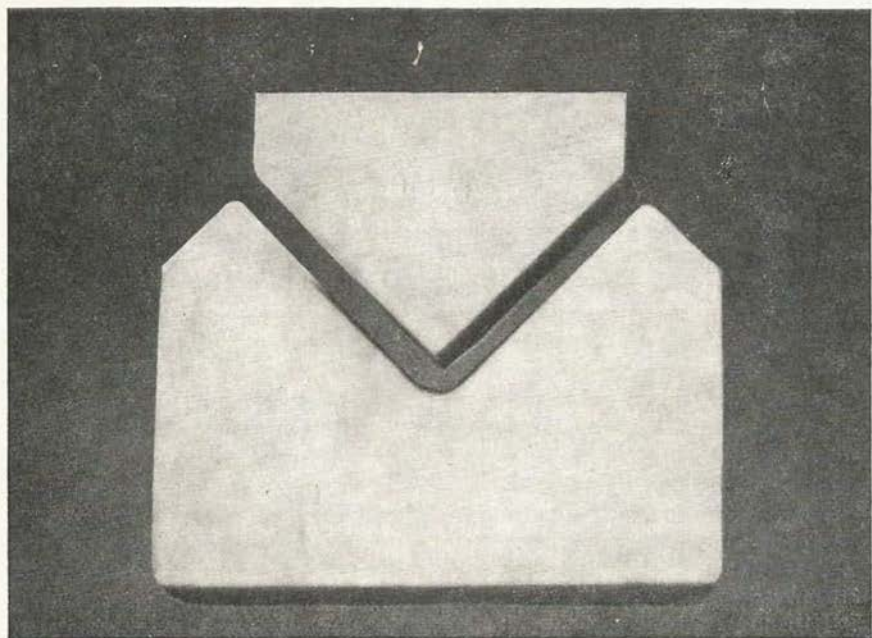
10. ábra



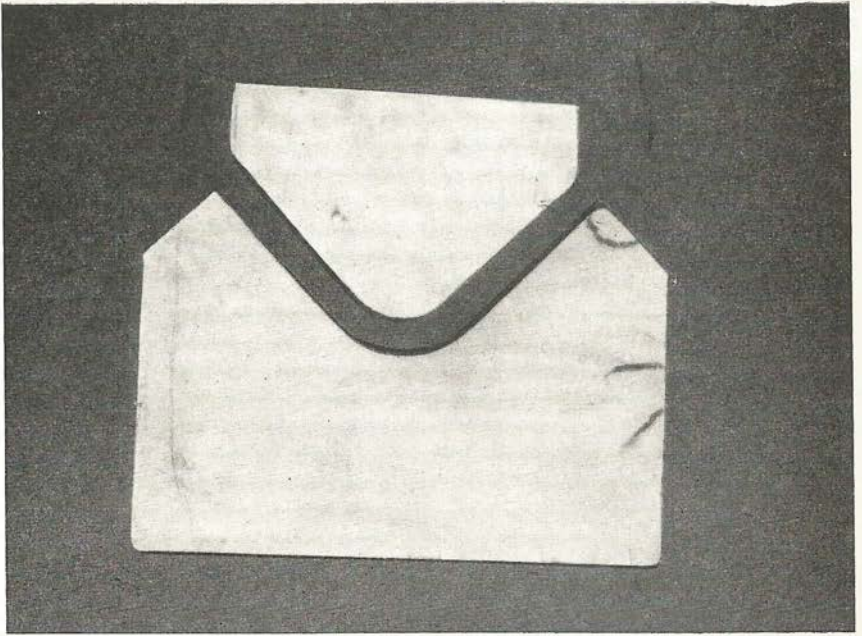
11. ábra



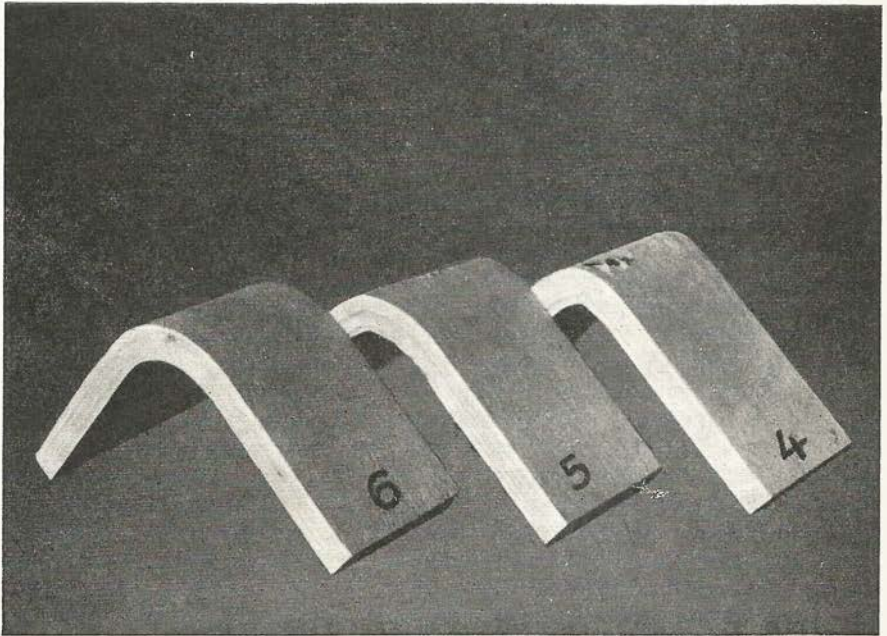
13. ábra



14. ábra

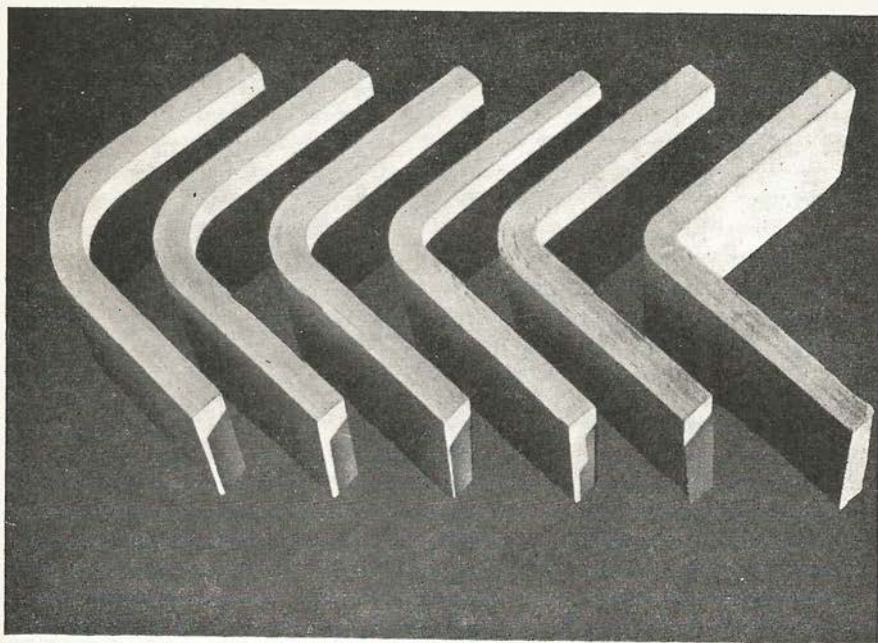


15. ábra

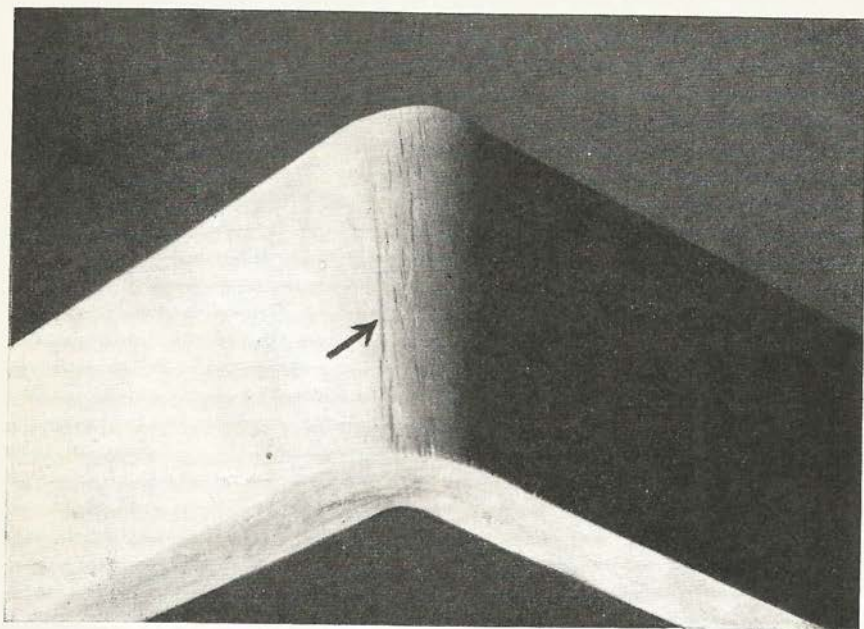


18. ábra

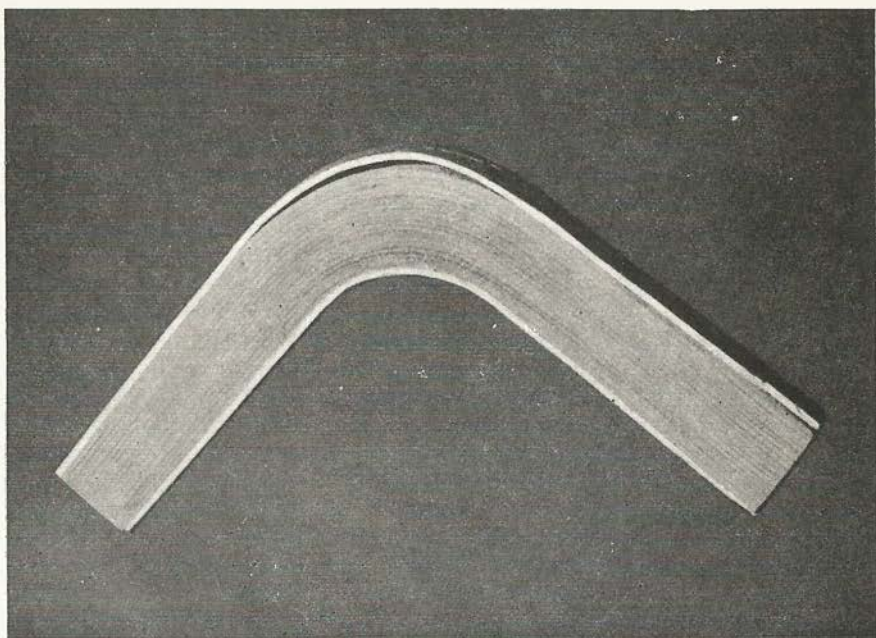




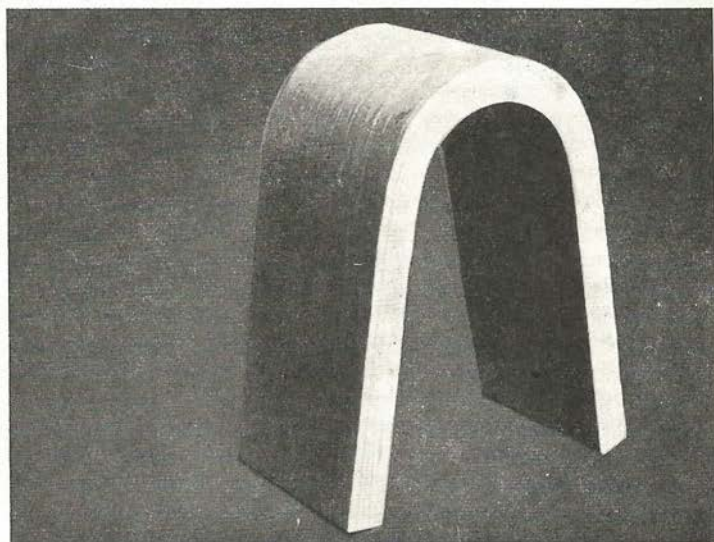
19. ábra



21. ábra



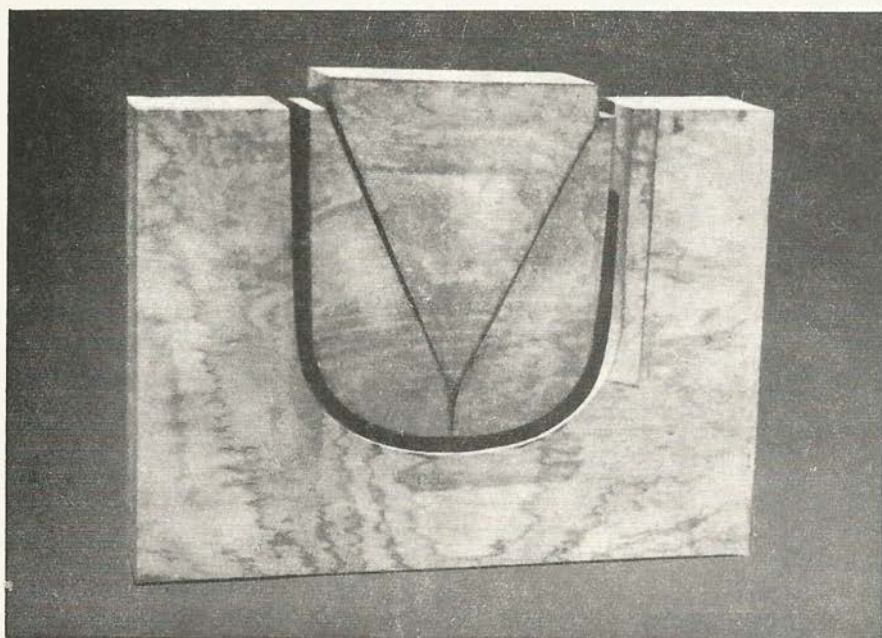
22. ábra



24. ábra

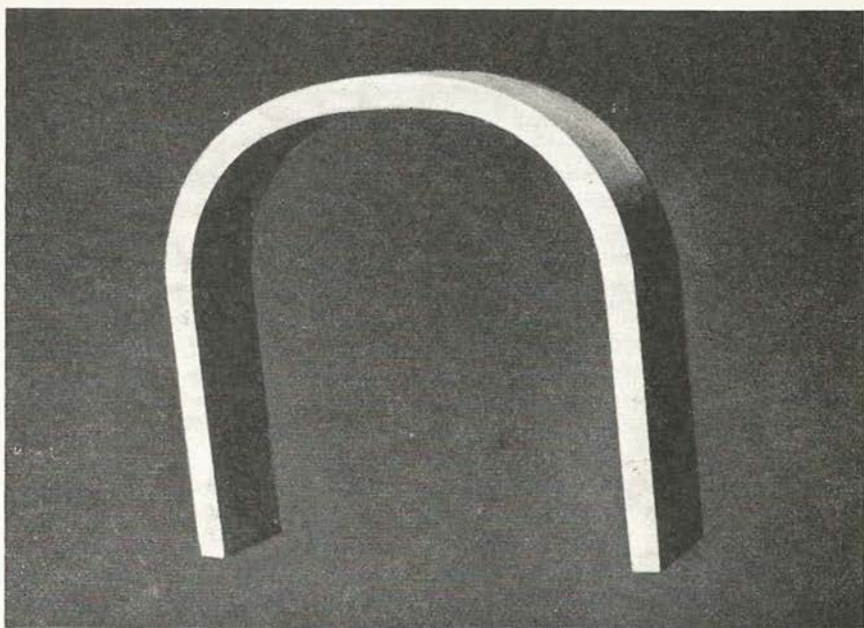


27. ábra

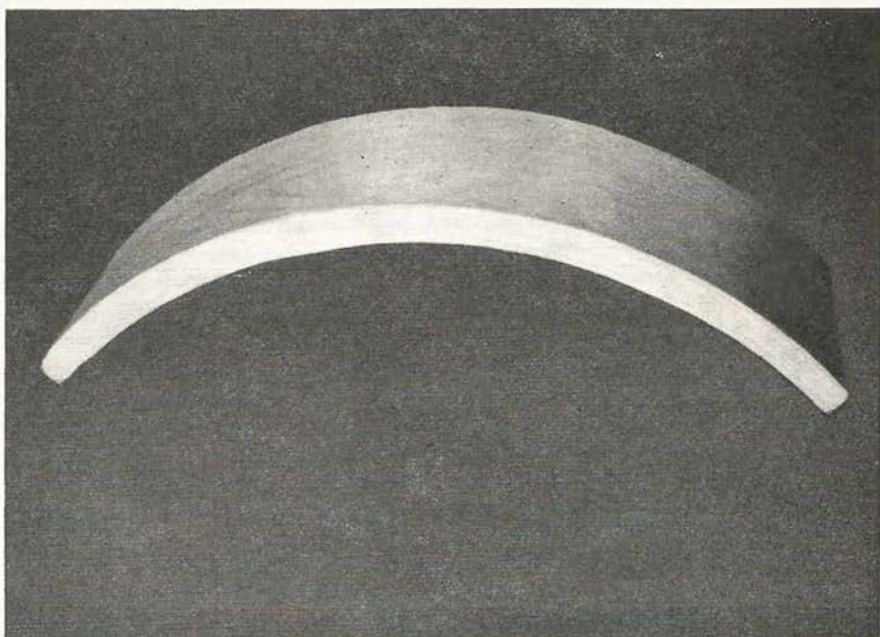


28. ábra

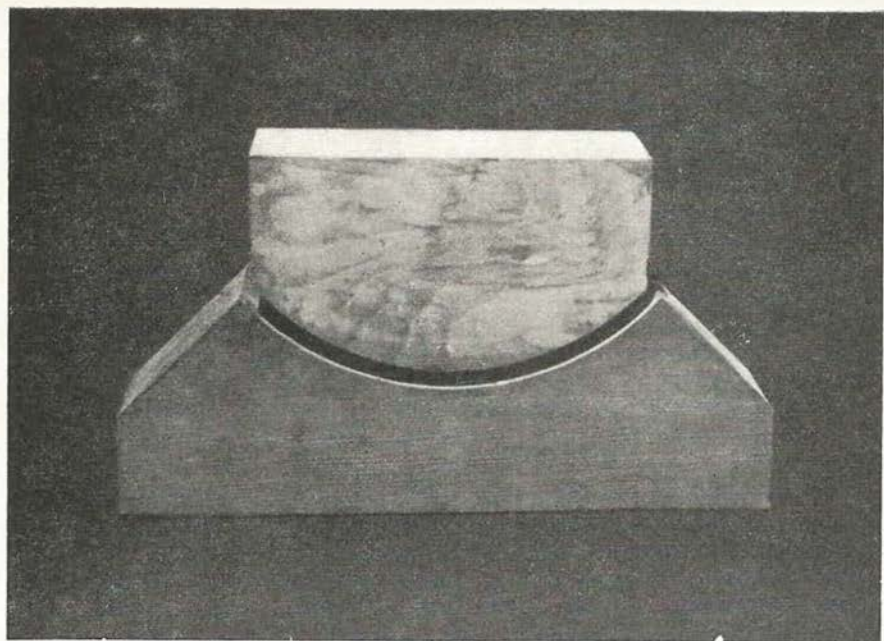




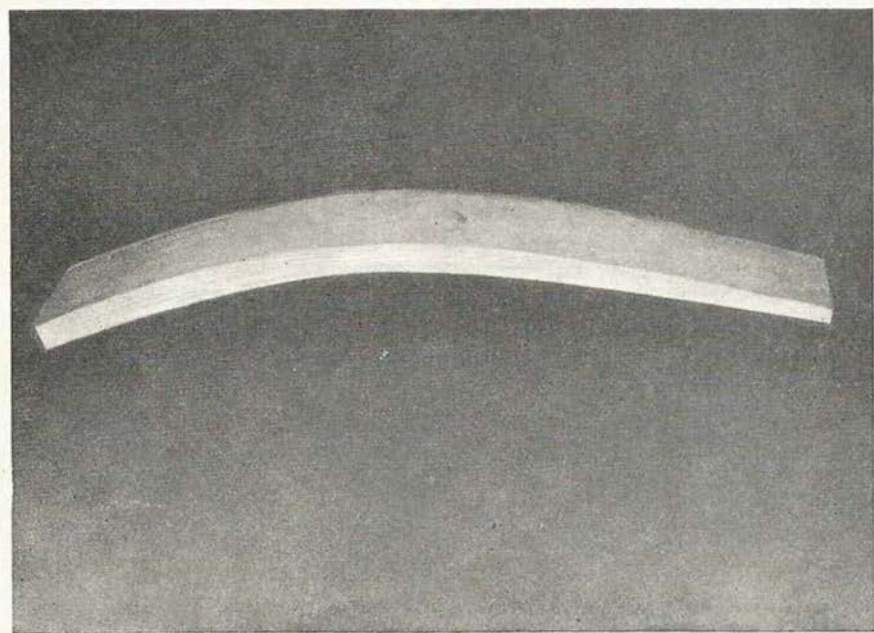
29. ábra



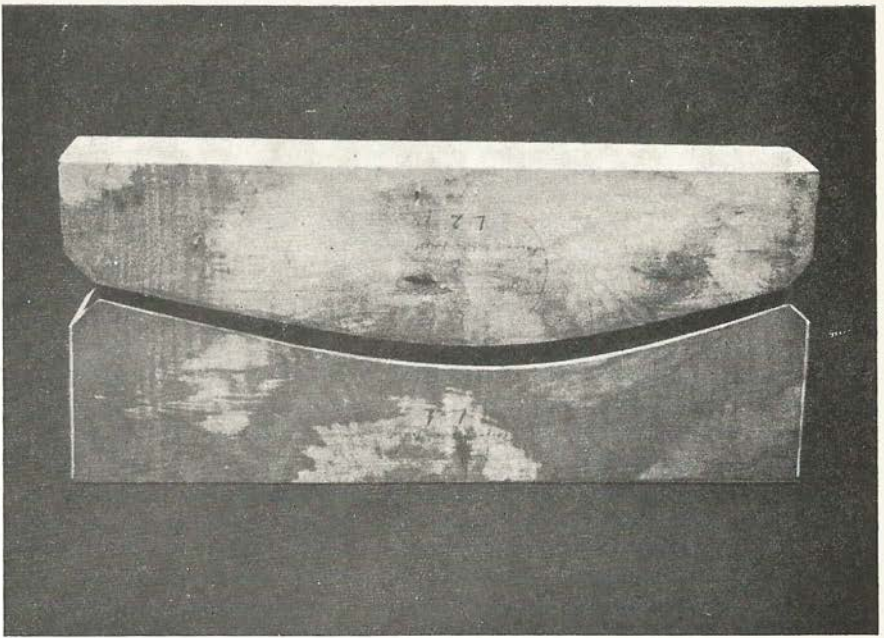
33. ábra



34. ábra



35. ábra

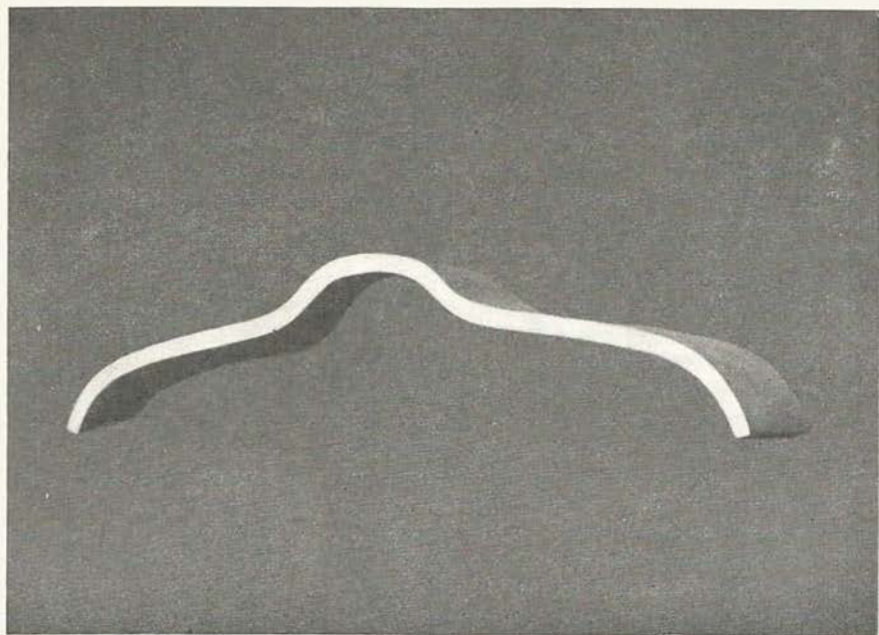


36. ábra

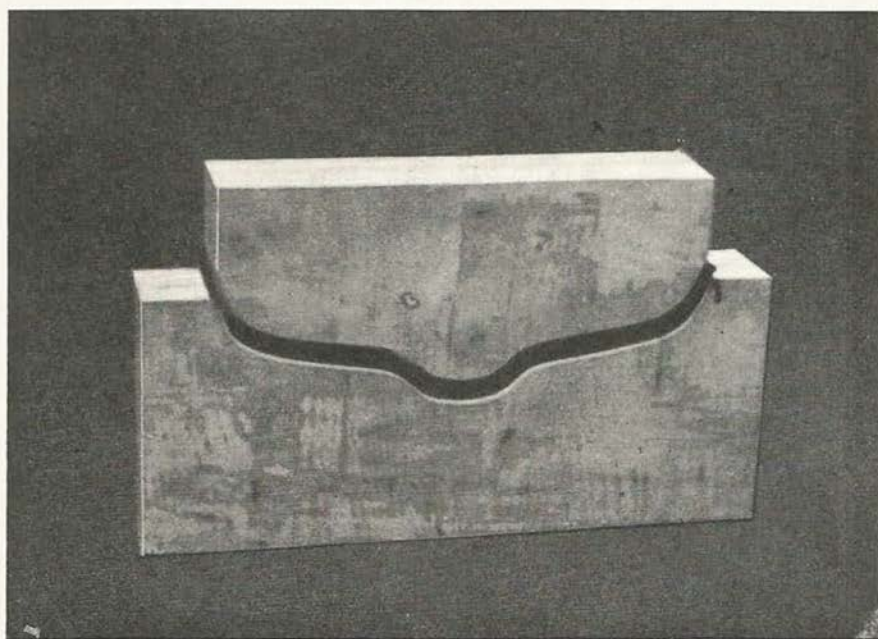


37. ábra





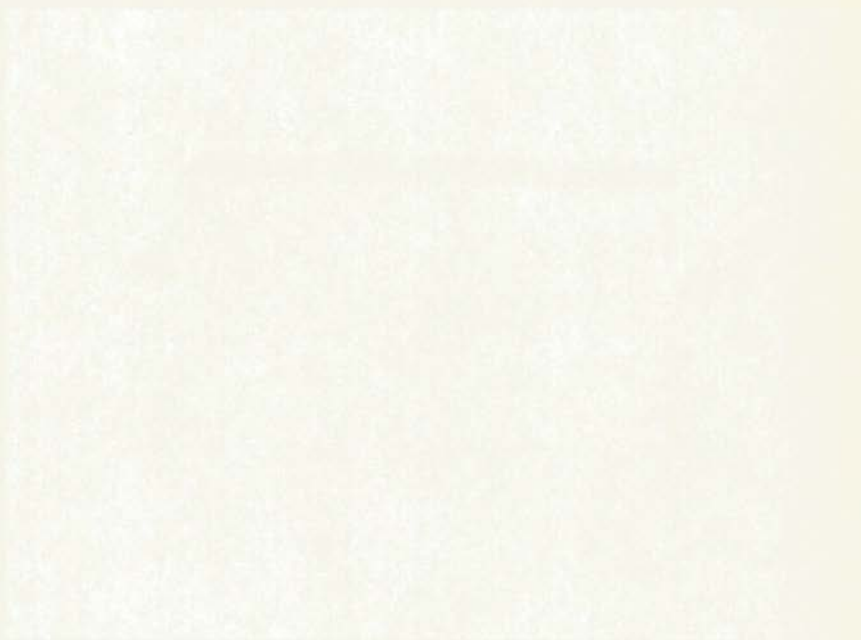
38. ábra



39. ábra



47. ábra



## 12. táblázat

Az észlelt hiba megnevezése	A hiba keletkezésének oka	Milyen módon szüntettük meg a hibát?
A ragasztási szilárdság nem megfelelő volta	Alacsony fajlagos nyomás (25-30 kp/cm <sup>2</sup> )	A fajlagos nyomást felemeltük 40 kp/cm <sup>2</sup> -re
A leragasztott nyers, rétegelt tömb egyenlőtlen vastagsága	A felső, illetve alsó nyomóforma oldalirányú elmozdulása	A nyomóformák rögzítése a préslapokhoz
	A nyomóformák függőleges tengely körüli elfordulása	
	Az egyik nyomóforma felfekvési felületének nem megfelelő hajlásszöge	A nyomóforma felfekvési felületére lépcsőzetesen vastagítva furnérlemezeket ragasztottunk
	A nyomóforma felületének egyenlőtlen megmunkálása	A kiálló felületrészek lereszelése, ill. a bemélyedések kitöltése fug-papír rétegekkel, ill. hidegen keményedő műanyaggal
	A nyomófelületek távolsága az előírtnál nagyobb, illetve kisebb volt	A furnérrétegek számának és a présnyomás értékének pontos betartása utján
A belső rétegek szenesedése	Az anyag egyenlőtlen felmelegedése	A felmelegedési időt csökkentettük és két részre osztottuk
A melegítés közben az anyag robbanása		
Felületi rétegek hólyagosodása	A faanyag túl magas nedvességtartalma	A felhasznált faanyag nedvességtartalmát ellenőriztük, hogy az ne haladja meg az előírt maximális 12 %-os értéket



## A nagyfrekvenciás generátor áramfogyasztásának meghatározása

Az ismerttetett anyag készítésekor az energiafelhasználás döntő hányadát a nagyfrekvenciás generátor fogyasztása teszi ki. Ezért ennek meghatározásával részletesen foglalkoztunk.

E helyen mindjárt leszögezzük azt, hogy a rétegelt idomok előállításánál a fajlagos áramfogyasztás ugyyszólván független az alkalmazott generátor teljesítményétől. Nagyobb teljesítményű generátort alkalmazva, a szükséges présidő csökken le a teljesítmény növelése arányában, de az 1 kg fa ragasztásához szükséges elektromos energiamennyiség közel állandó.

Méréseinket a "Gondola", illetve "Velenca" széktípus egyik alkatrészének sorozatgyártása közben végeztük. Meghatároztuk a generátornak a hálózathoz való effektív energiafelvételét egy-egy rétegelt idom elkészítése alatt. A nagyfrekvenciás generátor DG-25 típusu, 25 kW-os berendezés volt. A ragasztások alatt azonban, korábban már részletezett okok miatt, teljesítményének kétharmadával üzemeltettük. Melegítési időnek a sorozatgyártás során kialakult 2 x 2 percet vettük, közöttük ugyancsak 2 perces pihentetési idővel. Mérési eredményeink a következők voltak:

A regisztráló műszer által rögzített értékek átlagai az egyes ragasztási ciklusok alatt:

I.	28,4 kW
	27,9 kW
II.	30,8 kW
	27,5 kW
III.	29,2 kW
	27,9 kW

Ezek átlaga 28,6 kW.

Ezt az értéket a Faipari Kutató Intézetben készített, 1960. augusztus 18.-án kelt hitelesítési jegyzőkönyv szerint 1,05-del meg kell szorozni, hogy a tényleges fogyasztást megkapjuk.

$28,6 \times 1,05 = 30,1$  kW, illetve a generátor műszaki leírásában megadott 0,9 teljesítménytényezőt figyelembe véve 33,5 KVA.

A 4 perces melegítés alatt a megfelelő fogyasztás 2,01 kWó, illetve 2,23 kVAó.

Tekintettel arra, hogy egy tömb sulya 10,5 kg, az 1 q-ra eső elektromos energiamennyiség:

19,1 kWó, illetve

21,2 kVAó.

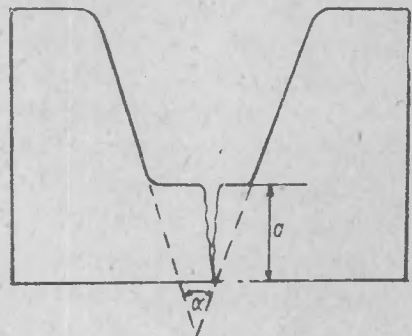
A nyomóforma elhasználódási jelenségeinek megfigyelése, az észlelt hiányosságok kiküszöbölése

Az üzemi bevezetés során, több hónapos használat után tapasztaltuk a sablon rétegeinek elválását, különösen a hideg ragasztások mentén. Ennek oka abban keresendő, hogy a sablon felületi rétegei a felmelegedés következtében vizet veszítenek és emiatt zsugorodnak. Több deciméter széles sablonoknál ez akkora feszültséget hoz létre, melynek a sablon anyaga ellenállni nem tud. A repedések szétnyílásának megakadályozása céljából a sablon anyagában, a nyomófelülettel párhuzamosan, furatokat készítettünk, melyekbe 20-25 mm átmérőjű vonóvasakat helyeztünk. Ezek a sablon anyagát a rétegekre merőleges irányban összefogták. E vonóvasak, mivel a nyomófelületet borító elektródákkal párhuzamosak, elektromos szempontból aequipotenciális felületeket képeznek, tehát a nagyfrekvenciás melegítést nem zavarják.

Egy kisebb méretű kísérleti sablonnál, mely szétnyitott száru U alakú idom előállítására volt hivatott, néhány préselés után a nyomóforma törése volt megfigyelhető, a középső alsó részen. (48. ábra.)

A jelenséget az elvékonyodó rész vastagságának ( $a$ ) elégtelen volta okozta. Hasonló sablonoknál az  $\alpha$  szög csökkenésével rohamosan nőnek azok a feszültségek, melyek a sablon kihajlását és törését okozhatják.

Az üzemi kísérletek során júniusig egy sablonnal maximálisan mintegy 700 préselést végez-



48. ábra

tünk. Ez idő alatt az ismertetett rétegelválásokon kívül más elhasználadási jelenséget nem tapasztaltunk és véleményünk szerint egy-egy ilyen sablon sokezer darab hajlitott idom készítését teszi lehetővé.

### A kísérleti gyártás során kidolgozott gyártástechnológia

#### A nyomóformák elkészítése

A nyomóformák anyaga rétegelt, tömörített fa. Ez az anyag elektromos szempontból szigetelő, előállítását a faiparon belül viszonylag olcsón meg lehet oldani és mechanikai szilárdsága is jó.

A sablonok készítésénél első feladat méretének és alakjának pontos megszerkesztése. A sablon szélessége, vagy mélysége azonos a présberendezés nyomófelületének szélességével. Keresztmetszeti profilját pedig a készítendő idom alakja határozza meg. Ez az alak nem lehet tetszőleges. Az új eljárás szerint készítendő butorok formatervezésénél bizonyos irányelveket kell figyelembe venni, melyek a rétegelt idomok készítési technológiájának következményei. Még 1961-ben közöltük ezen irányelveket az Erdőgazdasági Tervező Intézettel, illetve a Faipari Gyártástervező Irodával, ahol az új eljárás szerint gyártandó ülőbutorok tervezése folyt. Ezen a helyen, az azóta végzett kutatási eredményekkel kiegészítve, összefoglaljuk az irányelveket.

Az alább megadott szempontok arra az esetre vonatkoznak, amikor az idomok préseléséhez egy irányban mozgó, párhuzamos nyomófelülettel rendelkező prést alkalmaznak.

Az esetleg többszörösen görbült idom előállításához szükséges présforma olyan helyzetben kerül a préslapok közé, hogy préseléskor oldalirányú erő ne lépjen fel. Ez azt jelenti, hogy a sablon ferde felületein a függőleges nyomóerő folytán előálló vízszintes erőkomponensek egymást ki kell hogy egészítsék, vagyis a présformák oldalirányban ne igyekezzenek elcsuszni egymáshoz képest, a préselés folyamata alatt. A sablon nyomófelületének térbeli helyzetét tehát a vízszintes nyomófelülethez képest a préselendő idom alakja szabja meg. A nyomóforma ferde felüle-

teinek a vízszintessel bezárt szöge nem lehet akármilyen nagy. Nagyobb hajlásszög esetén ugyanis a préselésnél kellemetlen jelenségek lépnek fel, melyek a szög nagyságával fokozódnak, majd végül a préselés lefolytatását lehetetlenné teszik.

Megjegyezzük, hogy külföldön készülnek teljesen zárt, gyűrűszerű alakok előállítására is alkalmas prések, ezek azonban több irányú nyomást szolgáltatató dugattyurendszerrel vannak felszerelve.

A kritikus szög meghatározásával kapcsolatban itt csupán annyit közlünk, hogy a kritikus szög nagysága több tényezőtől függ és átlagos méretű szék alkatélemek préselésénél  $50-55^\circ$ .

Az idomok tervezésénél figyelembe kell venni a prés nyitási távolságát is ( $h$ ). (49. ábra.)

Ebbe bele kell férni az alsó présforma vastagságának, a legvékonyabb helyen mérve ( $a$ ). A préselendő idom függőleges síkra való vetületének ( $b$ ), nyitott állapotban a présformák közötti távolságának ( $c$ ) és a felső présforma vastagságának a legvékonyabb helyen mérve ( $d$ ). Az ( $a$ ) és ( $d$ ) távolság függ a présablom nagyságától és anyagától. Űlőbutorok alkatrészeinek préselésénél becslésünk szerint legalább 20-20 cm. ( $c$ )-t olyan nagyra kell megválasztani, hogy a présablom két felületének távolsága nyitáskor legalább tízszerese legyen a lepréselt anyag vastagságának ( $x$ ), a következő összefüggés szerint:

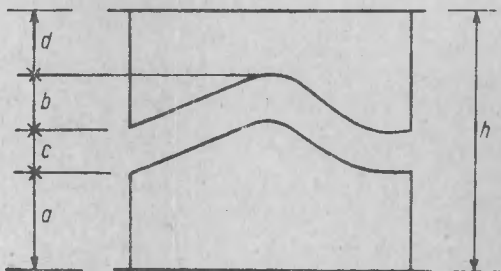
$$c = \frac{10 \cdot x}{\cos \alpha}$$

ahol:

$\alpha$  = a présablom felületének a vízszintes iránnyal bezárt szöge.

A  $d$  és  $c$  meghatározása után a préselendő anyag függőleges síkra való vetülete nem lehet nagyobb  $b$ -nél.

$$b = h - (a + d + c)$$



49. ábra

Az idomon található görbületek sugarai nem lehetnek tetszőlegesen kicsinyek. Az erre vonatkozóan végzett vizsgálatok eredményeit összefoglaló táblázatban közöljük.

### 13. táblázat

Hajlitott idomok konkáv oldalán mért minimális görbületi sugár a felhasznált furnér vastagságának függvényében. Szárirány hosszában

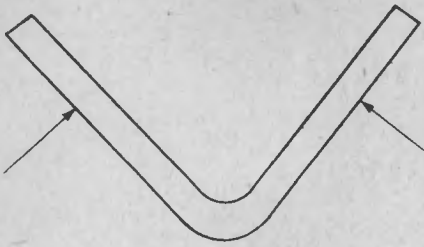
Keresztben futó szárirány esetén 2 mm-es, vagy ennél vékonyabb furnérnál a fent megadott legkisebb görbületi sugár esetén is kifogástalan hajlatok készíthetők.

Furnérvastagság mm	Minimális görbületi sugár cm-ben					
	4	3	2	1,4	0,8	0,2
2,0	jó	rossz	rossz	rossz	rossz	rossz
1,5	jó	jó	kis törés	rossz	rossz	rossz
1,2	jó	jó	jó	kis törés	kis törés	kis törés
1,0 vagy ennél vékonyabb	jó	jó	jó	jó	jó	jó

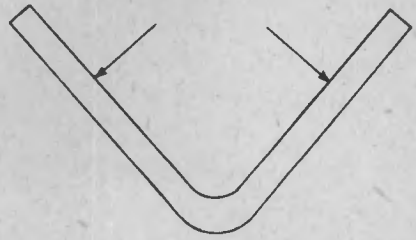
Megjegyezzük, hogy a fenti táblázatban megadott adatok 18 mm vastag idomokra érvényesek. Azért választottuk ezt a vastagságot, mivel az ülőbutorgyártásnál, ahol az új eljárás elsősorban bevezetésre kerül, az alkatелеmek vastagsága ez érték körül mozog. Néhány mm vastagságbeli eltérés a táblázat adatait nem befolyásolja.

Szilárdsági vizsgálataink azt mutatták, hogy rétegelt felépítésű hajlitott idomok más szilárdságot mutatnak, az erő irányától függően.

Ha az erő a hajlásszöveget csökkenteni igyekszik, a szilárdság nagyobb, mintha növelné. (50. és 51. ábrák.)



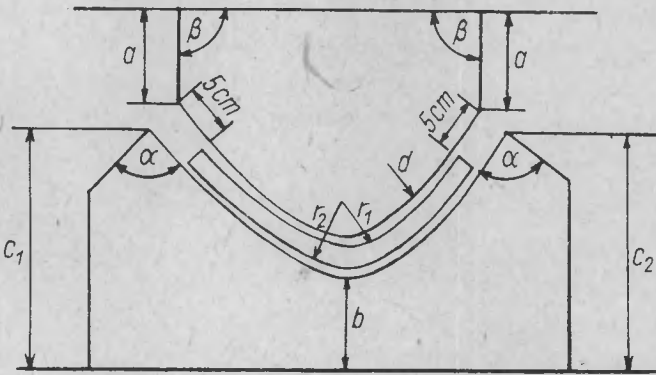
50. ábra



51. ábra

A butor alkatelemeket tehát lehetőleg úgy kell megtervezni, hogy a használatuk során fellépő nagyobb igénybevételek iránya megfeleljen a fenti szempontnak.

A készitendő idom keresztmetszeti profiljának ismeretében hozzá lehet kezdeni a présablón keresztmetszeti profiljának megszerkesztéséhez. A különféle nyomóformákkal való kísérletek során szerzett tapasztalataink alapján a szerkesztés a következő szempontok szerint kell hogy történjék. (52. ábra.)



52. ábra

1. A megszerkesztéskor figyelembe kell venni az elektróda vastagságát. Ha a készitendő alkatelem valamely hajlatánál a konkáv-oldal görbületi sugara  $r_1$ , a konvexé  $r_2$ , akkor a konkáv oldalnak megfelelő konvex présforma görbületi sugara  $r_1 - d$ , a konvex oldalnak megfelelő présforma konkáv oldalának görbületi sugara pedig  $r_2 + d$ , ahol a  $d$  jelenti az elektróda vastagságát.



2. A présforma nyomófelülete a két végén 5-5 cm-rel hosszabb legyen, mint a készítendő idom. Erre azért van szükség, mert egyrészt az elektródák végei közelében melegítő hatás az erővonalak szóródása folytán kisebb és emiatt a ragasztás nem tökéletes, másrészt a lemezcsomagot nem lehet olyan pontosan elrendezni és a présformák közé helyezni, hogy a szélein is teljes értékűek legyenek.

3. Az 55. ábrán megjelölt egyéb jellemző méretekre a következőket írjuk elő:

$$\alpha = \text{minimálisan } 90^\circ$$

$$\beta = \text{maximálisan } 90^\circ$$

$$a = \text{minimálisan } 100 \text{ mm}$$

$$b = \text{minimálisan } c/2$$

$$c_1 = c_2$$

A sablon méreteinek meghatározása után kerülhet sor azok elkészítésére. Az általunk kidolgozott készítési technológia a következő:

1,0 - 1,2 mm vastag hámozott bükkfurnérből 5-8 cm vastag rétegelt tömböket kell készíteni olyan mennyiségben, hogy összvastagságuk megfeleljen a készítendő sablonok mélységének. Használható ragasztóanyag összetétele a következő:

100 súlyrész Abocoll FK, vagy Amikol 50,

18 súlyrész rozsliszt,

1 súlyrész ammoniumklorid.

A furnérrétegek összerakásánál figyelemmel kell lenni a rost irányára, mégpedig olyképpen, hogy három réteg azonos rostiránnyal kerüljön egymásra, majd egy réteg erre merőleges rostiránnyal. A következő három ismét merőlegesen és így tovább. Ezáltal elérhető, hogy a kész tömb, melyből a sablon készülni fog, nem mutatja a fára jellemző repedékenységet, de mégis bizonyos szilárdsági anizotropiát mutat. Erre akkor van szükség, ha a sablonban a préseléskor ébredő feszültségek egy bizonyos irányban nagyobbak. Ekkor ez az irány meg kell hogy egyezzen a hármásrétegek rostirányával. Ha a sablon feszültség-eloszlása olyan, hogy homogén anyagot kíván meg, a rétegelt tömbök készítésénél a

furnérrétegek száliránya egymáshoz képest  $45^{\circ}$ -kal sorban el van forgatva.

A présnyomás a ragasztás során olyan nagy kell hogy legyen, hogy a fa eredeti vastagságához képest 20%-kal tömörödjék. A ragasztás-technológia egyébként azonos a szokásos rétegeelt lemez készítési technológiájával.

Az elkészült rétegeelt tömbökből ezután marógéppel, vagy szalagfűrészszel pontosan ki kell munkálni a megtervezett profil-elemeket. Az így elkészült elemeket ezután lapjukkal egymáshoz kell ragasztani. A ragasztás szobahőmérsékleten, legalább  $15 \text{ kg/cm}^2$  fajlagos nyomással, a következő ragasztó összetétellel történik:

100 sulyrész Arbocoll FK, vagy Amikol 50,  
18 sulyrész rozsliszt,  
4 sulyrész ammoniumklorid.

A sablonokat a következő okok miatt szükséges több darabból készíteni: Egyrészt a lemezgyári préseken nem lehet olyan vastag tömböt egy művelettel ragasztani, ami elérné a sablonok megkívánt vastagságát, másrészt, vastag tömbök megmunkálása igen nehézkes.

Kísérleteink során 16 cm volt az a maximális vastagság, amelyet egy ragasztási művelettel elő tudtunk állítani, de ennek a megmunkálása már igen nagy nehézségeket okozott. Az egyes elemek összeragasztásánál azok elcsuszását facsapokkal kell megakadályozni (fémcsapot, vagy szeget használni nem szabad). A ragasztóanyag tökéletes megkeményedése után az anyagot a présből ki kell venni és a nyomófelületeket gondosan szintbe kell csiszolni.

#### Az elektródarendszerre vonatkozó előírások

##### Elvi elrendezés

Az elektródák a merőleges elrendezés szerint helyezendők el, ami azt jelenti, hogy az elektromos erővonalak, melyek a két elektróda között záródnak, merőlegesen a ragasztási felületre. Ennél az elrendezésnél az elektródák a fasablon nyomófelületét

borítják. Így azon kívül, hogy az elektródák szerepét betöltik, sima és kemény nyomófelületet alkotnak, ami biztosítja az elkészült idomok sima, fényes felületét.

Az elektródák anyaga 1,5 - 2,0 mm vastag vörösréz, vagy ennek hiányában alumíniumlemez.

Az elektródák nagysága megegyezik a sablon nyomófelületének nagyságával. A melegítő hatás a széleken kb. az elektródák távolságának megfelelő mélységig nem teljes. Tekintettel arra, hogy a furnérrétegekből összerakott tömb szélei ugysem teljes értékűek és ugyis levágásra kerülnek, a széleken 2-3 cm mélységig mutatkozó csökkent melegítő hatás nem jelent hátrányt.

### Tápvonal

Tápvonal alatt értjük a generátor burkolatán kivezetett csatlakozó csomópontokat és az elektródákat összekötő nagyfrekvenciás áramot szállító vezetékét. Erre a célra a jó hatásfok érdekében minél kisebb induktivitású vezetőt kell alkalmazni. Sodrott, vagy vékony huzal nem felel meg. Szigetelt vezeték a szigetelőben fellépő dielektromos veszteségek miatt ugyancsak nem alkalmazható. Legcélszerűbb a 0,5 - 1,0 mm vastag, 5-10 cm széles vörösréz vagy alumínium szalag. A tápvonalnak a lehető legrövidebbnek kell lenni, éppen ezért a generátor szorosan a prés mellé állítandó. Hosszabb távolságra nagyfrekvenciás áramot csak különleges koaxiális tápvonallal lehet lényeges veszteség nélkül továbbítani. Ilyet azonban a hazai ipar nem gyárt és felszerelése is körülményes. A tápvonalnak önhordónak kell lennie.

### Az elektródarendszer behangolása

A behangolás elméletével már foglalkoztunk, az ezzel kapcsolatos kísérletek ismertetésénél. Ezen a helyen a kísérleteknél legjobban bevált DG 25-ös generátor külső körének behangolására alkalmas berendezés leírását közöljük arra az esetre, ha a melegítendő anyag 2-3 cm vastag, 0,5-1 m<sup>2</sup> felületű rétegelt fa.

A hangolóberendezés lényegében egy induktivitás, a munkakondenzátorral párhuzamosan kötve, amely 2 db párhuzamosan futó vörösréz, vagy alumíniumszalagból áll. Ezeket egy mozgathatóan elhelyezett harmadik szalag köti össze.

A rézszalag szélessége 4 cm, vastagsága 3 mm, a köztük levő távolság 7 cm, hossza 40 cm.

A berendezés mozgó alkatrészeit úgy kell kivitelezni, hogy azok tökéletes kontaktust biztosítsanak, mivel a szalagokban üzem közben nagy erősségű áramok folyhatnak, ami laza érintkezés esetén a lemezek erős felmelegedését, felizzását vonhatja maga után. Magát a készüléket vagy hegesztéssel, vagy anyás csavarokkal kell az elektródákhoz rögzíteni.

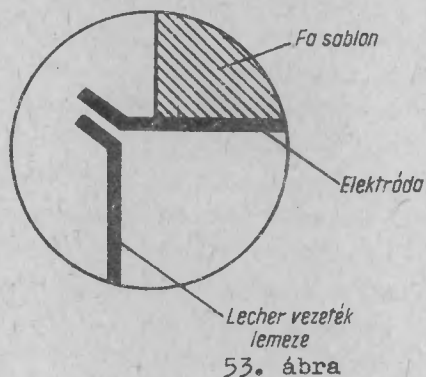
Ez a rendszer lényegében egy Lecher-féle drótpár, melynek induktivitását az áthidaló szalag mozgásával változtathatjuk. A szalagok szélességének és a köztük levő távolságnak változtatásával az induktivitás értéke ugyancsak változtatható.

A mozgatható áthidalás azért szükséges, mivel a ragasztandó anyag nedvességtartalma, továbbá a fafaj megváltozása következtében megváltozhat a ragasztandó anyag dielektromos állandója, ami viszont a munkakondenzátor kapacitásának megváltozásához, és ezen keresztül a külső kör frekvenciájának megváltozásához vezet. Ez esetben a csuszó érintkező egyszerű elmozdításával a rezonancia ismét helyreállítható. A csuszó érintkező szigetelő nyéllel látandó el, hogy a nagyfrekvenciás áram bekapcsolásával is mozgatni lehessen.

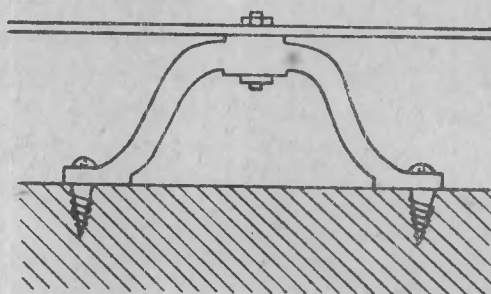
A berendezés akkor van helyesen méretezve, ha egy átlagos nagyságú és felépítésű munkadarab behangolása után a csuszó érintkező kb. középen van. Így a munkakondenzátor kapacitásának növekedése, vagy csökkenése egyaránt kompenzálható. Amennyiben rezonancia esetén a csuszó érintkező nincs középen, a készülék méreteinek megváltoztatásával (szalagok szélessége, egymástól való távolsága, hossza) kell törekedni annak megvalósítására.

Az elektródarendszer behangolására vonatkozó fenti előírások természetesen csak az üzemi bevezetés során gyártott "Velen-ce", illetve "Gondola" típusú idomokhoz hasonló alakoknál alkalmazhatók. Ha a melegítendő anyag vastagsága, vagy felülete, tehát kapacitása azoktól lényegesen eltér, a behangolás céljára is más méretű és elhelyezésétű rezgőköri elemeket kell alkalmazni. Ezek legcélszerűbb kiviteli módja és felszerelése azonban csak empirikus úton, kísérletileg határozható meg. Számítás és mérés útján való meghatározásuk az eljárás bonyolultsága miatt nem célszerű.

Mivel az elektródák távolsága a prés kezelése során változik, csak az egyik réz szalag rögzíthető az elektródához (az alsóhoz). A másik szalag kontaktusát úgy kell megoldani, hogy a prés mozgását ne zavarja. A nem rögzített szalag végére érintkező felületet kell kiképezni, mely a felső elektródával akkor létesít kontaktust, amikor a prés összezár. (53. ábra.) Az ábra a berendezést a zárás előtti pillanatban ábrázolja.



53. ábra



54. ábra

A hangoló rendszer rögzítése a fa sablonhoz kerámia harangokkal történik, rövid csavarok segítségével. (54. ábra.)

A hangoló berendezést a tápvezetéknek az elektródákhoz csatlakozó végéhez szereljük fel.

A rétegelt, hajlított idomok készítéséhez szükséges anyagok, az azokkal szemben támasztott műszaki követelmények. Az anyagok előkészítése

#### A szükséges faanyag

A célra legalkalmasabb az 1,0-1,5 mm-es hámozott bükkfurnér. A furnérvastagság megválasztásánál szem előtt kell tartanunk, hogy minél vékonyabb lemezből van az idom felépítve, annál több a fajlagos ragasztóanyag felhasználás és annál jobban megközelíti az anyag a tisztán műanyagból készült termékek tulajdonságait.

A faanyag nedvességtartalma maximálisan 12 % lehet. Nedvesebb furnér használata esetén csökken a ragasztás szilárdsága,

tulságosan meghosszabbodik a melegítési idő és megnő a lapok robbanásából és hólyagosodásából előálló selejt keletkezési valószínűsége.

### A furnér minősége

A rétegelt idom legkülső rétege E-I, a második réteg E-II minőségi lapokból áll. A belső rétegek másodrendű darablapok.

### A furnérlemezek nagysága

A ragasztásra kerülő rétegelt tömb 2-2 legfelső fedőrétege egy darabból kell, hogy álljon. Szélessége megegyezik a nyomóforma szélességével, hossza 1 cm-rel hosszabb a konkáv présforma nyomófelületének hosszánál. Az alatta levő közbülső rétegek több darabból rakhatók össze. Ez lehetővé teszi olyan furnér választékok felhasználását, melyet a lemezgyárak ez ideig hulladékként kezeltek.

A kisebb furnérdarabok kétféle elv szerint kerülhetnek beépítésre:

1. Rostirányra merőlegesen, keresztirányban toldva. A furnér ez esetben az idom hosszának megfelelő keskeny csik.
2. Rostirányban, hosszában toldva. Az elhasznált furnér ez esetben az idom szélességének megfelelő rövid furnérdarab. (41. ábra.)

Azt, hogy konkrét esetben hossz-, vagy kereszteltoldást kell-e alkalmazni, a mindenkori rendelkezésre álló hulladék furnér alakvi viszonyai határozzák meg.

Keresztirányú toldás esetén egy réteg 30 cm szélességig legfeljebb 3, 40 cm szélességig legfeljebb 4, 60 cm szélességig legfeljebb 6 csikból tevődhet össze stb. A csikok szélességét úgy kell megválasztani, hogy az egymás felett levő rétegek toldásai ne essenek egymás fölé, hanem legalább 3 cm távolság legyen közöttük. Hossztoldás esetén a furnérdarabok szélessége megegyezik a nyomóforma szélességével, hossza pedig a toldás helyétől függ. Helyét úgy kell megválasztani, hogy az idom egyenes vagy legalábbis kevésbé görbült részére essen. Nem lehet a toldás pontosan középen sem. A toldásokra 3 cm-t kell számítani. A



két darabból álló furnérlap összhosszúsága tehát 3 cm-rel hosszabb a borító lapok méreténél. A toldások élének egyenesnek kell lenni.

### A szükséges ragasztó

Ragasztóanyagként legmegfeleleőbbnek az aminoplaszt típusu műanyagokat tartjuk. Azon esetben, ha a készített termék magas relatív nedvességű levegő hatásának hosszabb ideig ki van téve, melamin-karbamidformaldehid típusu ragasztóanyagot kell használni. A célra megfelel a Kőbányai Műanyaggyár által készített Arbocoll E gyanta, melyben a karbamidnak mintegy 20 %-a a melaminnal van helyettesítve. Ha a készített terméket különösebb nedvesség behatások nem érik, megfelel a tisztán karbamidformaldehid típusu ragasztó is. Ilyen a Kőbányai Műanyaggyár által készített Arbocoll FK, vagy a Nitrokémia Ipartelepek által gyártott Amikol 50. A ragasztóanyagnak meg kell felelni az MSZ 7757 J szabványjavaslat előírásainak.

A ragasztóanyaghoz 18 % rozslisztet, 8 % karbamidot és annyi ammoniumkloridot kell adni, hogy fazékideje a munkaterem hőfokán 3 óra legyen.

A karbamid szerepe itt egyrészt a ragasztó szabad formaldehid tartalmának csökkentése, másrészt a fazékidő meghosszabbítása mellett a 100 C°-on mérhető kötési idő csökkentése.

### Az anyagok előkészítése

Ellenőrizni kell a felhasználandó furnér nedvességtartalmát és vastagságát. A furnérlemezeket fel kell vágni a megfelelő méretre.

A ragasztóból annyit, amennyi egy műszak alatt elfogy, 1 % pontossággal le kell mérni. A mérés történhet súlyra, vagy térfogatra. Az utóbbi eset egyszerűbb, azonban figyelembe kell venni, hogy 1 liter mügyantaoldat súlya 1,2 kg. A lemért mügyantához hozzá kell keverni 18, % rozslisztet és 8 % karbamidot. A segédanyagok hozzáadása után a ragasztót mindaddig keverjük, míg a karbamid tökéletesen fel nem oldódott és a liszt csomómentesen, egyenletesen el nem oszlott benne. A rozsliszt és a karbamid kimérése ugyancsak 1 % pontossággal, súlyra történik.

Ezután annyi mennyiségű rozsliszttel és karbamiddal elkevert ragasztóhoz, amennyi 2 órán belül elfogy, hozzá kell keverni annyi ammoniumkloridot, amennyi a mindenkori laboratóriumi vizsgálat szerint a munkaterem hőfokán 3 órás fazékidőt biztosít. Az ammoniumkloridot finoman porított állapotban, 1 % pontossággal lemérve kell a ragasztóhoz adni s gondoskodni kell a tökéletes elkeveredésről. Ebből a ragasztókeverékből kell az enyvfelhordó henger tartályát időnként feltölteni.

### A furnérlemezek beenyvezése és összerakása

A furnérlemezekből álló lemezcsoomag összeállítása a prés mellé állított asztalon történik. Az asztal lapjára a prés nyomófelületének megfelelő szélességben egy-egy lécs van erősítve, melyek között történik a lemezek egymásra rakása.

Először egy enyvezetlen E-I. osztályú lemez kerül az asztal lapjára, majd erre egy, az enyvezőhengeren átengedett, mindkét oldalon beenyvezett, 1 darabból álló E-II. osztályú lemez. Erre egy enyvezetlen, majd egy enyvezett, ismét egy enyvezetlen II. rendű lemez kerül és így tovább. Végül felülre ismét egy enyvezett E-II. osztályú, majd legfelülre egy enyvezetlen E-I. osztályú lemez kerül. A lemezek számát a készitendő alkatelem vastagságán és a fajlagos nyomáson kívül azok vastagsága határozza meg. A préselésnél alkalmazott  $40 \text{ kp/cm}^2$  fajlagos nyomás mellett a lemezek az általuk képviselt össz vastagságuknak mintegy 83 % -ára tömörödnek össze. A lemezek szükséges pontos számát legegyszerűbben empirikus úton határozzuk meg az elkészült idomok vastagságmérése útján.

Toldások alkalmazása esetén az összerakás a következőképpen módosul: keresztirányú toldás esetén az egyes belső rétegeket furnér csikok egymás mellé rakásával kell felépíteni, olyan módon, hogy az egyes csikok átlapolás nélkül minél közelebb kerüljenek egymáshoz. Hossztoldás esetén a külső 2-2 réteg ugyancsak egy darabból áll, az ezután következő rétegek közül minden második két darabból. Az egyes toldott lemezek úgy következnek egymás után, hogy az egyiknél a rövidebb rész, a másiknál a hosszabb rész fölé essen. Így egy-egy toldás minden negyedik rétegnél ismétlődik. Minden 5 toldás közül 2 átlapolással készitendő.

Az átlapolás nagysága 3 cm. Az enyvezésnél mindig a toldott részek legyenek enyvezettek és az egész lemezek szárazak. Ez azért szükséges, hogy az átlapoló részekben is biztosítva legyen az enyvezett felület.

### Préselés, melegítés

Az összerakott lemezcsoportot ezután óvatosan, hogy a toldások szét ne nyiljanak, meg kell fogni és a szétnyitott présformák közé kell helyezni. Ezután a prés összezárható. Közben figyelni kell, hogy a lemezcsoport egyenletesen helyezkedik-e el a présformák között. Amennyiben elcsuszás tapasztalható, a prést meg kell állítani, illetve visszaengedni és a lemezcsoportot meg kell igazítani. Ezután sor kerülhet a tápvezeték bekapcsolására, amennyiben az nem automatikusan történik. Az elektromos berendezések ellenőrzése után következik a nagyfrekvenciás áram bekapcsolása. A nagyfrekvenciás melegítést egyenlő részben kell végezni. A melegítési idő felének letelte után az áramot ki kell kapcsolni és a fél melegítési időnek megfelelő szünetet kell tartani. Ezután az áramot ismét be kell kapcsolni.

Ami a melegítési idők nagyságát illeti, azt minden egyes gyártmánytípusra külön ki kell kísérletezni. Tájékoztatóul szolgálhat az az adat, hogy 1 kg rétegelt fa leragasztásához az általunk ismertetett módon, kb. 0,2 kWó elektromos energia szükséges.

Ismerve a készítendő anyag súlyát, a generátor hálózathoz felvett teljesítményét, a szükséges melegítési idő a következő képlettel számítható:

$$T = \frac{a \cdot 12}{b}$$

ahol:

T = a szükséges melegítési idő percben,

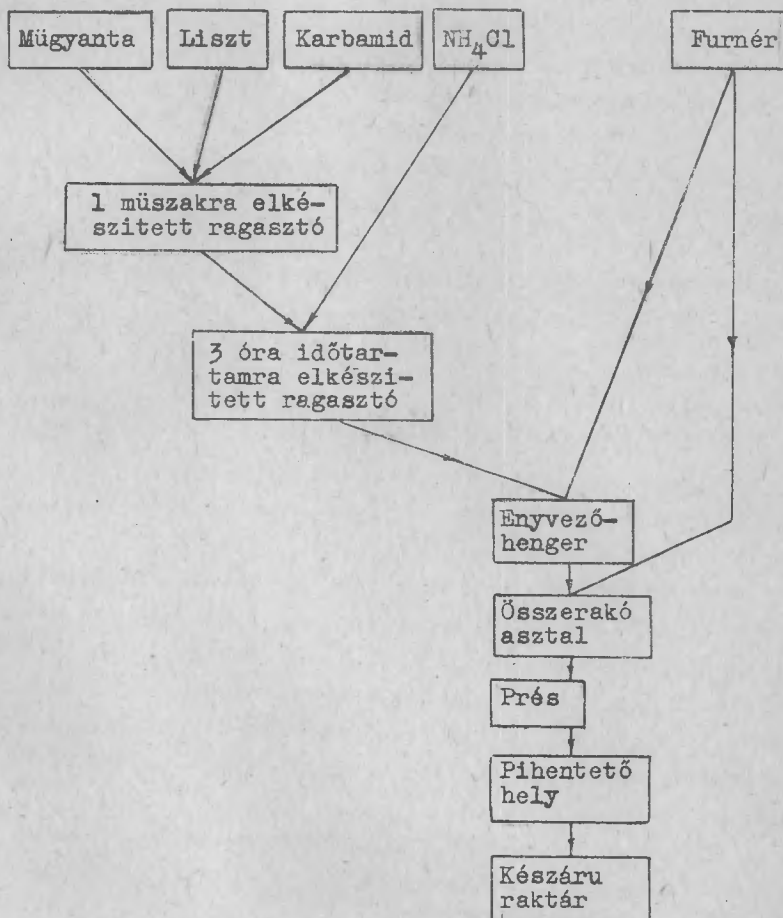
a = a ragasztandó fa súlya kg-ban,

b = a nagyfrekvenciás generátor hálózathoz felvett teljesítménye kW-ban. (Ez általában kétszerese a generátor által leadott teljesítménynek.)

A melegítési kísérleteket a fenti képlettel számított időnél mintegy 50%-kal nagyobb időben kell kezdeni, majd addig kell az időt az egyes ragasztásoknál csökkenteni, amíg az elkészült termék már csökkent minőségű ragasztást mutat. Az utolsó, még jó eredményt adó idő a megfelelő ragasztási idő.

Az üzemi bevezetés alatt legnagyobb mennyiségben gyártott "Gondola" és "Velenca" típusoknál a ragasztandó anyag súlya 10,5 kg, az alkalmazott generátor áramfelvétele 30 kW volt, így a szükséges melegítési idő 4 percnak adódott.

A melegítési idő után pihentetés következik, melynek időtartama a nagyfrekvenciás melegítés időtartamának kétszerese. A pihentetési idő leteltével az anyag a présből kivehető. Az egyes technológiai műveletek összefüggését a következő folyamatábrával szemléltetjük:



## Raktározás, szállítás

A présből kivett leragasztott idomot oldalára állítva 1 óra hosszúig pihentetni kell. Ez idő alatt a tömb lehül, és felveszi végleges szilárdságát. Ezután az anyag elszállítható, illetve feldolgozása megkezdhető. Raktározás esetén az anyagot ugyancsak oldalára állítva kell tárolni. A raktár helyiség levegőjének relatív nedvességtartalma egyezzen meg a felhasználás körülményeinek megfelelő légnedvességgel.

## Biztonsági és egészségügyi előírások

A következőkben csupán azokat az előírásokat ismertetjük, melyek az eljárás ujszerűségének a következményei, tehát elsősorban a nagyfrekvenciás melegítéssel kapcsolatos tudnivalókat.

A préskezeléssel és a műgyantával való manipulációkkal összefüggő balesetvédelmi előírások a faiparban általánosan ismertek, ezért ismertetésétől eltekintünk.

A nagyfrekvenciás berendezéssel szembeni óvórendszabályok lényege az áram által átjárt vezetők érintésvédelmének biztosítása.

Nagyfrekvenciás melegítőberendezésekben található áramnemek jellegük szerint 3 csoportra oszthatók:

- egyenáram,
- 50 periódusu váltóáram,
- több MHz frekvenciájú váltóáram.

Az egyenáram és az 50 periódusu váltóáram csak a generátor belső szerkezeti elemeiben fordul elő és az érintésvédelmet a generátor fémburkolata biztosítja.

Nagyfrekvenciás generátor csak az esetben állítható üzembe, ha az a mindenkori gyári előírásoknak, illetve a vonatkozó szabványoknak megfelelő védőföldeléssel van ellátva. A generátor környezetét 1 m távolságig gumiszőnyeggel kell borítani. A generátor közelében feltűnő helyen jelzőlámpát kell elhelyezni, mely jól látható módon jelzi, ha a nagyfrekvenciás áram be van kapcsolva.

A hálózatra való rákapcsolás után szigorúan tilos a generátor burkolatának eltávolítása, mivel a készülék belsejében szabadon levő, esetleg több ezer Voltos szerkezeti elemek érintése

súlyos áramütést, vagy halált okozhat. A generátor burkolatát áram alatt csak az erre kijelölt és kellő szakismerettel rendelkező személy nyithatja fel javítás, vagy ellenőrzés céljából.

Nagyfrekvenciás áram folyik a generátor belső felében helyetfoglaló egyes elemeken kívül a munkadarabot közrefogó elektrodákban és az azokhoz vezető tápvezetékekben. A nagyfrekvenciás áram alatt álló vezeték érintése áramütést nem okoz, egyrészt, mivel a nagyfrekvenciás áram csupán a vezető anyag felszínén halad (skineffektus), másrészt az ilyen áram pólusainak igen szapora váltakozása következtében az élő szervezet szövetnedveiben számottevő elektrolitikus bomlás nem jöhet létre. Nagyfrekvenciás áram alatt álló vezeték érintése mégsem célszerű, mivel laza érintés esetén (a véletlen érintések legtöbbször ilyenek) a test és a fém között nagy ellenállás alakul ki s ott erős helyi felmelegedés jön létre, mely a test felszínén mély és nehezen gyógyuló égési sebeket okoz.

Nagyobb teljesítményű és rosszul árnyékolt generátor használata esetén nagyfrekvenciás feszültség indukálódhat a generátor és az elektrodák környezetében levő fémtárgyakban. Éppen ezért a generátor 1-2 méteres környezetéből el kell távolítani a felesleges fémtárgyakat. Az el nem távolítható, vagy szükséges fémtárgyakat, pl. a hidraulikus prést meg kell vizsgálni abból a szempontból, hogy a nagyfrekvenciás áram bekapcsolásának ideje alatt van-e benne nagyfrekvenciás áram. Erről alacsony gyújtási feszültségű glimm lámpával egyszerű módon lehet meggyőződni.

A generátort és a hozzátartozó berendezéseket külön helyiségben kell elhelyezni, vagy védőkorláttal körül venni, hogy illetéktelenek a generátor közelébe ne juthassanak. Megfelelő védőrácscsal meg kell akadályozni, hogy véletlen mozdulat következtében a kezelő személyzet a tápvezetéket, az elektrodákat és a többi nagyfrekvenciás feszültség alatt álló fémtestet érinthesse.

Mégegyszer hangsúlyozzuk, hogy a nagyfrekvenciás vezetékek érintése áramütést nem okoz. Az érintés következtében előálló sérüléseket az égési balesetekre előírt kezelésben kell részesíteni.

Szólnunk kell még a nagyfrekvenciás erőter hatásáról is. Az áram alatt álló elektrodák és tápvezetékek alakjuktól és elrendezésüktől függően több-kevesebb energiát sugároznak környeze-



tükbe. Az erőter intenzitása a berendezéstől távolodva rohamosan, a távolság négyzetével fordított arányban csökken. Az eddigi megfigyelések szerint az ilyen erőternek az emberi szervezetre semmiféle káros hatása nincs. Ebből eredő megbetegedésről az irodalomban nem találunk említést.

### Gazdaságossági számítások

Az ismertetett eljárás gazdaságosságát, illetve népgazdasági jelentőségét elsősorban a faanyag megtakarítás adja meg. Tekintettel arra, hogy az ország faanyagszükségletét nagyrészt import útján szerzi be, a megtakarítás egyben devizamegtakarítást is jelent.

1 m<sup>3</sup> rönkből a régi eljárás szerint átlag 300 kg butorléc, ebből pedig 180 kg hajlitott butor alkat elem készül.

Az új eljárás szerint, az esetben, ha a hajlitott idom célfurnérból készül, 1 m<sup>3</sup> rönkből 450 kg nyers idom, ebből pedig 300-350 kg hajlitott butor alkat elem állítható elő.

Vagyis minden m<sup>3</sup> rönkből 1,65-1,95-ször több butor alkat elem gyártható. Igaz ugyan, hogy az első esetben a 300 kg butorlécen kívül kisebb mennyiségben egyéb használható fűrészáru is keletkezik, viszont a rétegelt idomokat sem kizárólag célfurnérból lehet készíteni, hanem olyan alacsony minőségű furnér is felhasználható, ami rétegelt lemez készítésére már alkalmatlan.

A faanyag megtakarításon kívül megvizsgáltuk a rétegelt idomok előállításának költségét is.

Az előállításához szükségesek:

Anyag: furnér,

ragasztó (mügyanta + liszt + karbamid + ammoniumklorid),  
viz (a nagyfrekvenciás generátor hűtővize).

Energia: elektromos energia,  
emberi munkaerő.

A számításoknál azokat az adatokat használtuk fel kiindulásnál, melyek az üzemi bevezetés során júliusig legyártott kb. 12 tonna "Gondola" és "Velence" típusoknál adódtak, figyelembe véve, hogy két prés használata esetén időegység alatt kétszer annyi anyag termelhető, mint az üzemi kísérletek során egy prés-sel.

1 q nyers tömbhöz szükséges anyagok mennyisége:

7,4 kg E I. minőségű bükkfurnér max. 12% nedv.tart.  
 7,4 kg E II. minőségű bükkfurnér max. 12% nedv.tart.  
 73,7 kg I<sub>2</sub> minőségű bükkfurnér max. 12% nedv.tart.  
 9,10 kg 50%-os mügyantaoldat  
 1,58 kg liszt  
 0,73 kg technikai minőségű karbamid  
 0,9 kg technikai minőségű ammóniumklorid  
 3 m<sup>3</sup> viz.

Energia.

Elektromos energia. A rétegelt idomok előállításához szükséges elektromos energia a különböző gépi berendezések üzemeltetéséhez használandó fel. Ezek a berendezések a furnérvágó-olló, az enyvezőhenger, a hidraulikus prések és a nagyfrekvenciás generátor. Ezek közül a berendezések közül az olló, az enyvezőhenger és a prések áramfogyasztása a generátor áramfogyasztásához képest csekély. A berendezések áramfogyasztásának kiszámításához 10,5 kg súlyu 24 rétegből álló tömbök készítését vettük alapul.

Olló	240 réteg vágásához szükséges idő	240.3" = 12 perc
Henger	120 réteg beenyvezéséhez szüks.idő	120.2" = 4 perc
Prés	10 préseléshez szükséges idő	10.0,6" = 6 perc
Generátor	10 préseléshez szükséges idő	10.4" = 40 perc

1 q anyag elkészítéséhez fogyasztott energiák

Berendezés	Fogyasztás kW	Működési idő perc	Fogyasztott energiamennyiség kWó
Olló	1,2	12	0,24
Henger	1,5	4	0,1
Prés	15,0	6	1,5
Generátor	30,1	40	19,1

Összesen: 20,94 kWó/q

Az összes fogyasztott elektromos energia tehát kerekén 21 kWó/q nyerstömb.

Munkaerő. A két présből egy nagyfrekvenciás generátorból és enyvezőhengerből álló üzemszám munkaerőszükséglete becslésünk szerint 1 fő szakmunkás és 3 fő betanított segédmunkás. 8 órás műszakban általuk termelhető mennyiség 15 kW-os generátor (illetve 2/3 teljesítménnyel működtetett 25 kW-os generátor) alkalmazása mellett 565 kg. Az 1 q-ra eső munkaerőszükséglet tehát 1,4 szakmunkás óra és 4,2 betanított segédmunkás óra.

Összefoglalva, 1 q nyers rétegelt tömb készítéséhez szükséges:

7,4 kg E I. oszt. bükkfurnér	á 9,20 Ft	68,08 Ft
7,4 kg E II. oszt. bükkfurnér	á 8,00 Ft	59,20 Ft
73,7 kg I <sub>2</sub> oszt. bükkfurnér	á 6,20 Ft	456,90 Ft
9,1 kg Arbocoll FK v. Amikol 50	á 6,67 Ft	60,70 Ft
1,6 kg liszt	á 2,30 Ft	3,68 Ft
0,7 kg karbamid	á 5,37 Ft	3,76 Ft
0,9 kg ammoniumklorid	á 4,61 Ft	4,15 Ft
3,0 m <sup>3</sup> víz	á 1,00 Ft	3,00 Ft
21,0 kWó elektromos energia	á 1,20 Ft	25,20 Ft
1,4 szakmunkás óra	á 12,00 Ft	16,80 Ft
4,2 betanított segédmunkás óra	á 7,00 Ft	29,40 Ft
		730,87 Ft
	Összesen:	730,87 Ft

Ezek a költségek természetesen a vállalati általános költségek nélkül értendők. Látható, hogy az anyagköltségek legnagyobb részét, annak 69,2 %-át, a belső rétegekben felhasznált furnérok ára teszi ki. Az üzemi gyártás során a belső rétegekhez I<sub>2</sub> minőségű furnért használtak fel. Ennek kg-kénti egységára 6,2 Ft. Ha azonban I<sub>2</sub> minőségű furnér helyett pl. a hengermaradékok utánhámzásából nyerhető furnér kerülne beépítésre, mely kb. évi 3600 q mennyiségben volna előállítható és melynek kg-onkénti ára csupán 2,4 Ft, a belső rétegekhez szükséges faanyag ára 456,90 Ft-ról 176,88 Ft-ra csökkenne le, ami az összes költségeket 730,87 Ft-ról 450,85 Ft-ra csökkentené.

A rétegelt idomokat előállító vállalatoknak tehát elsőrendű érdekük kiválasztani azt a legolcsóbb furnér minőséget, mely a zárójelentésben ismertetett technológiával bedolgozható az idomok belső rétegeibe.

Befejezésül megállapíthatjuk, hogy az új eljárás üzemileg bevezetést nyert, a kitűzött feladatot megoldottuk. 1962 évben januártól júniusig legyártásra került 500 db 10 kg súlyú, 60 cm széles nyers rétegelt tömb a "Gondola" széktípusokhoz, 723 db tömb a "Venance" széktípushoz, 45 db kisebb méretű székalkatelemhez szükséges tömb, továbbá 110 db asztalláb. Az így legyártott anyag súlya mintegy 12 tonna. A gyártás az általunk kidolgozott módszerekkel és technológia szerint történt.

IPARI GYÁRTMÁNYOK FAANYAGÁNAK KLIMAÁLLÓVÁ TÉTELELT SZOLGÁLÓ  
KUTATÁSOK

Gippert László tudományos főmunkatárs

Munkatársak:

Molnár Tiborné tudományos munkatárs

Mihályi Erika tudományos s. munkatárs

Ipari termelésünk fejlődésének eredményeképpen a magyar ipari termékek ma már trópusi vidékekre is elkerülnek. A kiszállításra kerülő gyártmányok jelentős része faanyagból készült szerkezeti elemeket is tartalmaz. Az egyes ipari cikkek csomagolására ugyancsak nagymennyiségű faanyagot használnak fel. Az ipari gyártmányok, illetve csomagolóeszközök az igen szélsőséges trópusi éghajlati viszonyok között erős klimatikus behatásoknak vannak kitéve. Mint ismeretes, a fa, mint higroszkópikus anyag, nedvességtartalom szempontjából a környező levegő páratartalmához igazodik. A faanyagban a nedvesség és a száradás hatására bekövetkező feszültségek a fa vetemedését, repedését okozzák. Ez a jelenség a gyártmányok minőségét és felhasználhatóságát károsan befolyásolja.

Nedvességtartalmi változások miatt bekövetkező károsodásokon túlmenően trópusi kitettségű helyeken nagy nehézségeket jelent a különböző fapusztító rovarok és gombák elleni védekezés, éppen ezért a trópusi vidékeken felhasználásra kerülő faanyagokat döntően háromféle szempontból célszerű vizsgálni:

1. A faanyagok higroszkóposága (vizfelvétel, aszás, dagadás).
2. A faanyagok gombaállósága.
3. Rovarkárosítókkal szemben tanúsított ellenállás.

A kutatási terület rendkívül szerteágazó, ezért azt részfeladatokra kellett bontani. 1961-ben az irodalom részletes ta-

nulmányozását és a faanyagok nedvszívását mérséklő felületi bevonatok hatályosságát vizsgáltuk, és ez a jelentés a két feladatkörrel számol be. A lefolytatott vizsgálatokat, illetve a vizsgálatok eredményeit a következő csoportosításban tárgyaljuk.

1. Három, hazánkban feldolgozásra kerülő fafaj kiválasztása, melyeknek zsugorodása, illetve fiziko-mechanikai tulajdonságai közelállnak a teakfához.

2. A vízfelvétel csökkentésének lehetőségei

a) A fa higroszkóposágából eredő alak- és méretváltozások megjavítására irányuló eljárások ismertetése a rendelkezésre álló szakirodalom alapján.

b) A vízfelvétel csökkentésének egyszerű, könnyen kivitelezhető módjai.

3. A vízfelvevő képesség mérésének módja.

4. A kiválasztott három fafaj vízfelvevő képessége a vizsgált hatóanyagok felvitele után.

5. A vízfelvétele csökkentő hatóanyagokkal kezelt faanyagok ragaszthatósága és általános ismertetésük.

6. Értékelés, javaslatok.

1. Három, hazánkban feldolgozásra kerülő fafaj kiválasztása, melyeknek zsugorodása illetve fiziko-mechanikai tulajdonságai közelállnak a teakfához.

Első lépésként meghatároztuk azt a három fafajt, melyeknek egyrészt a zsugorodási értékei viszonylag alacsonyak, s melyeket másrészt kiterjedten alkalmaznak a hazai iparban, részben a bútorgyártásnál, részben egyéb területeken. Választásunk a tölgy, akác és mahagóni fafajokra esett.

A tölgy, akác és mahagóni legfontosabb fiziko-mechanikai tulajdonságait a trópikusokon kiterjedten alkalmazott teakfa azonos tulajdonságaival hasonlítottuk össze és az alábbi táblázatban tüntetjük fel. (1. táblázat.)

1. táblázat

Fafaj	Zsugorodás érintő sug.		Térfogat-súly g/cm <sup>3</sup>	Szakítószil. kg/cm <sup>2</sup>	Nyomó kg/cm <sup>2</sup>	Hajlító kg/cm <sup>2</sup>
	%	%				
Teak	5,5	2,9	1,10	1 190	580	1 050
Tölgy	7,8	4,0	0,69	900	520	940
Akác	5,8	3,9	0,88	1 480	590	1 200
Mahagóni	5,1	3,2	0,60	-	500	1 000

## 2. A vízfelvétel csökkentésének lehetőségei

a) A fa higroszkóposágából eredő alak és méretváltozások megjavítására irányuló eljárások ismertetése, a rendelkezésre álló szakirodalom alapján.

A fa higroszkóposágának csökkentése világszerte megoldásra váró feladatként jelentkezik. Igen széles körű irodalom foglalkozik ezzel a tárgykörrel, s számos eljárás ismeretes a faanyagok vízfelvévő képességének csökkentésére vonatkozóan.

A témával kapcsolatban széles körű irodalmi feldolgozást végeztünk, rögzítve az egyes eljárásokat és hatékonyságukat.

F. Kollmann: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. (Springer-Verlag Berlin, 1955.)

A szerző könyvének 5. részében (Holzschutz und Oberflächenbehandlung von Holz) külön fejezetben foglalkozik a fa higroszkóposágának - s az ebből eredő alak- és méretváltozásoknak - megjavítására irányuló eljárásokkal. (Quellungsschutz, Stabilisierung der Holzabmessungen.) A fejezetben tárgyaltak alapján részletes áttekintést ad a legjelentősebb kutatási eredményekről, amelyek az elmélet és gyakorlat számára lehetővé tették a fa, mint nyersanyag nemesítését ebben a vonatkozásban is. A fa higroszkóposágát Kollmann szerint két tényező befolyásolja döntően: egyrészt a szubmikroszkopikus szerkezet felületének nagysága, másrészt a cellulóz hidroxilcsoportjainak hidrofil jellege. Az adszorpciós erőter hatását csökkenteni azonban annyira nehéz, hogy a változó klimatikus viszonyok következtében beálló méretváltozást mindaddig egyetlen eljárás sem tudta teljesen megszüntetni.

A fa higroszkóposága életkorával - ameddig szerkezeti felépítése és kémiai összetétele változatlan - nem csökken; nem célravezető tehát azok a kísérletek, amelyek a fa "mesterséges öregedését" ózon, oxigén kezeléssel, vagy uv-besugárzással akarják előidézni. Nem vitatható ezzel szemben a hőkezelés eredményessége; gőzölésnél is tapasztalhatjuk a magas hőfok kedvező hatását ebben a tekintetben. A gőzöléssel elérhető másodlagos eredmény, a könnyen oldódó szénhidrátok és ásványi anyagok eltávolítása azonban éppen olyan kevésbé befolyásolja a fa higroszkóposágát, mint a forró vízzel történő kilugozás, mivel az ad-



szorpció előidézésében ezek az anyagok nem játszanak szerepet. Herzner javaslata a kilugozás meggyorsítására elektrolízis által, illetve a fa elektromos semlegesítése egyes sóoldatok jelenlétében a szerző szerint ugyancsak nem hozza meg a kívánt eredményt (R.A. Herzner: Behandlung des Hartholzes mit elektrischem Strom an Stelle von Holzimpregnierung, Wien 1932.)

Kollmann négy csoportba foglalja azokat az eljárásokat, amelyek a higroszkóposság csökkentését lehetővé teszik. Ezek közül itt csak azokat ismertetjük, amelyek a téma célkitűzése szempontjából jelentősek.

#### A) Vizhatlan bevonatok a külső felületen

Bevonatok (festékek, lakkok stb.) a fa külső felületén Kollmann szerint 98 %-os védelmet is nyújthatnak a nedvesség behatolásával szemben (95-100 %-os relatív páratartalmu térben, két heti tárolás után). A könyv közli az U.S. Forest Products Laboratory vizsgálatainak eredményét: eszerint aszfalt-, illetve kátrányfestékekben diszpergált alumíniumpor 98 %-os eredményt biztosít, ha a felhordás 3 rétegben történik. Fenolformaldehid bázisú mügyanta lakk és alumíniumpor diszperziós elegye által is elérhető 95 %-os eredmény, míg ugyanez a diszperzió tiszta lenolajban csak 90 %-os védelmet nyújt.

F.L. Brown 36 hónapos atmoszferikus behatás után vizsgálta a felületi bevonatok védőhatását (F.L. Brown: Effectivness of Paints as Protective Coatings for Wood, Madison 1936), az ő véleménye szerint ugyancsak az alumíniumpor hatása a legtartósabb, ha a diszpergens valamelyik gyantaészterlakk (90 %-os eredmény, 3 év után).

Szemeötlő, hogy az alumíniumos bevonatok védőhatása mennyire rövid életű akkor, ha a diszpergens nitrocellulóz-lakk; egyszerű ólomfehér-tartalmu lenolajfestékek összehasonlíthatatlanul tartósabbak ebben a tekintetben. Tiszta lenolaj, illetve gyantaészter-lakk 3 rétegben felhordva sem annyira hatásos, mint a fehér (cinkszulfid, cinkantimon vagy titanoxyd) vagy a színes (vasoxidok, krómsárga, poroszkék stb.) pigmenttartalmu festékbevonatok.

E.K.O. Schmidt kísérletei azt bizonyították, hogy rétegelt lemezek esetében igen jó hatást érhetünk el azáltal, ha faolaj-lakk (huile de Chine) használata előtt a lemezeket paraffinnal előkezeljük, s az oldószerként alkalmazott terpentint benzollal helyettesítjük. Az eredmény sokkal jobb, mint előkezelés nélkül, s az illékony benzol - vagy benzin - a lemezek ragasztási szilárdságát nem befolyásolja. Schmidt a bevonatok alapozását tekintve a következőket állapítja meg: a rétegelt lemezeket - felületkezelés előtt - lehetőleg faolaj-tartalmu alapozóanyagokkal vonjuk be, különösen akkor, ha fedőréteggént un. csónak- vagy csiszoló-lakkot használunk. A nedvesség korrodeáló hatását ez az eljárás sokkal jobban ellensúlyozza, mint a szokásos lenolajlakk alapozás. Schmidt szerint az említett felületkezelő anyagok védőhatása a legjobb, jobb mint a kátrány- illetve bitumenbevonatoké.

A.Hermann a csónak-lakkot illetően hasonló eredményre jutott. Szerinte a nitrocellulóz-lakkok használata főként belső helyiségekben indokolt, s ezt a megállapítást az U.S. Forest Products Laboratory egyik közleménye is alátámasztja. Utóbbi rámutat a nitrocellulóz-lakkok feltűnő ridegségére és arra a repedékenységre, ami különösen változó atmoszferikus behatások során jelentkezik a lakk felületén.

Kollmann szerint a védőbevonatok hátránya - sok jó tulajdonságuk ellenére - az, hogy könnyen megsérülnek mechanikai, illetve atmoszferikus behatások, valamint a továbbfeldolgozás következtében, és így védőhatásuk nagymértékben csökken. Emellett a felületi bevonatok - még a legjobb mügyanta lakkok és alumíniumfestékek is - csökkenthetik úgy az adszorpció sebességét, de a jelenséget magát megszüntetni nem tudják. Tehát, ha a védőbevonatok alkalmazásával el is tudjuk érni azt, hogy a fa nedvességtartalmának változása időben is quantitative lassan történjék, egyedül a kedvezőtlen klimatikus behatás tartósságától függ, hogy az adszorpció és méretváltozás a lehetséges maximumot elérje, mert megakadályozni végérvényesen nem tudjuk.

A bevonatok védőhatásának vizsgálatáról Kollmann a következőket mondja:

a)  $15 \times 15 \text{ cm}^2$  felületű próbatesteket megfelelő felületkezelés után 95-98%-os relatív páratartalmu térben, vagy víz alatt

tároljunk meghatározott ideig. Az adszorpció mértéke meghatározható a mért súlygyarapodásból és térfogatváltozásból.

b) Változó klimatikus viszonyok mellett a szerző fenyő- (tömörfa) és bükk- (enyvezettlemezzel) próbatestekkel végzett kísérleteket. Laboratóriumban szárító, illetve hűtőszekrény, valamint termosztát segítségével állította elő a szélsőséges éghajlati viszonyoknak megfelelő száraz-forró és páratelt-meleg klímát. Előbbinél a nappali időszak ( $70^{\circ}\text{C}$ , 5%-os relatív páratartalom) 8 órán át, az éjszakai pedig ( $5^{\circ}\text{C}$ , 90%-os relatív páratartalom) 14,5 órán keresztül tartott. A nappali periódus alatt 3 óránként megszakította a klimatizálást, és uv-besugárzásnak vetette alá a próbatesteket (átlag sugárerősség  $100 \text{ UVE}/\text{m}^2$ ). A páratelt-meleg klímát hasonló időbeli megosztással hozta létre ( $45^{\circ}\text{C}$  és 90%-os relatív páratartalom, illetve  $20^{\circ}\text{C}$  és 98%-os relatív páratartalom). Naponta mérte a kezelt és kezeletlen próbatestek súlygyarapodását és arra az érdekes következtetésre jutott, hogy védőbevonatok "visszacsapó-szelepként" működnek: a nedvességfelvételt gátolják, de a deszorpciót nem.

#### B) Vizhatlan bevonatok a fa szubmikroszkópikus felületén

A fa külső, felületi védelmére használt festékbevonatok durván szemcsés anyagaikat tekintve nem alkalmasak arra, hogy a sejtek  $0,02 - 0,1 \mu$  nagyságú áteresztőnyílásain áthatoljanak. Ha a fát vacuum-eljárás során különböző anyagokkal telítjük (benzolban oldott paraffin, olvadt viaszok stb.), nedves levegőn való 17 napos tárolás után a hatás mindössze 40-60%-os. Ez az eredmény G.M. Hunt szerint arra mutat, hogy a szubmikroszkópikus szerkezet bonyolult elágazásait ezekkel az anyagokkal hézagmentesen bevonni nem lehet, elvileg tehát a szakszerűen előállított felületi bevonatok jobbak, mint igen sok telítési eljárás.

Hidrofob anyagokkal impregnált fa a nedvességet A.J. Stamm, J. Wiertelack és J. Czarnecki szerint lassabban adszorbeálja, de véleményük egyezik Kollmannéval abban, hogy a rosttelítettségi állapot elérése egyedül a levegő párateltségétől és az időtartamtól függ.

J.D. Mac Lean kísérletei is ezt igazolják: paraffinnal telített, majd egy éven át vízben tárolt fa súlygyarapodása és mé-

retváltozása azonos volt a kezeletlen fáéval, mindössze a maximális értékek eléréséhez volt szükség 3-4-szer annyi időre.

### A fa telítése paraffinnal és viaszokkal

Az eljárásnak meglehetősen nagy múltja van. 1812-ben Champy már javasolja ezt a megoldást (Champy: Expériences sur des nouveaux magasins á poudre, 1813), legújabbán pedig amerikai és lengyel kutatók foglalkoztak ismét vele. J. Wierterlack és J. Ozarnecki a Sealey-féle forró és hidegfürdős módszer alkalmazásával jó eredményt értek el a paraffinos-telítés terén. Az általuk ismertetett eljárás a következő: a fa először 71<sup>o</sup>-os paraffin-fürdőbe kerül, ezt a hőmérsékletet 30 perc alatt 105<sup>o</sup>-ra, majd további 3-4 óra alatt 135<sup>o</sup>-ra emelik. Ezután ismét 71<sup>o</sup>-os fürdő következik 30 percen keresztül. A fa által felvett paraffin mennyiségének maximális értéke 95%, ennél magasabb érték az áztatási idő növelésével sem érhető el. 114%-os paraffin-felvétele figyeltek azonban meg nedves éger esetében ( $\mu$  - 160%), amit Kollmann azzal magyaráz, hogy a nedves fa sejtjei erősen megduzzadnak, s a kitágult, nyitott sejtüregekbe behatoló forró paraffin az ott levő vizet kiszorítja, illetve elpárologtatja. Az így kezelt fa vízfelvétele és méretváltozása kisebb lesz ugyan, mint a kezeletlené, de hosszabb időn át tartó áztatás után víztartalma (67 nap) mégis eléri - sőt túllépi - a rosttelítettség határát. Az eredmény tehát ismét csak az, hogy a telített és telítetlen fa dagadása közötti különbség idővel eltűnik, s így a higroszkóposág végérvényes megjavulásáról ebben az esetben sem lehet szó.

K. Egner szerint, ha vízben nem oldódó anyagokkal telítjük a fát, a higroszkóposág javulásának foka főként attól függ, hogy milyen mélyen hatolnak be ezek az anyagok a rostok közé és mennyire tartós az a - többnyire adhéziós - kapcsolat, ami a sejt-fal és telítőanyag között az eljárás során létrejön. A leginkább hidrofob anyagok azonban megolvadtan - a mügyanták a kondenzáció kezdeti fokán - annyira viszkózusak, hogy csak oldott állapotban tudnak mélyen a rostok közé hatolni. Az oldat koncentrációjának fokával természetesen változtatni tudjuk a berakodó telítőanyag mennyiségét is - a célnak megfelelően.

Gyakorlati szempontból sok nehézséget okoz ennél az eljárásnál az, hogy a fa rossz hővezető, s így az oldószer kivonása a telítés után meglehetősen bonyolult feladat. A költséges eljárást A. Nowak tette gazdaságossá, amennyiben felvetette azt a gondolatot, hogy a rossz hővezető levegőt a fa belsejében - és a tartályban, ahol a telítés történik - magas fajhőjű oldószer gőzével kell helyettesíteni (A. Nowak: Holzimpregnierung mit Wachstoffen und Kunstharzen, Berlin 1939). Eszerint ha pl. montánviasz (növényi eredetű montánsavészter és különböző gyanták összetétele) és triklóretilénben ( $\text{CHCl}_3$ ) oldott mügyanta elegyével impregnálják a fát, a triklóretilént telítés után ismét ki tudják vonni, s újból fel tudják használni. Ennek forráspontja ugyanis alacsony ( $87,2^\circ\text{C}$ ), emellett jó hővezető, nem gyúlékony, s a legtöbb viaszt és mügyantát oldja. A fa telítése 6-8 atm tulnyomás mellett történik. A tulnyomás megszüntetése után megfelelő hőfokon az oldószert elpárologtatjuk, s a keletkező triklóretiléngőzök egyrészt kiszorítják a tartályban lévő fölösleges telítőfolyadékot, másrészt a sejtek szabadviz tartalmát is elpárologtatják (ez a folyamat tehát erős tulszáradással jár: a fa nedvességtartalma 4-5%-ra csökken).

A  $\text{CHCl}_3$ -gőzök desztillációja által az oldószer ismételtelen felhasználható, az eljárás így sokkal kevésbé költséges. A telítéshez Nowak szénhidrátok és mügyanta keverékét ajánlotta; azóta többen kísérleteztek a mügyanta kizárólagos használatával, de a legtöbb esetben komoly nehézséget okozott az a törekvés, hogy a mügyanta oldott, vagy félig-kondenzált állapotban egyenletes, vékony réteget képezzen a fa belső felületén. Legalkalmasabbak erre a célra a fenol-formaldehid bázisu mügyanták, hátrányuk azonban az, hogy nagyobb mértékű dagadást okoznak, mint a víz.

### C) Micella-közök kitöltése különböző vegyi anyagokkal

A méretváltozás kiküszöbölésének egy másik módja az, ha micella-közöket kitöltő kapilláris-vizet a célnak megfelelő más anyaggal próbáljuk helyettesíteni, - vagyis a részleges vagy teljes rosttelítettségi állapotot akarjuk fenntartani.

A kitüzött cél nem változott, az eszköz azonban ellentétes előjelű: az adszorpció helyett a deszorpciót kell megakadályozni. Kollmann ezt az elméletet a "telítettségi állapot blokkolásának" nevezi.

A.J. Stamm mutatott rá először arra, hogy erre a célra leginkább organikus só- és cukoroldatok alkalmasak. Nagy koncentrációju sóoldatok alkalmazása esetén pl. a zsugorodás akkor kezdődik csak el, ha a levegő relatív páratartalma megfelel annak a parciális gőznyomásnak, ami az oldattal egyensúlyt képes tartani. A fa szilárdsági tulajdonságai természetesen ebben az állapotban sokkal rosszabbak, mivel - ellentétben az abszolút száraz állapottal - itt a minimális kohézió stádiumát rögzítettük.

Kollmann megállapítja, hogy a deszorpció megakadályozásának ez a módja csak átmeneti, mivel az erősen higroszkópos só a légköri nedvesség hidratációja következtében hamar kilugozódik, s ezzel egyidejűleg a méretállandóság is megszűnik.

Cukor- vagy melaszos telítés esetén az oldat a fában levő szabad- és kolloidális vízbe diffundál; a folyamat itt is ugyanaz, mint amit a sóoldatoknál láttunk. A módszer eredményessége függ a micella-közöket telítés után kitöltő kristályvolumen nagyságától; a gazdaságossági tényező azonban csak részben oka annak, hogy ez az eljárás a gyakorlatban nem tudott elterjedni.

Kollmann a továbbiakban két csoportba sorolja a C) ponthoz tartozó eljárások közül azokat, ahol a telítőanyag vízben nem oldódó szénhidrát:

a) a kapilláris-vizet olyan oldószer szorítja ki, amelyik vízzel, gyantákkal és más hidrofob anyagokkal jól elegyíthető, s amit az eljárás folyamán viasszal vagy gyantával tudunk helyettesíteni,

b) a fa telítése olyan vizoldékony anyaggal történik, ami különböző vegyi folyamatok alapján (a fa belsejében) oldhatatlan állapotba hozható.

Az előző megoldáshoz tartozik: az un. Cellosolve-eljárás, amelyet A.J. Stamm és L.A. Hansen kísérletezett ki a következő módon: kisméretű (9 x 2 x 2 cm) simafenyő próbatesteket vacuumban vízzel telítettek. Ezt követően etilén-glykol-monoetiléter-fürdőben (cellosolve) helyezték a mintákat. A cellosolve -  $\text{VH-VH}_2\text{-CH}_2\text{-OC}_2\text{H}_5$  - vízzel és vízben nem oldható anyagokkal egy-



aránt jól elegyíthető folyadék, forráspontja a vizénél magasabb (130-136 C°), tehát attól könnyen elkülöníthető. Egy heti áztatás után fokozatos vacuum-desztillációval eltávolították a fa belsejében levő vizet (60 cm-es negatív higanynyomás és 40-45 C° hőmérséklet mellett), aminek a helyét közel 100%-ig a cellosolve foglalta el. Mindez térfogatcsökkenés nélkül, sőt bizonyos dagadás kíséretében történt.

A próbatesteket ezután olajba (olvadt gyantába vagy viaszba) helyezték, ügyelve arra, hogy a hőmérséklet az oldószer és telítőanyag elegyedése szempontjából optimális legyen (paraffin 87 C°, stearin 58 C°, gyanta 95 C°, lenolaj 120 C° stb.). Egy hét alatt a telítőanyag diffúziója következtében a cellosolve teljesen lecserélődik, s további felhasználás céljából újból lepárolható. Két-két hétig klimatizálva a próbatesteket 30, illetve 90%-os relatív páratartalmu térben (szobahőmérsékleten) a vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy kezelés után a térfogatváltozás igen kis mértékű. A hatás idővel természetesen csökken, ami ismét azt igazolja, hogy az adszorpciót csak lassítani lehet, de megszüntetni nem: a higroszkópos egyensúlyi állapot létrejötte független az intermicelláris telítéstől. Kollmann szerint azonban ez az eljárás - bár meglehetősen költséges - kivételes esetekben igen jó szolgálatot tehet, mivel hatása az eddig tárgyaltak közül a legtartósabb.

A C) ponthoz tartozó eljárások második csoportjába sorolja Kollmann a telítési módokat.

#### A fa telítése gyantával

A.J. Stamm szerint erre a célra vízben oldódó, fenol-formaldehid-bázisú műgyantát legcélszerűbb használni. Ennek a gyantatípusnak a molekulái ui. eléggé kisméretűek ahhoz - ha a kondenzáció foka alacsony -, hogy a sejtfalakon áthatolhassanak. A fa impregnálására alkalmasak az alkoholban oldódó fenol-gyanták is, de csak akkor, ha a kondenzációt megállítjuk a resol-stádiumnál. Fokozottabb kondenzáció esetén a gyantaoldat csak a nagyobb pórusokba tud behatolni, így az elégtelen telítés következtében a várt hatás el is marad. A vízben oldódó fenol-gyanták

oldatai erős polaritásuk miatt nagyobb mértékű dagadást idéznek elő, mint a víz. A.J. Stamm és R.M. Seborg nézete szerint ez a jelenség okozza a fenol-gyanták szelektív adszorpcióját.

Ezekben a gyantákban a fenol egy része a kresollal, illetve resorcinallal helyettesíthető. Előbbi vízben valamivel rosszabbul oldódik, mint a fenol, a resorcin azonban két szempontból is előnyös: egyrészt a gyanta szilárdulási hőfoka lesz alacsonyabb, másrészt előállításánál mind a lugos, mind a savanyu katalizátor használatát mellőzni lehet, ennek következtében pedig a fa jobb elektromos szigetelő.

A formaldehidet viszont furfurollal helyettesíthetjük, bár a vízdékonyság ebben az esetben is csökken. A.J. Stamm szerint a furfurol-anilin és furfurol-alkohol rendszerek alkalmazása is jó hatással van a fa higroszkóposságának csökkentésére, hátrányuk azonban az, hogy megkeményedésük az intermicelláris közökben nem egyenletes. Kollmann szerint a karbamid bázisu mügyanták sem váltották be a hozzájuk fűzött reményt. Karbamid- és dimetilkarbamid mügyanta formaldehides oldatával (pufferolt pH-érték: 0,8) kezelt fa méretállandósága 50%-kal rosszabb, mint fenol-bázisu mügyanta esetében. Ezt a különbséget csak úgy tudjuk megszüntetni, ha telítésnél közel kétszeresére emeljük (13% helyett 25%-ra) a karbamidmügyanta mennyiségét, ami gazdaságilag mindenképpen hátrányos. Emellett ezek a gyanták kevésbé egyenletesen oszlanak el a fa belsejében, szilárdulás közben jobban is zsugorodnak, holott éppen a telítőanyagok egyenletes eloszlása a kritériuma annak, hogy a berakódott gyanták a rostszerkezet "mozgását" mérsékeljék. Egyenetlen eloszlás következtében olyan feszültségek keletkezhetnek a fa belsejében, ami belső repedéseket okozhat, valószínűleg ezért nem tartja Kollmann alkalmasnak ezt az eljárást rönk és nagyobb méretű fűrészáru telítésére, inkább viszonylag rövid (60 cm, rostirányban mérve) választékok, és különösen furnirlemezek kezelésére javasolja. A továbbiakban ismerteti a négy leggyakrabban alkalmazott telítési eljárást:

#### a) Telítés áztatással

Ennél az egyszerű eljárásnál 15 órás áztatási időtartam szükséges, ha azt akarjuk, hogy a nyers fa gyantatartalma kezelés után 30% (absz. száraz súlyra vonatkoztatva) legyen. Furnér-

lemezek esetén ( $\mu = 6\%$ ) 80 óra is szükséges lehet. Kollmann szerint ezért ezt a kezelési módot csak nedves furnéroknál - közvetlenül hámozás illetve késelés után - helyes alkalmazni.

A mérések azt igazolták, hogy áztatáskor az adszorpció sebessége fordítottan arányos a lemezvastagság négyzetével: ebből következik, hogy bizonyos vastagsági méreten túl az áztatási időszükséglet aránytalanul nagy lesz. (A.J. Stamm által ajánlott maximális méret 1,6 mm.)

#### b) Telítés nyomás segítségével

Vastagabb furnérok telítésére az un. kazánnyomás a legalkalmasabb (Kesseldruckverfahren). Kollmann megállapítása szerint a nyomást megelőző vacuum nem javítja az impregnálás eredményességét, sőt a könnyen illó formaldehid gyors párolgását fokozza, ami káros lehet. Jobb megoldás véleménye szerint, ha a furnérlemezeket az impregnáló oldatba merítve súlyokkal leterhelik és gondoskodnak arról, hogy a legfelső lemez felett elegendő folyadék legyen az adszorpció befejezése után is. A telítés 15-300 perc alatt történik, az alkalmazott nyomás nagysága 1,75 - 7,0 kg/cm<sup>2</sup> (a kezdőérték 1,6 mm-es hárs- és nyárfurnérra, a maximum nyír- és juharfurnérra vonatkozik). Bizonyos nehézséget jelent a tölgy és a nagy gyantatartalmu erdeifenyő gesztjének telítése. A fa által felvett telítőanyag mennyisége - Kollmann szerint - lehetőleg közelítse meg a légszáraz súly értékét.

#### c) Telítés enyvezőberendezéssel

A gyantaoldat felszívódhat úgy is, - amennyiben a szubmikroszkópikus eloszlással szemben nem támasztunk túl magas követelményeket - ha valamelyik ismert enyvezőberendezéssel hordjuk fel az oldatot a furnérlemezekre. Többszöri felhordás javítja az eredményt, különösen akkor, ha az egyes menetek után elegendő idő marad arra, hogy az oldat diffúziója minél tökéletesebben végbemenjen.

#### d) Kompressziós telítés

A.J. Stamm szabadalmazott eljárása szerint a tömöríthető hárs-, nyár- és lucfurnérokat igen könnyű telíteni úgy, hogy a légszáraz lemezeket az oldatba merítve hengerek között kb. fél-lemezvastagságig összenyomják. A hengereket elhagyva a lemezek visszanyerik eredeti vastagságukat s ezzel egyidejűleg megfelelő mennyiségű gyantaoldatot szívnak fel. Nagy előnye ennek a szelleges eljárásnak, hogy igen rövid ideig tart (10-15 perc).

Az előzőekben ismertetett módszerek egyikével telített furnérlemezek tárolását (telítés után) Kollmann igen részletesen tárgyalja. Külön hangsúlyozza, hogy különbséget kell tenni az un. utókezelés és szárítás között; utókezelés alkalmával éppen a gyanta beszáradásának (megszilárdulásának) folyamatát kell megakadályozni, hogy a diffúzió - és a telítőanyag egyenletes eloszlása - minél tökéletesebb legyen. Az utókezelés időtartama az eljárás módja szerint változik. A.J. Stamm szerint a szárítási idő - 54 C°-on - 16 óra; furnérszáritó esetén ugyanez az érték 71 C° hőmérséklet mellett 3 órára csökkenhet. Amikor a lemezek nedvességtartalma elérte a 6%-ot, a hőmérsékletet a gyanta megszilárdulásának érdekében emelni kell.

A műgyantával impregnált faanyag fizikai és kémiai tulajdonságainak megváltozásával kapcsolatban Kollmann a következőket állapítja meg:

1. ha a gyantatartalom az abszolút száraz súly ( $g_0$ ) 30-35%-a, a higroszkóposság és maximális térfogatváltozás a telítés előtti állapot 25-35%-ára csökken; ez az érték azonban akkor sem változik már lényegesen, ha a telítőanyag mennyiségét 40% fölé emeljük,

2. a higroszkóposság javulása mellett kisebb a felületi repedékenység és szálkásodás lehetősége; különösen szembeötlő a vízgőz-áteresztőképeség csökkenése fenol-formaldehid-bázisú műgyanta alkalmazása esetén,

3. csökken a fa elektromos vezetőképessége és nő az ellenállása a maró hatású vegyszerekkel szemben (kivéve a magas koncentrációjú alkáliákat),

4. a fa rezisztenciája fokozódik a különböző gomba- és rovarfertőzésekkel (termeszek) szemben, gyulékonyága azonban

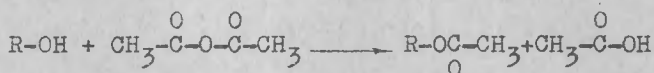
Kollmann szerint - több kutató megállapításával ellentétben - nem változik,

5. nő a fa nyomószilárdsága és keménysége, a dinamikai hajlító- és húzószilárdság értéke azonban kisebb lesz.

### A cellulóz-acetsavanhidrid reakció

Az U.S. Forest Products Laboratory kutatói által kidolgozott eljárás a kísérleti adatok szerint eredményesen és tartósan csökkenti a fa higroszkóposságát. (H. Tarkow, A.J. Stamm, EC. Erickson: Acetylated Wood, Madison 1946.)

A kutatás elméleti alapját a cellulózacetát ipari előállításánál lejátszódó kémiai reakció képezte: a fonalfeldolgozásra alkalmatlan rövid gyapotrostokat ul. ecetsavanhidrid és erősen higitott kénsav keverékével kezelik, amelynek során a következő reakció megy végbe:



ahol "R" bármilyen polisaccharid-láncot vagy szerves gyököt jelenthet. Makromolekuláris anyagokat, mint a cellulóz, a reakció lefolytatása előtt olyan vegyszerrel kell kezelni (pl. ecetsavval), ami a rostok "fellazulását" (duzzadását) eredményezi. A kénsav a katalizátor szerepét tölti be az elészterítés folyamatánál, és elősegíti a cellulóz-láncok egy részének lebontását, ami mürostok gyártásánál nem zavaró, műanyagok előállításánál pedig kifejezetten előnyös, mivel a lebontás folyamata kedvezően hat az anyag plaszticitására. Fa esetében a rostok fellazítására és mint katalizátor is a piridin alkalmas, mivel a szerves savak maró hatása következtében a fa rideggé válik és szilárdsága csökken. A piridin nem csökkenti a cellulóz polimerizáció fokát, emellett elősegíti a sejtfal duzzadását. A cél tulajdonképpen a cellulóz erősen higroszkópos OH-csoportjainak helyettesítése más, kevésbé higroszkópos gyökökkel, a fenti egyenlet szerint. Minthogy a víz-adszorpció folyamatában azonban csak a micellák felületén elhelyezkedő hidroxil-csoportok vesznek részt, elegendő, ha a reakció egyedül ezeken a helyeken következik be.

Kollmann szerint a reakciót ecetsav-anhidrid és piridin-gőzökkel legcélszerűbb lefolytatni. Az eljárást elsősorban furnérlemezeknél alkalmazzák (maximális vastagság 3 mm).

A reakció következtében 70-75%-kal csökken a zsugorodás mértéke, ha lombfák esetében 18-20%, fenyőknél 26-30% az acetiltartalom kezelés után.

További előnye ennek a módszernek, hogy egyrészt a furnérlemezek színe nem változik - ellentétben a hőkezeléssel, vagy a mügyanta-telítéssel -, (egyedül nyirfurnérnál tapasztalható bizonyos sötétedés), másrészt a méretek azonosak maradnak a klíma-viszonyok gyakori változtatása mellett is.

Igen érdekes, hogy ennél az eljárásnál a vízfelvétel csökkenése kisebb, mint a méretváltozásé. Ezt a - kísérletek útján igazolt - megállapítást azzal magyarázza, hogy itt a pórusok nincsenek eltömve (ellentétben például a legtöbb mügyantával telített faanyaggal), tehát ezekbe az üregekbe a fa a higroszkópos egyensúly által meghatározott mennyiségű vizet fel tud venni. A sejtfal adszorpciója azonban - mivel ott strukturális változás történt - sokkal kisebb.

A fa abszolút száraz térfogatsúlya az acetiltartalom növekedésével arányos, de függ a fafajtól is (20% acetiltartalom esetében a térfogatsúlynövekedés juharnál 8%, lucnál 12%, balsafánál 14%).

A kezelés igen ellenállóvá teszi a fát farontó gombák, rovarok (termeszek) támadásával szemben.

Kezelés után a fa legtöbb mechanikai tulajdonsága változatlan marad; Tarkow és Erickson szerint a dinamikai hajlítási-lárdáság és az ütő-törő munka értéke 10-20%-kal emelkedik. Növekszik a fa szívóssága is, amit különösen ki kell emelni, mivel a legtöbb térfogat-stabilizáló eljárás esetében a fának éppen ez a tulajdonsága veszít az értékéből.



## D) A fa kémiai felépítésének megváltoztatása

### a) A fa hőkezelése

Kollmann igen nagy figyelmet szentel könyvében ennek a témának, mivel véleménye szerint a hőkezelés által elérhető eredmények maximumához még nem érkeztünk el, s a kutatás számára itt még igen sok a tennivaló. Az U.S. Products Laboratory közleménye szerint (A.J. Stamm, H.K. Burr, AA. Kline: Stybwood - A Heat Stabilized Wood) a fa higroszkóposága igen eredményesen csökkenthető úgy, ha a fát megolvadt só- vagy fémfürdőbe helyezzük. Ezáltal elérjük azt, hogy - bár az alkalmazott hőfok magas (260-315 C°) -, az oxidáció feltételeit kizárva ún. "kémiai áthidálást" létesíthetünk az egyes szerkezeti elemek közt. Az eredmény természetesen függ a hőfoktól és a kezelési időtől, ami legtöbbször néhány perc csak.

Kollmann szerint fel kell tételeznünk, hogy a hevítés során a cellulóz és lignin felületéről szerkezeti-vizmolekulák válnak le: a szomszédos OH-csoportból vizkilépés folytán "éter-híd" (R-O-R) keletkezik. Mivel az éter az alkoholnál sokkal kevésbé polarizált, a fa higroszkóposága jelentősen csökken; színe azonban barnább, térfogatsúlya pedig valamivel kisebb lesz. A higroszkópos tulajdonságok javulása közel 50%-os, a szilárdsági és keménységi értékek csökkenése azonban ugyancsak számottevő: 25-30%. Ennél még jobban csökken a szilárdsági dinamikai igénybevételek esetén úgy, hogy ütés, vagy lökés-szerű erőhatások által igénybevett épületszerkezet kialakítására az ilyen fa nem alkalmas, annál inkább azonban olyan alkatrészek gyártására, amelyeket a használat során erős atmoszferikus behatás ér. Ebből a szempontból számottevő az is, hogy hőkezelés által rezisztenssé válik a fa gombainfekcióval szemben.

B. Thunell és E. Elken kísérletei szerint beigazolódtott, hogy a hőkezelés oxigénmentes légtérben (pl. nitrogén jelenlétében) eredményesebb. A zsugorodás 30%-os csökkenésével együttjáró hajlítószilárdság-csökkenés is nagyobb mértékű levegőn, mint oxigénmentes térben: előző esetben 27%, utóbbinál 8%. N.J. Ögland ezzel szemben arról számol be (Ögland: Om Värmebehandling av harda träfiberskivor, Stockholm, 1948), hogy farostlemezek hajlítószilárdsága és adszorpció-csökkenése abban az esetben na-

gyobb, ha a hőkezelés levegő jelenlétében történik. Továbbá az eljárás eredménye szerint elsősorban attól függ, hogy a kezelésnek alávetett fahelyettesítő anyag milyen arányban tartalmaz hidrolizálható szénvegyületeket, s ezt az állítását kísérletekkel igazolja. A kísérletek alapján fel kell tételezni, hogy az éter-hidak képződése tulnyomó részben ezeknek a szénhidrátoknak a függvénye; ehhez Kollmann még azt a megjegyzést fűzi, hogy szerepük minden valószínűség szerint a fa- és fahelyettesítőanyagok többi tulajdonságának a megváltozásában is jelentős. Így W.W. Barkas rámutatott arra, hogy magas hő hatására a sejtfa rugalmassága csökken (elridegedés) aminek pedig a szorpciós jelenségeket ábrázoló histerézis-görbe deromációja (a görbe két ága erősen eltávolodik egymástól) a következménye. A histerézis minden esetben energiavesztéssel jár, aminek igen tanulságos magyarázatát adja a következőkben:

Az ad- és deszorpció reverzibilis folyamatok; a deszorpcióhoz éppen úgy, mint a leadásra kerülő vízmennyiség elpárologtatásához, energia felhasználása szükséges. Ezt az állítást igazolja az is, hogy az adszorpciónál és a vízgőz kondenzációjánál hő szabadul fel. A két hőmennyiség - negatív és pozitív - azonban nem teljesen egyenlő: az energia-átalakulás ciklusa tehát veszteséggel zárul. A veszteség annál nagyobb, minél nagyobb a folyamatban résztvevő hőenergia; a jelenség okát valószínűleg abban kereshetjük, hogy az éter-hidak létrejötte már kémiai irreverzibilis folyamatnak tekinthető. A fa nemesítésének ideális megoldása lenne az elmondottak értelmében az, ha a deszorpciót irreverzibilissé tudnánk tenni, vagyis ha a száradás folyamatához felhasznált hőenergia többé visszanyerhető nem lenne.

Az elmélet azonban - Kollmann szerint - jelenleg éppen emiatt nem realizálható: minél magasabb ui. a deszorpció alkalmával befektetett hőmennyiség, annál közelebb kerülünk ahhoz a határhoz, ahol a fa szerves vegyületeinek szétesése (elszenesedése) már bekövetkezik. A jövő útját Kollmann mindenesetre abban látja, hogy a nemesítésnél a kémiai és termikus folyamatokat össze kell kapcsolni, mint ahogyan ez a kaucsuk-gumi vulkanizálása esetében már sokkal régebben sikerül.

A fa- és fahelyettesítő anyagok higroszkópos tulajdonságainak megváltoztatására még egy lehetőség van: a fa belsejében

gyantaszerű, hidrofob vegyületek ujraképződésének feltételeit kell megteremteni. R.M. Seborg szerint  $150\text{ C}^{\circ}$  felett hőkezelés alkalmával ez a jelenség már lejátszódhat (pl. lignin agglomeráció). Arra a kérdésre azonban, hogy a folyamat tisztán fizikai, vagy inkább kémiai - pl. lignin szénhidrát kapcsolatok szakadása -, jelenleg választ adni még nem tudunk.

A végbemenő fizikai folyamatok értékelése szempontjából igen jelentősek H.G. Higgins és F.V. Griffin háromrétegű fenyő-nyvezettlemezzel végzett kísérletei. A lemezeket elektromos présszel magas hőfokon ( $120\text{--}200\text{ C}^{\circ}$ ) tömörítették. A  $14\text{--}84\text{ kg/cm}^2$  nagyságrendű présnyomás 5 percen keresztül hatott a lemezekre. A lemezzvastagság csökkenése - a hőfoktól függően - minden esetben minimális értéket ért el  $150\text{ C}^{\circ}$  körül, s ez a minimum annál határozottabb formában jelentkezett, minél nagyobb volt az alkalmazott nyomás. A következő kísérletsorozatot a két kutató azonos feltételek mellett abszolút száraz próbatestekkel végezte: a lemezzvastagság ebben az esetben közel egyenletesen csökkent a hőmérséklettel.

A kísérletek alapján megállapíthatjuk a következőket:

1. a fa plastikus tulajdonságait tekintve (a plastikus alakváltozás határain belül) a kritikus hőmérsékleti intervallum:  $120\text{--}200\text{ C}^{\circ}$ , mivel a vastagság ezeken a határokon belül hirtelen és erősen csökken, mégpedig annál inkább, minél magasabb az alkalmazott nyomás,

2. fel kell tételezni, hogy a lemezek nedvességtartalmának gőz-fázisa jelentős mértékben elősegíti a plastikus tulajdonságok kifejlődését (a nyomás működtetése kezdetén ul. a hőmérséklet már a víz forráspontja felett volt),

3. ha a három változó tényező közül a hőmérsékletet konstansnak vesszük különböző (konstans) hőmérsékletek mellett a méretcsökkenést, mint a nyomás függvényét ábrázolhatjuk. A görbesereget az abszcisszával párhuzamos egyenessel ( $0,012\text{ mm}$  távolságban) elmetszve olyan metszéspontokat kapunk, amelyek - adott fafaj, terhelési sebesség stb. esetén a plastikusság alsó határának tekinthetők.

Kollmann az elmondottakhoz azt az igen érdekes megállapítást fűzi, hogy a plastikus alakváltozási határ szempontjából kritikusnak tekintett hőmérséklet számszerű értéke elsősorban a

lignin tulajdonságaitól függ. Nem hagyható ui. figyelmen kívül, hogy  $160^{\circ}$  alatt a kísérletek tanulsága szerint a fa mint szilárd, plasztikus test viselkedett, míg  $170^{\circ}$  felett halmazállapota már inkább a viszkózusan folyó testekéhez vált hasonlónak. Éppen ez a két hőmérsékleti érték viszont pontosan egyezik egyes laboratóriumi uton izolált ligninek olvadáspontjával, ami Kollmann állítását igazolja.

Annak érdekében, hogy a bekövetkezett méretcsökkenés plasztikus- és elasztikus (rugalmas) szakaszát jobban meg tudjuk különböztetni, Higgins és Griffin (a fenti kísérlet befejezése után 55 illetve 100 nappal) a próbatesteknél feilépő elasztikus utóhatást vizsgálta. A kísérletek azt mutatták, hogy alacsony préréshő ( $120^{\circ}$ ) esetében a méretcsökkenés közel 50%-át a működő rugalmas erők megszüntetik;  $200^{\circ}$ -os présnyomásnál ez az érték mindössze 14% (a hőmérséklet és a rugalmas erőhatás között egyenes arány áll fenn). Megállapítható tehát, hogy az elasztikus- és plasztikus alakváltozás határai, valamint a törési fázis alsó határa (sejtfalrepedés) a hőmérséklettől nagy mértékben függ; a fa- és fahelyettesítő anyagok szempontjából ez a törvényszerűség rendkívül jelentős, mivel a hő hatására történő nemesítés sikere éppen attól függ, hogy a plasztikus alakváltozás kritikus hőmérsékletét - adott nyomás mellett - meg tudjuk-e határozni. A fa hő hatására történő nemesítésének kémiai folyamatairól, illetve a fa termo-plasztikus viselkedéséről R.O.H. Runkel tanulmánya ad felvilágosítást. (Runkel: Holz als Roh- und Werkstoff, 1951) Szerinte a fa belsejében feltételezhetően a lignin hidrolitikus hasadása okozza a hidrofob gyanták ujraképződését.

Kollmann azonban valószínűnek tartja, hogy a kérdéses zárt rendszerben (Holz-Wasser-Wärme System) az ugynevezett "aktív" lignin mellett ugyancsak rendkívül reakcióképes furfurool és bo-rostyánsav-dialdehid ( $\text{OCH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-HCO}$ ) is keletkezik. Bár a kérdést az eddigi kutatások teljes mértékben még nem tisztázták, azok a mesterséges gyanták, amelyeket a fa különböző alkatrészeiből laboratóriumi uton nyerni lehet - oximetilfurfurool-, acetoxicumaron-gyanták stb. - arra engednek következtetni, hogy a higroszkóposság csökkentése szempontjából rendkívül jelentős lesz, ha ezeket a gyantákat a fa belsejében sikerül majd előállítani. R.O.H. Runkel ezzel kapcsolatban rámutat arra, hogy bi-

zonyos alacsony, kezdeti nedvességtartalom megfelelő nyomás és hő biztosítása mellett a képződő illékony vagy vizoldékony reakciótermékek elpárolgását (tulzott felhigulását) is meg kell akadályozni, ha eredményt akarunk elérni.

#### b) Formaldehides kezelés

Éter-hidak képződésén alapuló hőkezelés egyik előnytelen kísérőjelensége a fa mechanikai tulajdonságainak észrevehető romlása. Ezen A.J. Stamm és H. Tarkow szerint úgy segíthetünk, ha a fát formaldehidgőzök és valamilyen szervetlen sav - mint katalizátor - jelenlétében hevítjük (ásványi olajban szuszpendált paraformaldehid alkalmas erre a célra). A reakció sűrített levegőjü szárítókamrában folyik le, atmoszferikus nyomáson. Kollmann szerint feltételezhető, hogy az éterhidak képződése itt is bekövetkezik, az eredmény - 3-6%-os súlygyarapodás mellett - igen jó, azonban a savkatalizátor hatására a fa meglehetősen rideggé válik.

A kutatás számára feltétlenül megoldandó feladat ennek a hátrálynak a megszüntetése.

#### c) A fa telítése alifás vegyületekkel

E. Mörath szerint a fa higroszkóposságát jelentősen csökkenthetjük, ha az alifás vegyületek sorozatának valamelyik magasabb rendszámú zsírsavát, vagy alkoholját használjuk fel telítőanyagként. Mörath véleménye szerint a méretváltozás javulásának oka az, hogy ezek a nagymolekulás vegyületek a sejtfal hidrophil OH-csoportjai körül helyezkednek el.

Erre a célra alkalmas telítőanyag pl. a vizgőzzel desztillált, illetve az elszappanosított montánviasz vagy az ozkerit. A telítés hőmérsékletének  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  felett kell lennie, mivel ezeknek az anyagoknak az olvadáspontja elég magas. A higroszkóposság Mörath szerint igen nagy mértékben javul, s ha a telítőanyaghoz 0,5%-ban valamilyen arzéntartalmu savat elegyítünk, fokozódik a fa ellenállása gombainfecióval szemben is.

(Leopold Vorreiter: Holztechnologisches Handbuch. Band I. Fromme-Verlag Wien, 1949.)

Szerző az első kötet K) pontjának (Vergütete Hölzer) I. fejezetében foglalkozik azokkal az eljárásokkal, amelyek a fa higroszkópos tulajdonságainak megjavítására irányulnak (Die Vergütung der hygroskopischen Eigenschaften des Holzes.)

A higroszkóposság és következményeinek általános ismertetése után azokat a lehetőségeket, amelyek segítségével ezek a káros következmények - részben - megszüntethetők, Vorreiter a következő csoportosításban tárgyalja:

- a) az adoszorpció teljes vagy részleges megszüntetése,
- b) a rostok dagadásának, illetve zsugorodásának megakadályozása,
- c) a célnak megfelelő fa-kötések alkalmazása (például a hurirányú és a sugárirányú metszés kombinációja),
- d) olyan vegyületek eltávolítása a fából, amelyek a higroszkóposságot legjobban elősegítik.

A lehetőségek egyikét vagy másikat tartalmazó eljárások pedig:

- a) a fa áztatása, illetve kilugozása,
- b) gőzölés,
- c) mesterséges szárítás,
- d) hőkezelés,
- e) elektrodialízis,
- f) az alakváltozás megakadályozása a szubmikroszkópikus szerkezet "merevítése" által,
- g) telítés hidrofob anyagokkal,
- h) felületi bevonatok.

Ezek közül csak a lényegesebbekre térünk ki.

### Mesterséges szárítás

Vorreiter szerint a higroszkóposság csökkenése annál biztosabban bekövetkezik, minél szakszerűbben és minél magasabb hőmérsékleten szárítunk. A folyamatot mindenestre úgy kell irányítanunk, hogy a felület elkérgesedése be ne következzen, ezért célszerű az elérni kívánt nedvességtartalomig a szárítást normál körülmények között végezni, s csak ezután térni át magasabb hőmérséklet alkalmazására. Hevítés alkalmával a sejtek higrosz-



kópos tehetetlensége nő (az adszorpciósebesség csökken), aminek egyik oka Vorreiter szerint az, hogy a sejtfalak a magas hő hatására ridegebbé válnak. A természetes és mesterséges uton szárított fa higroszkópos isothermái tehát adszorpció alkalmával jobban, deszorpció esetén azonban csak kevésbé térnek el egymástól. Vízfelvételkor ez a különbség annál nagyobb, minél magasabb volt a szárítás hőfoka; a legnagyobb eltérés 60-70% relatív páratartalom mellett tapasztalható. A higroszkópos egyensúly tehát eltolódik - az alkalmazott szárítási hőfokoktól függően -, s a javulás gyakran igen számottevő (60-115 C° mellett szárított erdeifenyő esetében pl. 20-25%) - magas hő hatására ezenkívül 5-10%-kal emelkedik a nyomószilárdság, keménység és - Vorreiter szerint - a többi statikai szilárdság értéke is.

### Hőkezelés forró gázokkal vagy fémfürdőben

Vorreiter rámutat arra, hogy a fa hevítése levegőn, vagy különböző gázok jelenlétében (oxigén, nitrogén stb.) annál jobb eredményre vezet, minél hosszabb az időtartam, s minél magasabb a hevítés hőfoka. Az optimális hőmérsékleti intervallum szerinte 165-260 C°. A hőfok emelése azonban a legtöbb esetben a fa elszíneződésére (megbarnulás), megkeményedésére és elridegedésére vezet.

A könyv közli A.J. Stamm és A. Hansen különböző gázokkal végzett kísérleteinek eredményét változó hőfok és időtartam esetében. Eszerint pl. a vízfelvétel és dagadás legerősebben oxigén, legkevésbé pedig hidrogén jelenlétében csökken, ha a hőfok 205 C°, a hevítés időtartama pedig 2 óra. (Amint látjuk, az eredmény ellentmond B. Thunell és E. Elken kísérleti megfigyeléseinek.)

A továbbiakban Vorreiter részletesen ismerteti a hőkezelés másik változatát: a fa hevítését fémfürdőben.

Megállapítja, hogy az eredmény ennél a megoldásnál is annál jobb, minél magasabb az olvadt fém hőfoka, s minél hosszabb a bemelegítés időtartama (határérték: 2-5 perc). A higroszkópos tulajdonságok javulása mellett azonban a fa fizikai és mechanikai tulajdonságai általában veszítenek értékükből és ez a veszteség fémfürdő alkalmazása esetén nagyobb, mint ha a hevítés levegő

jelenlétében történik. Érdekes adatot közöl már a gombafertőzés-  
sel kapcsolatban: ha a fa 40%-kal kevésbé zsugorodik a hőkezelés  
után, ugyyszólván teljesen immunis a legtöbb gombainfekcióval  
szemben.

### Az elektrodialízis

A fának azokat az alkotóelemeit, amelyek a higroszkóposzá-  
got legnagyobb mértékben befolyásolják, elektrolízis segítsé-  
gével könnyen eltávolíthatjuk (gyorsabban és egyszerűbben, mint az  
áztatás útján sikerülne), s ezáltal ugyancsak elérhetünk bizo-  
nyos javulást. A negatív elektromos töltésű kolloidok az anódon,  
a pozitív töltésű ásványi anyagok pedig a katódon helyezkednek  
el az elektrodialízis folyamán. A fát ennél az eljárásnál megfe-  
lelő elektrolitbe - lehetőleg folyóvizbe - mártják. A berendezés  
három cellából áll, a középsőben a fát, a szélsőkben pedig az  
anódot, illetve katódot helyezük el (előbbi rendes grafit, szén,  
vagy wolfram-bronz, a katód pedig ezüst, vagy sárgaréz). A cellá-  
kat megfelelő diafragma (állati hólyag), vagy kolloidát-nemeresztő,  
de egyben ion- és vízáteresztő membrán választja el egymás-  
tól; az egyenáram feszültsége R. Herzner szerint 500-700 volt.  
(A kilugozás mértéke természetesen függ a víz tisztaságától.)

### Az ecetsavanhidrid-reakció

Vorreiter közlései lényegében megegyeznek Kollmann megállá-  
pitásaival. Utóbbtól eltér az a megjegyzése, hogy az elszínező-  
dés a kezelés után elég erős; emellett felhívja a figyelmet arra  
is, hogy a különböző szilárdsági jellemzők értéke egyes esetek-  
ben igen tekintélyes mértékben emelkedik (hajlítószilárdság 40,  
rugalmassági modulusz 25%-kal).

Végül rámutat arra, hogy gomba- és rovarinfekcióval szemben  
a fa ellenállása fokozódik.

### A zsugorodásgátló eljárások

Vorreiter ebbe a csoportba sorol minden olyan megoldást,  
ahol oldott állapotban különböző anyagokat juttatunk a sejtfallal

hézagaiba, a sejtüregekbe és pórusokba, ezek megdermedve megakadályozzák a rostok összehuzódását (különböző cukrok és anorgánikus sók oldatai, gyantaoldatok stb.). A telítési mélység a következő tényezőktől függ:

- a) az oldott anyag viszkozitásától,
- b) a rostokat alkotó vegyületek affinitásától az oldott anyag, vagy oldószer iránt,
- c) az oldószer diffúziójának mértékétől.

Az oldószer elpárolgása, illetve kivonása után a sejtekbe berakódó telítőanyag megszilárdulva "merev betonhoz hasonlóan" fogja körül a szubmikroszkópikus szerkezet elemeit, s így annak zsugorodását megakadályozza.

### Cukor-, melasz- és sóoldatok

A különböző koncentrációju oldatokat bemerítés, csökkentett - vagy túlnyomás segítségével juttatják a fa belsejébe; ahol ezek vagy behatolnak a sejtek által tartalmazott szabad- illetve kolloidálisan kötött vízbe, diffúzió útján, vagy pedig maga a sejtfa adszorbeálja a bennük oldott anyagot. A kívánt hatás a felvett (megszilárdult) anyag mennyiségén, annak minőségén és az oldat koncentrációján kívül a fafajtól és a faanyag méreteitől is függ.

Az eljárást a szerző Kollmannal megegyezően értékeli; még aránylag legjobbnak az angol "sorbit eljárást" (A sorbit 4 értékű, jobbraforgató hexit-alkohol) tartja. Igen érdekesek azok az adatok, amit R.G. Bateson munkája nyomán közöl: ezek szerint a sorbit-tartalom növekedése egyrészt a vízfelvétel, másrészt a szárítás után visszamaradó vízmennyiség emelkedésével jár együtt. A telítés következtében tehát emelkedik a vízfelvétel, de csökken a méretváltozás - hasonlóan, ahogyan Kollmann ezt az ecetsavanhidrid-reakció esetében írja, s amit ott részletesen elemez.

## Telítés természetes- illetve műgyantákkal

A természetes gyanták megfelelő koncentrációju oldata (az oldószer rendszeren könnyen illó szervesanyag) ugyancsak csökkentett - illetve túlnyomás következtében telíti a fát. Ennek megtörténte után a fa hőmérsékletét az oldószer forráspontjára emelik, s így az elpárolog. Vorreiter szerint annak érdekében, hogy a megszilárduló gyanta a legapróbb hézagokat is megfelelő mértékben ki tudja tölteni, helyes, ha az eljárást megismételjük. Az eredmény gyakran igen jó: a vízfelvételt 75%-kal, a méretváltozást 60%-kal tudjuk csökkenteni. Szerinte legjobban az ugynevezett "szivós" gyanták válnak be (dammar-, kopál-gyanta stb.) és az olcsó, kevésbé gyúlékony oldószerek, amelyek diffúziósebessége és oldóképessége is nagy: triklóretilén, tetraklórétán, stb.

A műgyanták közül általában a fenol-formaldehid bázisúakat használják, mivel jól oldódnak és könnyen polimerizálódnak a telítés befejeztével.

A műgyanták alkalmazásánál Vorreiter a következő eljárásokat említi meg:

### a) Amerikai eljárás

Fenolbázisú műgyanták formaldehydes elegyét katalizátor jelenlétében vízben, vagy metanolban feloldják; ezzel az oldattal telítik a fát, mégpedig vákuumos eljárással, ha nedvességtartalma 4-15%, és egyszerű áztatás útján, ha nyers állapotban van. A továbbiakban lassu szárítás után a telített fa hőmérsékletét 120-145 C<sup>o</sup>-ra emelik, s az oldószert elpárologtatják. Ismételt telítés esetén az eredmény természetesen jobb lesz. A méretváltozás 70%-kal csökkenhet, ha a gyantaberakódás értéke 30-50 szulyszázalék. Vorreiter szerint 20%-os gyanta-tartalom mellett a keménység és nyomószilárdság értéke kb. 50%-kal lesz magasabb. Karbamid-bázisú műgyanták használata esetén a hatás az ő véleménye szerint is gyengébb.

### b) Francia eljárás

A 15%-nál kevesebb nedvességtartalomra szárított fát autoklávban 7-8 atm nyomás mellett fenol alapú műgyantával telítik.

A telítési hőmérséklet  $130\text{ C}^\circ$ , ennek befejeztével azonban az autoklávból kiemelt fát ismét  $145\text{-}160\text{ C}^\circ$ -ra hevitik, hogy az oldószer (alkohol) elpárologjon. A fa viztartalma a kezelés után 3-4%. Az eljárás Vorreiter szerint egyike a legjobbaknak, mivel nemcsak a higroszkópos tulajdonságok javulását segíti elő, hanem szinte meglepő módon javítja a fa szilárdságát, keménységét, hő- és kopásállóságát, és ellenállását a vegyi anyagokkal szemben (a nyomószilárdság pl. az eredeti érték 5-15-szörösére, a dielektromos állandó 2,7-re emelkedik).

Felhasználása is ennek megfelelő: elektrotechnikai és kémiai berendezések, siklócsapágyak és gépalkatrészek készülnek belőle.

### c) Német eljárás

Ez a megoldás az előzőtől abban különbözik, hogy a telítés után a fa bennmarad az autoklávban, s a hevítés ( $130\text{ C}^\circ$ -ig, kb. öt órán keresztül) ugyancsak - 8 atm túlnyomás mellett történik. Vorreiter megemlíti, hogy legkevésbé az erdeifenyő, legjobban a bükk telíthető, utóbbi gyantatartalma 85%-os is lehet. Az eredmény ennek megfelelően ugyancsak a bükk esetében a legjobb: a vízfelvétel 10-20, a méretváltozás 20-30%-a a telítés előtti állapotnak, a szilárdsági értékek hasonló értelemben emelkednek (a rostokra merőleges nyomószilárdság például 250-350%-kal).

A módszer hátránya, hogy a telítés nagyobb méretű választék esetén nem egyenletes, s a fa kezelés után elridegedik. Az egyenlőtlen telítésnek pedig - amint ezt Kollmann megállapításából már ismerjük - repedékenység és gyengülő szilárdság a következménye. A felület pórusait kitöltő gyanta Vorreiter szerint az ényvezetőséget műgyanta-ragasztóanyagok esetében egyáltalán nem befolyásolja.

### Kénes telítés

A  $140\text{-}150\text{ C}^\circ$ -os, olvadt ként vákuumos eljárással légritkított fára - maximális vastagság mindössze 10 mm lehet - öntik, s benne kb. 5-6 órán át állni hagyják. Ezt követően a második kénfürdő hőmérséklete már alacsonyabb:  $120\text{-}126\text{ C}^\circ$ . Az ún. "vulkanizált fa" kéntartalma fafaj szerint változó; E. Belani összeál-

litása szerint a kocsányos tölgy 40, a mahagoni csak 30% kén felvételére alkalmas.

A vulkanizált fa térfogatsúlya  $1,0 \text{ g/cm}^3$ , higroszkóposága csökken, keménysége és dielektromos állandója négy-ötszöröse az eredetinek; emellett jól felületkezelhető, s vegyi hatásokkal szemben ellenálló. Vorreiter olyan eszközök készítésére javasolja, amelyek vegyi és atmoszferikus behatásokra különösen érzékenyek.

### Kovasavas eljárás

Kalciumklorid- vagy nehézfém sók vizes oldatával telített fát káliumszilikát-oldatos utókezelésben részesítenek (nyomás alatt), majd  $140\text{--}120 \text{ C}^\circ$ -ra hevítik. Ezen a hőfokon nem oldódó, szervesetlen szilícium-vegyületek csapódnak ki, s többé-kevésbé jól kitöltik az intermicelláris hézagokat.

Ha vákuummal légritkított fát fluorsziliciumgázzal (esetleg vaskarbonil-gőzzel) telítünk és utókezelünk, majd ezt többször megismételjük, az oldhatatlan szilíciumvegyületek kicsapódása Vorreiter szerint sokkal tökéletesebben és egyenletesebben megy végbe.

A higroszkópos tulajdonságok javulása mellett - állapítja meg a szerző - a kezelés után nagyobb lesz a fa keménysége és szilárdsága (nyomószilárdság 65%-kal), s ugyancsak ellenállóbb a biotikus és abiotikus károsítókkal szemben.

### Fémezett fa

Száraz, hibátlan léceket ( $50 \times 15 \times 10 \text{ cm}$ ) légritkítás után mérsékelt nyomáson különböző alacsony olvadáspontú fémekkel - vagy ötvözetekkel - telítenek. A fa egészen addig marad az autoklávban, amíg a fém megszilárdul. Eközben a fellépő eutektikus nyomás (a kirohidratikus ponton bekövetkező halmazállapot-változás feszültsége) hatására a fém behatol a rostok közé. Minél nagyobb az alkalmazott nyomás, s minél hosszabb ideig hat az eutektikus feszültség, annál tökéletesebb a telítés. A fém be-rakódik a sejttöregekbe és pórusokba, azonban a használat során előfordulhat, hogy a fa felülete "gyöngyözik", vagyis a fém apró cseppekben kiolvad a felszínre.



Legalkalmasabb erre a célra az Acer saccharinum (ezüst juhar), de jól telithető a tölgy és erdeifenyő is.

A kezelt fa tulajdonságai természetesen függenek a fafajtól, a fém minőségétől és a telítés mértékétől. Az adszorpció és dagadás sebessége lelassul, maximális értéke pedig annál jobban eltér a kezeletlen fáétól, minél egyenletesebb és mélyebb a telítés foka és minél magasabb a fém olvadáspontja (akkor ugyanis a magasabb hőhatás is csökkenti az adszorpciót). A fizikai és szilárdsági tulajdonságok változása a fémtől és a telítés minőségétől függ (például antimon-ólom ötvözete nagymértékben emeli a szilárdságot). A fémezett fa hő- és elektromos vezetőképessége közel ötszöröse az eredetinek (rostirányban). A fa normális gyulladási hőfoka felett sem gyullad meg, csak a felülete izzik, mivel a fém a közölt hőt elvezeti.

Mint kötőelemet, a fémezett fát különösen jól használhatjuk: mechanikai tulterhelés esetén nem "folyik meg", mivel ezt a rostszerkezet megakadályozza, de a fémes telítés következtében nem is roppan meg - viselkedésének duális jellege miatt -, a fafaj és fém megválasztásával hol egyik, hol másik "alkotóelemnek" tulajdonságait tudjuk kihangsúlyozni.

Felhasználható Vorreiter szerint elsősorban csapágycsészék és általában olyan alkatrészek készítésére, amelyek hő- és nedvesség-érzékenyek.

#### A fa telítése nem keményedő, víztaszító anyagokkal

A szerző négy, alapvetően különböző eljárást különböztet meg. Ezek a következők:

- a) félkemény anyagok berakódása a pórusokba,
- b) félkemény anyagok berakódása a sejtfalba,
- c) a fa egész szerkezetének telítése,
- d) kémiai kapcsolat létesítése a szerkezeti elemek és zsir-szerű anyagok között.

#### Telítés forrón cseppfolyós paraffinokkal, zsirokkal vagy viaszokkal

Ezek az anyagok csak a sejttöregekbe rakódnak be, a sejtfalba nem. Telítés alkalmával a fát nyitott tartályokban levő

70-135 C° hőmérsékletű - folyékony paraffinba stb. helyezik, s néhány óráig bennhagyják: a következő fürdő hőfoka már alacsonyabb (70-110 C°), s az időtartam is rövidebb (0,5 - 1,0 óra). Kezelés előtt a fát vízben áztatják - ha nem élőnedves -, hogy a kitágult és felázott pórusokba és sejtüregekbe a telítőanyag könnyebben behatolhasson, s az ott levő vizet elpárologtassa. Ha a víz kiszorítása nyomás hatására történik, ajánlatos a fát utána azonnal a telítőanyagba meríteni, hogy a sejtüregek beszűkülését (a kolloidális-víz elvesztése következtében) elkerülhessük.

### Közvetlen telítési mód

Ennél a megoldásnál a telítőanyagot egyéb közvetítő, vagy oldószer nélkül alkalmazzák. Három változata van:

#### a) Amerikai (Mac Lean) eljárás

A fát 12 órai áztatás után 100 C°-on, nyomás mellett paraffinnal telítik. Egyetlen eredmény az, hogy telítés után az adszorpció sokkal lassabban megy végbe.

#### b) Német eljárás

A fát (u = 20-25%) a rostok irányával párhuzamosan helyezik el a kazánban, amit a levegő elszívása után forró paraffinnal töltenek meg.

Kb. 1 órai áztatás után a hőmérsékletet 100-110 C°-ra emelik s 2-3 atm túlnyomás mellett telítik. A fát ezután további két órán keresztül hagyják a telítőfolyadékban, majd száraz, forró levegőn (90-105°) tárolják. A telítés eredményeként a higroszkóposság csökken, az ohmikus ellenállás és a szilárdság a telítés előtti értékek tizszeresére is emelkedhet.

#### c) Lengyel (Czarnecki-Wiertelak-féle) eljárás

Az irodalmi feldolgozás 1. pontjában (Kollmann: Holztechnologie) már ismertettük.

## A sejtfalak telítése zsirokkal, paraffinokkal vagy viaszokkal

A telítés itt oldószer segítségével történik, hatása sokszorosan felülmúlja az előző három megoldását. Az oldószer könnyen diffundáló vegyület, aminek eltávolítása után a telítőanyag egyenletes eloszlásban az intermicelláris hézagokban és a sejtfalban visszamarad.

Egyik ilyen telítési mód az ugynevezett "kiszorító" eljárás: az oldószer ebben az esetben a sejtek kolloidálisan kötött vizét "szorítja ki" telítés után. Az oldószer visszanyerhető és újból felhasználható.

Két változatát ismerteti a könyv: az amerikai (Cellosolve) és az osztrák (Nowak-féle) eljárást; már mindkettőt ismertettük az előzőekben. Vorreiter szerint a Nowak-eljárásnál egészen jó eredménnyel felhasználhatók a különböző viaszok, paraffinok is. Megemlíti ezenkívül azt is, hogy az eljárás sikere a telítőanyag minőségén és mennyiségén kívül az előzetes áztatás időtartamától is függ. A Nowak-eljárással kezelt fa elektromos ellenállása, keménysége és szilárdsága a legtöbb esetben megnő, emellett jól enyvezhető marad, s rezisztens a különböző gomba- illetve rovarinfekcióval szemben.

Vorreiter szerint ez a telítési mód igen előnyös, mert olcsó, egyszerű, gyors (20-30 perc) és a megfelelő telítőanyag megválasztása folytán a legtöbb fafajhoz adaptálható.

## A külső felületek védelme különböző bevonatok által

A felületi bevonatok (festékek, lakkok, pácok stb.) használatának célja nemcsak a higroszkóposság csökkentése, hanem az is, hogy mechanikai és kémiai behatások ellen védje a faanyagot, és többé-kevésbé az esztétikai követelményeknek is eleget tegyen.

Vorreiter a bevezetőben kimerítően tárgyalja a fa előkészítésének szabályait, amelyeket a felületkezelés előtt véleménye szerint feltétlenül be kell tartani:

a) A faanyag legyen szakszerűen szárítva, a vizardartalma 2-4%-kal legyen kevesebb annál, amit felhasználásának a helyén feltehetően el fog érni.

A rosszul szárított fából - felületkezelés után - a víz el-  
távozni igyekszik, a bevonat ennek következtében felhólyagoso-  
dik, megrepedezik, leperreg.

b) A felület erősebben "dolgozó" (dagadó-zsugorodó) részeit  
okvetlenül el kell távolítani (pl. ággöcsök, hegedési szövetek  
stb.), a helyüket a fa saját anyagából ki kell foltozni.

c) A finom repedéseket, egyenetlenségeket, sérüléseket pó-  
rustömítő anyagokkal ("gitt") ki kell tölteni - kivéve pácok  
esetében -, hogy a bevonat hézagmentesen és egyenletesen borít-  
hassa a felületet. (Ugyanez vonatkozik a nagyobb pórusu fafajok-  
ra is.)

d) Különös gonddal kell a rostirányra merőleges (szög alatt  
hajló) metszéspelületeket kezelni, a nedvesség ugyanis itt hatol  
be a legkönnyebben.

e) Fém- és más, idegen anyagból készült kötőelemeket súly-  
lyeszteni kell, s a mélyedéseket tömítőanyaggal ugyancsak gond-  
osan ki kell tölteni.

f) Végül előkészítés, és kezelés előtt minden felületet le-  
 kell tisztítani, vagy csiszolni.

A festékbevonat tartóssága Vorreiter szerint rendkívül sok  
tényezőtől függ: így a térfogatsúlytól, a pórusok nagyságától,  
fafajtól stb.

A legtöbb festékbevonat többé-kevésbé átereszti a nedves-  
séget, mégpedig annál jobban, minél vékonyabb rétegben hordják  
fel, minél több festékanyagot tartalmaz, s minél durvábbak a  
festék szemcséi. A jó festékbevonat feltétlenül legyen vízzáró,  
szilárd és rugalmas, emellett tapadjon jól a fán. A festékbevo-  
natok viztasztását Vorreiter szerint a következő két módszer  
szerint lehet vizsgálni:

a) Az előzetesen bemért (5 x 5 x 0,5 cm méretű) próbatestek  
befestett oldalára - középen - egy állandóan nedvesen tartott  
filc-darabot teszünk. (Ügyelnünk kell arra, hogy a szabadon ha-  
gyott felületek nedvességet ne szivhassanak fel.) Meghatározott  
időközökben lemérjük a próbatestet, s a vízfelvétel nagyságát az  
eredeti súly %-ában fejezzük ki.

b) Az előző pontban leírt próbatest kezeletlen felületeit  
paraffinnal bevonják, majd felváltva tárolják magas (90-100%),  
és alacsony (30-40%) relatív páratartalmu térben. Szabályos idő-

közönként (10, 20, illetve 30 nap) változtatva a klímát, minden alkalommal lemérik a próbatesteket, s a sulyváltozásból következtetnek a bevonat szigetelőképességére.

Vorreiter a továbbiakban rámutat arra, hogy a bevonatoknak rugalmasnak és bizonyos mértékig szilárdaknak is kell lenniük. Egyrészt ugyanis repedékenység nélkül el kell viselniük a fa elkerülhetetlen kisebb-nagyobb méretváltozásait, másrészt pedig különböző mechanikai igénybevételek hatásától kell a felületet megvédeniük.

Vorreiter ezután részletesen ismerteti a leggyakrabban használt bevonatokat:

#### a) Olaj-lakkok

Alapanyaguk rendszeren természetes-, vagy mügyanta, a kötőanyag len-, fa-, vagy ricinus-olaj. Festékanyaggal, vagy anélkül, terpentinben oldva használják őket. Ilyen pl. a tiszta lenolaj-lakk, amit csak bázikus festékekkel elegyítve helyes használni, mivel száradásakor zsírsavak válnak szabaddá, s ezeket a lug közömbösíti. Ólomfehérrel pigmentálva közép-kemény és rugalmas bevonatot képez.

A "standolaj" tulajdonképpen sűrített lenolaj (annak oxidációja utján keletkezik), semleges vagy bázikus festékekkel elegyítve mint kemény, rugalmas bevonat jól használható.

A tiszta olaj-lakkok (len- vagy faolajban felfőzött gyan-ták) rendkívül rugalmasak, emellett szilárdak és vízzárók, tehát elsősorban nedvességre érzékeny alkatrészek bevonására alkalmasak.

#### b) Cellulóz-lakkok

Alapanyaguk nitrocellulóz, vagy kollódiungyapot (alkohol és éter keverékében oldódó dinitrocellulóz) ebben az esetben gyulékonyak. Acetilcellulózból (elszappanosított acetonban oldódó cellulóz-triacetát) készülnek a cello-lakkok, amelyek éghetetlenek. Ezek a lakkok alkoholban és észterekben mind jól oldhatók s tulajdonságaik általában azonosak. Alkoholban oldott

cellulóz-lakkok jól elegyednek alkoholos gyantaoldatokkal, míg észteres oldataikból alkohollal kicsaphatók.

### c) Gyanta-lakkok

Alkoholban oldott természetes, vagy műgyanták (sellak, fenol- illetve karbamidbázisú műgyanta stb.). Ezek a lakkok olcsók, gyorsan száradnak, vízzárók, de ridegek. Vorreiter szerint valamennyi között a műgyanta-lakkok a legellenállóbbak mechanikai és kémiai behatásokkal szemben, emellett a legszebbek, előállításuk és kezelésük egyszerű, gyors és könnyű.

### d) Aszfalt-lakkok

Alapanyaguk aszfalt, fa- vagy sztearinkátrány stb.; az oldószer rendszeren triklóretilén, aceton, terpentinolaj vagy benzol-benzol keverék. A nedvesség ellen igen jól védik a fa felületét.

### Pácolások

A pácolási módok közül Vorreiter csak a szénítő pácolást (Brennbeizung) említi. Az eljárást H. Wislicenus dolgozta ki; eszerint a sima felületek bizonyos mértékű elszénesítése (gázfuvó segítségével) csökkenti a higroszkópositást.

Különösen hullámos- vagy fodros-rajzolatú faanyag esetében használják, mivel plasztikusan kiemeli a felület szép "erezését". Az enyhe elszénesedés a fában víztaszító desztillációs termékek (kátrányszerű anyagok) képződését segíti elő, emellett azonban a felületi réteget rideggé teszi. A pácolt fa keménysége, szilárdsága és kopásállósága emelkedik, hasonlóan az ellenállása is vegyi anyagokkal és biotikus kártevőkkel szemben.

### Festékbevonatok

Vorreiter ugyancsak kiemeli az alumínium-szuszpenziók által elérhető jó eredményt. Szerinte az alumínium-por megfelelő alapanyagban szuszpendálva (aszfalt- vagy kátrányfesték, illetve



gyantaészter-lakk) csaknem tökéletesen védi a fa felületét a nedvesség, vegyi anyagok és biotikus károsítók behatásával szemben.

A tiszta bitumenfestékekkel kapcsolatban arra mutat rá, hogy védőhatásuk annál jobb, minél jobban megközelíti a szárazanyag-tartalmuk az 50%-ot. A nitrocellulóz-lakk alapanyagu bevonatok szerint a legkevésbé hatásosak, ezzel szemben az ólomfehérrel elegyített fenolbázisu mügyanta-bevonatot ő is igen jónak tartja. Továbbá közli F.L. Browne és az U.S. Forest Products Laboratory kísérleteinek eredményeit - ahogyan ezt már Kollmannál is említettük.

### Paraffin- és viasz-bevonatok

Forró, cseppfolyós, vagy oldott állapotban hordják fel a fa felületére. Igen érdekes, hogy Vorreiter szerint lényegesen jobban védenek a nedvesség ellen, mint akármelyik lenolaj-, mügyanta, vagy sellak-bevonat, sőt hatásukat a paraffin- illetve viaszteliténél is jobbnak tartja. A jó eredmény feltétele természetesen a hézagmentes felület. Mivel azonban igen könnyen megsérülnek, alkalmazási területük igen korlátozott.

Végül Vorreiter még megemlíti az általa is igen jónak tartott fém-fóliás bevonatokat. Legtöbbször 1-3 rétegű alumínium fóliát ragasztanak fel a fa felületére különböző olaj-, aszfalt-, vagy mügyanta-lakk segítségével. Cellulóz-lakkal felragasztott egyrétegű alumínium-fólia már 94%-ban véd a nedvesség ellen, hatása tehát jobb, mint valamennyi eddig ismertetett felületi bevonaté. Az ón- és sárgaréz-fóliák Vorreiter szerint ugyancsak megfelelőek, ezzel szemben ő nem tartja jónak a müanyag-fóliákat, mivel anyagfáradás következtében felületük hamar megrepedezik.

George M. Hunt - George A. Garratt: Wood Preservation (Mac Graw-Hill Book Company, New York, 1953)

A könyv XI. fejezete (Methods of Protecting Wood) foglalkozik a faanyag nedvesség elleni védelmével. A szerzők a többi kutató véleményéhez hasonlóan úgy látják, hogy olyan univerzális eljárást, ami a fa védelmét teljes mértékben szolgálná, anélkül, hogy csökkentené a többi értékes tulajdonságát, mindaddig nem sikerült kidolgozni. Véleményük szerint az ugynevezett szabadal-

mazott "moisture-proof" készítmények (amelyek a fa védelmét a nedvesség ellen biztosítják), a legjobb esetben csak részleges és eléggé bizonytalan eredményre vezetnek. Olyan régi idők óta ismert eljárások, mint pl. a lenolaj, viasz vagy a különböző festékbevonatok, állításuk szerint sokkal kevésbé hatásosak, mint amilyen az általánosan kialakult vélemény ebben a tekintetben. Mivel azonban a víztartalom-változás teljes megszüntetésére gyakran nem is törekszünk, a bevonatok, szárítási- és más eljárások gyakorlatilag elég jól beváltak.

A fa méretváltozásai bizonyos mértékig csökkenthetők azáltal, hogy a fát szárítással arra a nedvességtartalomra állítjuk be, ami kb. a középértéke a leendő felhasználási helyén beálló maximumnak és minimumnak. E.C. Peck szerint (E.C. Peck: Moisture content of wood in dwellings, 1932) a fa víztartalmának átlagértéke épületek belsejében az U.S.A. száraz éghajlatu déli államaiban 4-9%; ugyanez az érték a párás, tengerparti államokban 8-13%, az ország többi területén pedig 5-10%. Eszerint, ha a bútörök, falburkolatok és más fából készült belső-építészeti be rendezések nedvességtartalmát 6, 11 és 8%-ra állítják be, szerinte bizonyosra vehető, hogy az ingadozás a használat során ritka kivételektől eltekintve - nem lesz több mint 2-3%.

A higroszkópossgát csökkentő eljárások közt Hunt különbséget tesz, mert szerinte egy részük a nedvesség felvételét, mások pedig elsősorban a méretek változásait szüntetik meg. Előző csoportba sorolja a paraffinos telítést, amit nem tart túlságosan megfelelőnek, mivel a paraffin már gyakran a napfény hatására is olvad, s a vele kezelt fa nehezen fényezhető, illetve felületkezelhető. Más viaszok és olajok alkalmazása esetén megállapítása szerint 20-25%-ban csökken a víztartalom változásának mértéke. A méretváltozást legjobban úgy lehet csökkenteni (25-35%-ig), ha először alacsony kondenzációs fokkal rendelkező fenol-formaldehid bázisu műgyantával impregnálják a fát, majd közepes hőmérsékleten szárítják, végül 300 C<sup>o</sup>-ra hevítik, hogy a gyanta kondenzációjának teljes lefolyása után a megszilárdulás a fa belsejében következzen be. A.J. Stamm és R.M. Seborg nevezik el kísérleteik során az így kezelt fát "Impreg"-nek. Hasonlóképpen a "Compreg" nevet adják annak a hasonló módon telített fának, amelyet a szárítás és a gyanta szilárdulásának ideje alatt magas

nyomással tömörítene. Utóbbi a méretállandóságát tekintve egészen kiváló.

Hunt ugyancsak megállapítja, hogy a magasabb kondenzációjú fenol-gyanták használata sokkal kevésbé ad jó eredményt.

Ugyanez vonatkozik a karbamid-formaldehid és karbamid-dimetilol bázisu mügyanták használatára is.

Az ecetsavanhidrid-reakció Hunt szerint minden eddigi megoldás közül a legjobb (ellentétben néhány másik eljárással, az így kezelt fa szilárdsága sem csökken), azonban ma még csak furnér-lapok kezelésére használják, emellett az eljárás anyag és berendezés tekintetében is igen költséges.

A "Compreg" - a fa használata szerinte egyes speciális esetekben indokolt; alkalmazási területe egyre jobban kiszélesedik, mivel üzemi előállítása gazdaságos és egyszerű.

Az impregnált fa fokozott ellenállása a biotikus kártevőkkel szemben közismert, nincs tisztázva azonban Hunt szerint még az, hogy ez a jelenség a csökkent nedvességtartalom következménye-e, vagy inkább az okozza, hogy a cellulóz erősen reakcióképes OH-csoportjainak lehasítása a károsítók által termelt enzimek működését is akadályozza.

A felületi bevonatokat illetően Hunt véleménye az, hogy általában jobban védenek a nedvesség ellen, mint a szokásos olajos, vagy viaszos telítés, bár tökéletesen egyetlen bevonat sem szigetel. Festékekben vagy lakkokban diszpergált alumínium-por, illetve mügyantával felragasztott alumínium-fólia szerinte is a legtartósabb és védőhatásuk is a legnagyobb.

A lenolaj viztaszítóképesége - mint általában a levegőn száradó olajoké - rövid ideig tart. Ha festékek vagy gyanták diszpergensként alkalmazzuk őket, hatásuk a diszpergált anyag mennyiségével arányosan nő. Az aszfalt- és kátrányfestékek szerinte megközelítik az alumínium-diszperziók hatásosságát, de színük annyira sötét, hogy majdnem lehetetlen világos fedőfestékkel együtt alkalmazni azokat.

A felületi bevonatokra Hunt megállapítása szerint is ugyanaz vonatkozik, mint a többi kezelési módra: adott körülmények között maximális nedvességtartalmát a fa mindenképpen eléri, a bevonat ezt a folyamatot legfeljebb késleltetni tudja.

Harry Donald Tiemann: Wood Technology (Edition Pitmann, London 1951)

Szerző a fa higroszkóposságának javítására szolgáló eljárásokat az eddig ismertetett szerzőkétől eltérő felfogás szerint csoportosítja (13. fejezet, Dimensional Stability).

Eszerint kétféle megoldás lehetséges:

a) a nedves fa zsugorodásának csökkentése, illetve megelőzése,

b) a száraz fa dagadásának, illetve a higroszkópos tulajdonságok javítása.

Az első megoldásnál felhasznált zsugorodás-gátló anyagok molekuláris felépítése legtöbbször lehetővé teszi, hogy a szubmikroszkópikus hézagokba (sejtfalba) berakódhassanak. Ha pedig a molekulák méretei miatt ez nem lehetséges, akkor az anyag a pórusokat tölti ki, mint szilárd, nem zsugorodó sejtközi állomány. Ez a kevésbé célravezető megoldás, mivel a sejtfal higroszkópos erőterét nem szünteti meg, csak a vízfelvételt késlelteti; ilyen pl. a fa belsejében levő pórusoknak kondenzálódó (esetleg polimerizálódó) műgyantával történő kitöltése. A legeredményesebb megoldás Tiemann szerint is az, ha a telítőanyagok kémiai reakció útján kapcsolatba lépnek a sejtet alkotó vegyületekkel (lignin, cellulóz), mivel a higroszkóposság ebben az esetben csökkenthető leginkább.

Az ugynevezett helyettesítő módszerek esetében (replacement process) Tiemann szerint a sejtek szabadviz-tartalmát difúzióképes oldatok helyettesítik (pl. a cellosolve-eljárás) ilyenkor gyakran több oldat "váltja egymást", a legutolsó kritériuma az, hogy vízben oldhatatlan legyen.

A cukor- és sóoldatok hatásukat tekintve ugyancsak ebbe a csoportba sorolhatók, az eredmény ezeknél mindig szorosan kapcsolódik a koncentráció fokához, bár függ a só összetételétől is; pl. a konyhasó esetében 13%, cinkkloridnál pedig 44% a zsugorodáscsökkenés.

Tiemann a nem-illanó, vizoldékony anyagok közül a glicerint tartja legjobbnak, bár magas páratartalom mellett könnyen kilugozódik, s a fa felületét nyirkossá és tapadóssá teszi; ugyanez vonatkozik egyébként a melasz-félékre, nem kristályosítható cukrokra és a sorbitra is.

Azt megállapítani, hogy valamely oldat csak a pórusokat tölti-e ki, vagy diffúzió következtében az intermicelláris hézagokat is, Tiemann szerint a következő megfontolás alapján lehet: ha a rosttelítettségi állapotban mért dagadás vízfelvétel esetén kisebb, mint az oldattal való telítés után, akkor a szubmikroszkópikus szerkezet telítéséről van szó. Azok az oldatok, amelyek hatására ez a relativ méretnagyobbodás nem következik be, nyilvánvalóan csak a pórusokat töltik meg. Előzőre példa a fenolgyanták és karbamidgyanták vizes oldata; előzőknél 33%-kal, utóbbi esetben 10%-kal nagyobb a dagadás, mint a rosttelítettségi állapotban.

A fa, szerkezeti felépítése folytán, polarizált: a cellulóz viselkedése elektromosan negatív jellegű a víz pozitív töltésű hidroxonium ionjainak jelenlétében. Polarizálatlan vegyülettel szemben - ilyenek pl. a petroleum desztillációja útján keletkezett termékek - viszont semleges, így ezeknek a vegyületeknek a hatására a dagadási folyamat nem következik be. Ezeknek a törvényszerűségeknek a felismerése vezetett arra, hogy megkísérelték a fa higroszkóposságát a cellulóz hidroxil-csoportjainak lehasítása folytán megszüntetni, ami azonban Tiemann szerint fa esetében - annak bonyolult kémiai felépítése miatt - nem ilyen egyszerű. A kutatók ezt a célt több módon próbálták megközelíteni (ecetsavanhidrid, magas hőfok alkalmazása stb.); ennek az elméletnek a különböző megoldási formáit Tiemann az eljárások második csoportjába sorolja, továbbá itt említi meg a különböző felületi bevonatokat is, ezek hatása azonban az ő véleménye szerint sem tartós. Legjobbnak tartja még az alumínium diszperziókat és a paraffint, de különösen a műanyaggal felragasztott fóliákat.

Külön megemlékezik a szerző az U.S. Forest Products Laboratory kutatási eredményeiről, elsősorban a furnérlapok műgyantával történő telítéséről (A.J. Stamm szabadalma). Kiemeli, hogy a fenol-bázisú műgyanta telítőanyag magas hőmérsékleten (150-180 C°) rendkívül plasztikussá teszi a lapokat. Így pl. luc- és nyár-furnérok ebben az állapotban vastagságuk felére nyomhatók össze; azonban rétegelés előtt valamilyen fenolos műgyanta ragasztóanyaggal kell bekenni őket, ha a telítés után nem rendelkeznek a megfelelő ragasztás biztosításához szükséges műgyanta tartalom-

mal. A nehéz és igen kemény préselt lemez fajszálya  $1,0-1,4 \text{ g/cm}^3$ ; Tiemann szerint hetekig tartó áztatás után (vizben) méretváltozása alig észrevehető, J.T.F. Berliner ennél az eljárásnál karbamidos telítőanyagot használt, ami azonban vízben kevésbé oldódik, s a higroszkópossgát is kevésbé csökkenti. A továbbiakban felsorolja az említett laboratóriumban kidolgozott eljárások alapján készített fatermékeket (Impreg, Compreg, Staybwood stb.). Laboratóriumi szinten a zsugorodás 70-75%-ban csökkenthető, ezek az eljárások azonban egyelőre mind igen költségesek, s emellett a lapok vastagsága is erősen korlátozott. A szíjácsból és általában a nagyobb áteresztőképességű fafajokból azonban nagyobb méretű választékokat is eredményesen telíthetünk vákuum és nyomás segítségével, vagy egyszerűen azáltal, hogy a forró oldatba áztatjuk, s a folyadékban hagyjuk kihűlni.

A hőkezeléssel kapcsolatban a szerző megemlíti, hogy saját kísérletei szerint a higroszkópossgát csökkenése a legtöbb fafaj esetében 50%-os volt.

Az U.S. Forest Products Laboratory kutatóinak megállapítása szerint magas ( $180 \text{ C}^\circ$ ) hőfokra hevített fa ( $u = 6\%$ ) annyira plasztikussá válik, hogy amíg forró jól formázható, hajlítható. Az ő véleményük szerint valószínűleg a termoplasztikus lignin okozza ezt a jelenséget. Ily módon a hőkezelt rétegelte lemezek alakjukat még erősen páratelt térben is megtartják és szilárd lapokká préselhetők (Staypak), azonban összehasonlítva a "Compreg" elnevezésű impregnált préselt lemezzel, a változó klímát utóbbi jobban bírja.

Igen érdekes Tiemann véleménye az ecetsavanhidrid-reakcióval kapcsolatban. A higroszkópossgát csökkenését szerinte inkább a reakció során létrejövő acetyl- (vagy butyl-) csoportok tömeges jelenléte okozza, nem pedig a hidrofil OH-gyökök eltávolítása, ugyanis a posttelitettségi állapothoz tartozó víztartalom konstans, tehát a kötött víz egy részét a kezelés után az acetyl-csoportok foglalják el. Szerinte a kötött víz "helyettesítése" miatt az eljárás inkább a zsugorodásgátló módszerek közé sorolható.

Ezzel kapcsolatban újból rámutat arra, hogy egyes újabb kutatások szerint minden olyan eljárás esetén, ahol intermicelláris telítőanyagként valamelyik műgyanta oldatát használjuk, az



eredmény elsősorban az említett anyagok térfogatnövelő hatásának köszönhető, nem pedig - amint azt régebben gondolták - a hidrofíli OH-gyökök eltávolításának.

A formaldehid-gőz-kezelésről az a véleménye, hogy 3% sulygyarapodás esetén is okozhat 80%-os eredményt, de a savkatalizátor jelenléte a fát annyira rideggé teszi, hogy a módszer emiatt sok esetben nem alkalmazható. Ennél az eljárásnál a hatás viszont szerinte is inkább az éterhidak keletkezésére vezethető vissza. A továbbiakban Tiemann igen részletesen ismerteti a cukoroldatokkal történő telítés lehetőségeit. Szerinte ez a módszer (Powell-eljárás) egyszerűsége és jó eredményei folytán több figyelmet érdemelne a jövőben; ő maga is felülvizsgálta számtalan esetben az így kezelt faanyag tulajdonságait, s arra a következtetésre jutott, hogy a legtöbb fafaj szijácsa - néhánynak a gesztje is - cukoroldatokkal általában jól telithető, s a méretváltozás igen jelentősen csökken, ha az oldat koncentrációja magas, s diffúzióképessége megfelelő. Az eredmények finomított fehér cukor esetében voltak a legjobbak; az invert-cukorban (balraforgató nádcukor származék) és a melasz-félékben levő szennyeződések hidrofíli jellegűek, s ennek következtében a fa felülete párás térben nedves és tapadós lesz. Emellett a melaszok bizonyos elszíneződést is okoznak a fa felületén.

Végül megemlíti a szerző, hogy minden vastagabb választék felülete - akár mügyanta-, akár só-, vagy cukoroldatokkal telítjük a fát - többé-kevésbé rideggé válik, amit elkerülni igen nehéz, pedig az így keletkező felületi feszültség hatására a fa erősen vetemedik.

Hermann Knuchel: Das Holz (Sauerländer-Verlag, Frankfurt am Main 1954)

Szerző munkájának második részében (Bearbeitung Veredlung und Verwendung des Holzes), a második fejezet (Verbesserung der natürlichen Eigenschaften des Holzes) 5./e) pontjában (Schutz des Holzes gegen das Quellen und Schwinden) foglalkozik a higroszkóposság csökkentésének kérdésével. Véleménye szerint - hasonlóan a többi szerzők már ismertetett álláspontjához - a higroszkóposságot csak mérsékelni, sebességét csökkenteni lehet, de megszüntetni nem.

A védekező eljárások közül megemlíti a felületi bevonatokat, a mügyantával, illetve alacsony olvadáspontú fémekkel való telítést, és a "vulkanizálást" (kénes-telítés), végül a paraaffinos-eljárásokat.

Hangsúlyozza, hogy a fa eredeti és jellegzetes tulajdonságait csak akkor tudja a kezelés után is megtartani, ha a telítőanyag csak a szubmikroszkópikus hézagokat (sejtfalat) tölti ki, a pórusok ezzel szemben nyitottak maradnak. Ha tehát ezeknek a tulajdonságoknak a megőrzése a cél, akkor Nowak eljárását tartja a legjobbnak, ahol a telítés mellett egy secunder szárítás is végbemegy. Emellett a fa elektromos és mechanikai tulajdonságai is előnyösen változnak meg, megmunkálhatósága, enyvezhetősége sem romlik és a biotikus károsításoknak jobban ellenáll.

J. Cempredon: Le bois, materiau de la construction moderne (Editeur Dunod, Paris 1946)

Szerző a könyv második részének harmadik fejezetében foglalkozik a fa nemesítésének kérdésével (L'amélioration des bois), s ezen belül a fa higroszkóposságának csökkentésével.

Fanemesítés alatt ő elsősorban azokat az eljárásokat érti, ahol a fa kémiai felépítésének megváltoztatása, illetve a szubmikroszkópikus szerkezet idegen anyagokkal történő telítése során tulajdonképpen egy új nyersanyagot kapunk; ez a megváltozott anyag természetes tulajdonságait tekintve is különbözik az eredeti fától; mechanikai jellemzőinek értéke általában nagyobb, szigetelőképessége jobb stb. A mügyantás-telítés ismertetése során rámutat arra, hogy a telítést lehetőleg alacsony hőfokon kell végezni, mivel a hőmérséklet emelése meggyorsítaná ugyan a folyamatot, viszont a gyanta kondenzációját is fokozná, ami károsan befolyásolná a diffúziót. Az oldószer kivonása után azonban 140-150 C<sup>o</sup>-ig is felmehetünk, hogy a gyanta kondenzációja teljes mértékben végbemehessen. Kisebb méretű választék esetében a telítés szerinte legtöbbször sikeres és eredményes, nagyobb méretek és különösen a nagy gyantatartalom azonban megnehezíti a folyamatot. Erre a telítési módra a bükk a legalkalmasabb, s általában a lomblevelű fák (gyertyán, akác, nyár).

Véleménye szerint nem valószínű - egyes kutatók megállapításával szemben -, hogy bármilyen kémiai kapcsolat keletkezzék a gyanta és a fát alkotó vegyületek között. Az oldószer legtöbb

esetben mélyebbre hatol, mint az oldott anyag (különösen viznél áll fenn ez a valószínűség), utóbbi ut. sűrűbben tölti ki a felülethez közelebb levő hézagokat, ennek következtében gyakran előfordul, hogy az oldószer kivonása repedéseket, réteg-elválást okoz.

Cempredon a továbbiakban részletesen foglalkozik a műgyantával telített tömörített fa előállításával, tulajdonságaival. Felhívja a figyelmet arra, hogy viszonylag kis gyantatartalom mellett is igen jó és eredményes az eljárás: az oldószer kivonásával járó káros következmények is elmaradnak, a fa mechanikai tulajdonságai és szigetelőképesége igen nagymértékben emelkedik.

A préselt és tömörített lemezekkel kapcsolatban három eljárást ismertet: az első esetben a furnérlapokat előzetesen impregnálják (áztatással vagy autoklávban), a következőnél a gyantát préselés előtt ecsettel vagy szórópisztollyal hordják fel a lapokra, végül az utolsó eljárásnál a műgyantát mint vékony filmet (Tego-film) helyezik el a lapok közé. Ellentétben az egyszerű telítésnél elmondottakkal, a gyanta diffúziójának és kondenzációjának (esetleg polimerizációjának) itt egyidőben kell megtörténnie, fontos tehát, hogy az egyes lapok hőmérséklete egyenletes és azonos legyen (140-150 C°). A lemezek mechanikai és fizikai tulajdonságai (szigetelőképeség, higroszkóposság) Campredon szerint elsősorban a gyantatartalomtól függnék.

b) A vízfelvétel csökkentésének egyszerű, könnyen kivitelezhető módja.

Mint az irodalmi adatokból is látható a higroszkópos tulajdonság, illetve a vízfeltevő képesség csökkentésének egyik módszere a faanyagok külső felületének vízhatlan anyagokkal történő bevonása. Az 1961. évre tervezett kutatások célkitűzéseinek megfelelően a felületre felvitt bevonatok hatékonyságát vizsgáltuk.

A kiválasztott faanyagokat az alábbi hatóanyagokkal és eljárási móddal kívántuk kezelés alá venni.

- a) Hatóanyag: paraffin vegyszeres oldata,  
fenolalapú műgyanta oldata,  
nitrolakk acetonos oldata.

b) Kezelési módok:

- A) Áztatás.
- B) Merítés.
- C) Beeresztés.

A különböző eljárások gyakorlati kivitelének meghatározására, illetve hatékonyságuk megállapítására az év első felében előkísérleteket végeztünk. Az előkísérletek alapján rögzíthető volt, hogy a hatóanyagok közül a paraffin és a nitrolakk acetons oldata nem javította kellő mértékben a faanyagok higroszkópos tulajdonságát. Beigazolodott az is, hogy a kezelési módok közül az áztatásos eljárás kivitelezése hosszadalmas, s az elérhető eredmények nem állnak arányban az eljárás időszükségletével. A merítéses és beeresztéses eljárási módok összehasonlításánál az előkísérletek azt bizonyították, hogy hatékonyság szempontjából gyakorlatilag - az alkalmazott hatóanyagok esetében - nem található kimutatható különbség a két módszer között.

Fentiek alapján a további kísérleteket a fenolalapu mügyanta mellett két másik anyaggal, epaminlakkal és ventur-gyantával folytattuk le, míg az eljárási módokat tekintve valamennyi vizsgálatot a merítéses eljárásra vonatkozóan végeztük el.

Az alkalmazott három anyag néhány jellemző tulajdonságát az alábbi táblázatban rögzítettük (2. táblázat):

2. táblázat

Fedő anyag	Viztasztó képessége	Magas hőmérsékletre	Anyaga	Alkalmazhatósága
Epamin lakk	jó	keményedik	szintetikus lakk	Magas hőmérsékletnek (100 C <sup>o</sup> - ig) kitett anyagok védelére, mechanikai és vegyi hatások ellen
Fenol mügyanta	jó	keményedik	szintetikus mügyanta	Faragasztásra, műanyagok alapanyagként, hőhatás- rovar és gombainfekció ellen
Ventur gyanta	jó	lágyul	méhviasz és paraffin keveréke	Hordók belső bevonására

Az egyes fedőanyagokat a következő összetételben alkalmaztuk:

- a) epamin-lakk  
50% lakk "A" + 50% hígító "B"
- b) fenol mügyanta  
45% szárazanyag + 45% hígító (denaturált szesz) + 10% edző (paratoluol-szulfonsav)
- c) ventur-gyanta  
adalékanyagok hozzáadása nélkül 60-70 C<sup>0</sup>-ra történő felmelegítés után.

### 5. A vízfelvevő képesség mérésének módja

A vízfelvevő képességre vonatkozó vizsgálatokat az MSZ 13316-52 sz. szabvány szerint végeztük. A különböző fafajokból készített próbatestek méretei, melyeken a méréseket végeztük: 30 x 30 x 10 mm.

A próbatestek számát az

$$n = \frac{10 \cdot v^2}{p^2} + 5 \text{ összefüggés alapján határoztuk meg,}$$

ahol

v = a relatív szórás (%),

p = a pontosság (%).

A lefolytatott előkísérletek, illetve korábbi vizsgálataink alapján

v = 12%

p = 10%

s így

$$n = \frac{10 \cdot 12^2}{10^2} + 5 = 19 \approx 20 \text{ db.}$$

A kifűrészelt próbatestek nedvességtartalma kezelés előtt 12,7 - 14,3% között (netto) változott. Valamennyi próbatestnek kezelés előtt meghatároztuk a súlyát, majd a hatóanyagba mártottuk azokat. Ezután a különböző anyagokba mártott különböző próbatesteket 24 órás légszárításnak vetettük alá szobahőmérsékleten, és súlyukat újra megmértük. Ezután a szabvány előírásainak

megfelelően valamennyi próbatestből 20-20 db-ot 24 óráig vízben áztattunk és a felületi nedvességnek száraz ruhával, illetve nedvszívó papiros segítségével történő eltávolítása után súlyukat újra lemértük. Természetesen az összehasonlíthatóság érdekében ugyanezekkel a fafajokkal kezeletlen állapotban is elvégeztük a vízfelvételi méréseket.

4. A kiválasztott három fafaj vízfelvevőképessége a vizsgált hatóanyagok felvitele után

A vizsgálati eredményeket az alábbi táblázatok tartalmazzák: (3., 4. és 5. táblázat)

3. táblázat

Fafaj: akác

Kezelés módja: merítés

Hatóanyag	Felvett hatóanyag mennyisége		Vizbenáztatás ideje óra	Vizfelvétel súly %
	gr	súly %		
Kezeletlen	-	-	24	47,98
Epamin	0,30	4,18	24	16,05
Fenol	0,49	6,40	24	13,58
Ventur	0,72	9,56	24	8,35

4. táblázat

Fafaj: tölgy

Kezelés módja: merítés

Hatóanyag	Felvett hatóanyag mennyisége		Vizbenáztatás ideje óra	Vizfelvétel súly %
	gr	súly %		
Kezeletlen	-	-	24	37,73
Epamin	0,24	2,80	24	16,82
Fenol	0,38	4,36	24	12,67
Ventur	0,69	7,68	24	6,20



## 5. táblázat

Fafaj: mahagóniKezelés módja: merítés

Hatóanyag	Felvett hatóanyag mennyisége		Vizbenázta- tás ideje óra	Vizfelvé- tel súly %
	gr	súly %		
Kezeletlen	-	-	24	41,70
Epamin	0,28	3,87	24	15,22
Fenol	0,47	6,17	24	17,91
Ventur	0,65	8,65	24	6,53

A különböző anyagokkal kezelt fafajok sulyszázalékban kifejezett vízfelvételét 24 órai áztatás után a következő összesítő táblázatban rögzítettük (6. táblázat):

## 6. táblázat

Fafaj	H a t ó a n y a g			
	Epamin	Fenol	Ventur	Kezeletlen
Akác	16,05 %	13,58 %	8,35 %	47,86 %
Tölgy	16,82 %	12,67 %	6,20 %	37,73 %
Mahagóni	15,22 %	17,91 %	6,53 %	41,70 %

Az egységnyi felületre merítéses eljárással felvitt hatóanyagok súlyát különböző fafajok esetén meghatároztuk s ugyancsak táblázatba foglaltuk (7. táblázat):

## 7. táblázat

Az egységnyi felületre felvitt hatóanyagok súlya  $\text{gr/cm}^2$ -ben

Hatóanyag	Akác	Tölgy	Mahagóni
Epamin	0,0100	0,0080	0,00935
Fenol	0,0163	0,0127	0,0157
Ventur	0,0240	0,0230	0,0217

A fenti táblázatban közölt adatok egyszeri bemártás esetére vonatkoznak; előkísérleteink során vizsgálatokat végeztünk kétszer kezelt anyagokkal is, ezek azonban gyakorlatilag nem javították az egyszer kezelt anyagokkal szemben a vízfelvétel mértékét.

A meritéssel történő felületbevonás költségének számíthatósága érdekében az alábbiakban közöljük az egyes kezelőanyagok kereskedelmi árát.

1. Epamin-lakk (Lakkfestékipari V. készítménye)	132,56 Ft/kg
2. Fenol mügyanta (Kőbányai Müanyaggyár készitm.)	18,70 Ft/kg
3. Ventur (méhviasz és paraffin keverék) (Lardolin gyár készítménye)	23,90 Ft/kg

Mint látható az alkalmazott készítmények közül a legmagasabb ára az epamin lakknak van.

Az egységnyi felületre felvitt hatóanyagok súlyának ismeretében, számítható a meritéses eljárás anyagköltsége egységnyi kezelt felületre vonatkoztatva (8. táblázat):

#### 8. táblázat

Az egységnyi felületre felvitt hatóanyagok anyagköltsége  
Ft/m<sup>3</sup>-ben

Hatóanyag	Akác	Tölgy	Mahagóni
Epamin	13,26	10,60	12,40
Fenol	3,05	2,37	2,94
Ventur	5,74	5,50	5,19

A meritéses eljárást az anyagköltségen kívül még a munkabéreköltség terheli; ezt azonban az eljárás egyszerűsége miatt nem vettük figyelembe.

## 5. A vízfelvételt csökkentő hatóanyagok ragaszthatósága és általános ismertetésük

### a) Epamin-lakk

Az epamin-lakk epoxi-gyantából, pigmentekből és aromás, alkoholos, ketonos oldószerekből áll. ("A + B" komponens) Lényegében hidegen is keményedő reakció zománc. Más anyagokkal nem szabad keverni. Felületre felvive szobahőmérséklet mellett kb. egy nap alatt keményedik, a teljes átkeményedés mintegy 8 nap alatt következik be. Vegyszerekkel szemben a teljes átkeményedés után ellenálló. Az átkeményedés 60-120 C° hőmérséklet mellett 60-100 perc alatt bekövetkezik. (Hőre keményedő anyag.)

Hőálló; 100 C° hőmérséklet igénybevételt több hónapon át elvisel. Tapadóképesége igen jó, nemcsak fán, de fémeken és műanyagokon is. Felületkezelő anyag, melyet ragaszthatóság szempontjából nem vizsgáltak.

### b) Fenolalapu mügyanta

A faragasztásra használt fenolalapu mügyanták fenolból és formaldehidből, lugos közegben végrehajtott polikondenzáció útján készülnek. A készítés körülményeitől függően a termék kisebb-nagyobb átlagos polikondenzációs fokot és ennek megfelelően különböző kémiai tulajdonságokat mutat. A fenolalapu faragasztók általában hőre keményedő műanyagok. Különleges katalizátorok hozzáadásával a kikeményedési hőfok szobahőmérsékletre is le szállítható úgy, hogy a ragasztót hőprés nélkül is alkalmazni lehet. Ilyen különleges katalizátor a paratoluol szulfonsav. A fenolalapu ragasztók kitűnnek kiváló ragasztóképességükkel. A velük létesített ragasztás általában ellenáll hideg és melegviz, valamint az állati és növényi fakártevők hatásának. A ragasztás szilárdsága minden esetben meghaladja a ragasztott fa szilárdságát úgy, hogy törés esetén nem a ragasztóréteg válik el, hanem fatörés, illetve szálhagyásos rétegelválás következik be.

### c) Ventur

A méhviaszból és paraffinból álló keverék ragasztásra nem használható, a venturral bevont faanyagok más ragasztókkal sem ragaszthatók.

## 6. Értékelés, javaslatok

A felületi bevonattal ellátott faanyagok vízfellevő képességével, illetve az alkalmazott eljárásokkal kapcsolatban az alábbi megállapítások tehetők:

a) 24 órás áztatás után a legkisebb vízfelvételt a venturával kezelt anyagok mutatták. A fenol és epamin közül akác és tölgy esetében a fenol adott jobb eredményt, míg a mahagóninál az epamin.

b) Az egységnyi felületre eső kezelőanyag súlya mindhárom fafajnál a ventur esetében volt a legnagyobb és az epamin esetében a legkisebb.

c) A vízzáró anyagok árát figyelembevéve a kezelt felületre vonatkozó Ft/m<sup>2</sup>-ben kifejezett költségek minden esetben a fenolnál a legkisebbek és az epaminál a legnagyobbak.

d) A felületi bevonat külső behatásokkal szembeni ellenállóképessége fenol és epamin esetében jó; mindkét bevonat szilárd, nehezen karcolható felületet adott. A venturba merített faanyagok felülete csekély ellenállóképességet mutat, a venturbevonat körömmel könnyen karcolható, külső mechanikus behatásokkal szemben nem ellenálló.

e) Az epamin és a fenol hőre keményedő anyagok s így a hőhatásnak szélsőséges klíma mellett is ellenállnak, a ventur azonban 40 C<sup>0</sup>-nál már erősen lágyul, ezért nem használható.

A vizsgált anyagok közül a higroszkóposság csökkentésére - hatékonyságukat mechanikai és hőhatásokkal szemben ellenállóképességüket tekintve - felületi bevonatként az epamin-lakk és a fenolalapu mügyanta javasolható. Egyszeri merítés kielégítő eredményt ad.

Gazdaságossági szempontokat is figyelembevéve - mivel az egységnyi felületre vonatkoztatott anyagköltség epamin esetében 4 - 4,5-szöröse a fenolalapu mügyantákkal történő bevonat anyagköltségének - a vizsgált hatóanyagok közül kétségtelenül a fenolalapu mügyanták alkalmazása a legcélszerűbb.

A VASTAGSÁGI MÉRETCSÖKKENTÉS LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA  
TÖLGY, DIÓ ÉS MAHAGÓNI FURNÉROK ESETÉBEN A MEGFELELŐ  
RAGASZTÁSI MINŐSÉG BIZTOSÍTÁSA MELLETT

Gönczöl Imre tudományos munkatárs

Munkatársak:

ifj. Kolosváry Gábor tudományos főmunkatárs  
Molnár Tiborné tudományos munkatárs  
Mihályi Erika tudományos s. munkatárs  
Farkas Károly technikus

BEVEZETÉS

A hasítógépen, illetve excentrikus befogással hámozógépen előállított furnér (szinfurnér) igen fontos alapanyaga a butor-, hajó-, vagon- stb. iparnak. Mivel ezen iparágakban a termelés felfutásával a furnérszükséglet egyre növekszik, a feldolgozásra alkalmas furnérrönkökből mind mennyiségileg, mind minőségileg a maximumot kell kihozni. A mennyiségi termelés fokozását illetően - rönkhelyzetünk és importlehetőségünk ismeretében - kézenfekvő a gondolat, hogy csökkentjük a furnérok vastagsági méretét. A kérdés megoldásának azonban számos előfeltétele van. A méretcsökkentést ugyanis csak abban az esetben lehet végrehajtani, ha ezáltal a minőség nem romlik, vagyis, ha teljes értékű borítóanyagot kapunk. A végleges állásfoglalás érdekében a vizsgálatokat az alábbi területekre kell kiterjeszteni.

1. Vágástechnika
2. Ragasztástechnika
3. Felhasználhatóság szilárdsági szempontból
4. Felhasználhatóság felületkezelési szempontból.

Ez alkalommal csak az első három ponttal foglalkoztunk, mindenképpen kívánatos azonban a továbbfeldolgozó ipar észrevételeinek, illetve tapasztalatainak a rögzítése is, mert gyakorlati bevezetésre csak ezek figyelembevételével kerülhet sor.

Jelenleg a szin furnérokat általában a 0,6 - 1,0 mm vastagsági tartományban termelik, s a méretcsökkentés akadályaként többnyire az enyvátütési veszélyt hozzák fel. Az utóbbi időben azonban a rétegelt falemezek gyártásánál is egyre nagyobb tért hódít a különféle mügyantaragasztók alkalmazása, és feltételezhető, hogy ezek töltőanyaggal kevert és habosított változata vékonyabb furnérok esetén is lehetővé teszi az átütésmentes ragasztást.

A szakirodalom általában csak a szorosan vett furnértermelési technológia, valamint a gyártáshoz szükséges gépi mechanizmusok ismertetésére szorítkozik, s nem tér ki a vastagsági méretcsökkentés lehetőségeinek tárgyalására. Az újabban kialakult mikro furnér-gyártás lényegében a furnérvékonyítás határeseté, de nem hasonlítható a hasítógépen végzett furnértermeléshez, mivel ennél az alapgép speciális hámozógép, s szükség van egy külön gépi berendezésre (kasirozó), amely az igen vékony furnért papírszalagra ragasztja. A mikro furnér-gyártás alapanyaga a nyír, éger és néhány exota (manzónia, sapeli stb.).

A vékonyabb furnérok előállításánál még fokozottabb mértékben játszik szerepet a jól beállított, gondosan karbantartott hasítógép, mint a szokványos furnérvastagságoknál. Ilyen furnérokat csak megfelelően előkészített sima szövetű, sűrű évgyűrűjű késelési rönkből lehet termelni. A rönköket feldolgozás előtt kétféleképpen kell előkészíteni:

- a) alakilag (előprizmázás),
- b) hőtechnikailag (lágítás).

Mind a két előkészítés igen fontos és döntően befolyásolja a termelt furnér mennyiségét, valamint minőségét. Az előprizmázás módja az átmérő nagyságától és a kívánt furnérrajzolatától függ. Ez utóbbi a hasítógépbe befogott prizma időnkénti "forgatásával" is szabályozható. A hőkezeléssel végzett puhítást - minőségi szempontból igényesebb anyagról lévén szó - sokkal gondosabban és hosszabb időtartalommal kell végezni, mint a hámozásnál. A hasításra kerülő faanyagot ui. azon túlmenően, hogy teljes keresztmetszetben egyenletesen kell felmelegíteni, az optimális feldolgozhatóság érdekében a felmelegítés után bizonyos ideig az elért hőfokon kell tartani, mert a lágulási folyamat nemcsak a hőnek, hanem az időnek is függvénye. A gyakorlat, a



hámozási anyaghoz viszonyítva, általában 2-3-szoros hőkezelési időtartamokat alkalmaz.

A téma célkitűzése a gazdaságosabb faanyag-felhasználás lehetőségeinek kutatása volt, közelebbről: annak eldöntése, hogy a tölgy, dió és mahagóni furnéroknál milyen mértékben csökkenthető a jelenlegi vastagsági méret, átütésmentes és minőségileg kifogástalan furnérfelület biztosítása mellett.

A vágási és ragasztási kísérleteket a Furnér és Lemezmuveken, a további vizsgálatokat a Faipari Kutató Intézetben végeztük el, az alábbi metodika szerint:

1. Mindhárom fafajból különböző vastagságu furnérokat állítottunk elő hasítógépen, illetve diónál excentrikus befogás mellett hámozógépen is.

2. A letermelt furnérokat a klimatizálóban szárítottuk.

3. A száraz furnérokat a raktárban pihentettük.

4. A feldolgozásra kész furnérokat méretre vágtuk és illesztettük.

5. Az így nyert borítólapokat különböző ragasztóanyagok felhasználásával 100 x 80, illetve 80 x 100 cm<sup>2</sup> felületű, száraz eljárással készült, 5 mm vastagságu bükk lemezre ragasztottuk.

6. A színelt lemezekből próbatesteket vágtunk ki és szakítási, illetve hajlítási vizsgálatnak vetettük alá őket.

7. Az eredményeket értékeltük.

## A KUTATÁS ISMERTETÉSE

### 1. A szinifurnérok előállítása

A munkát, a különböző vastagságu szinifurnérok termelésével kezdtük meg. Minden fafajnál először a jelenleg használatos vastagsági méretnek megfelelő furnérokat állítottunk elő, hogy ezáltal összehasonlíthó alap álljon rendelkezésünkre. Ezt követően 0,1 mm-es ugrásokkal csökkentettük a vastagságot mindaddig, amíg még elfogadható minőségű furnérokat kaptunk. Kivételt képezett a hámozott diófurnér, amelynél 0,4 mm-es vastagságnál lejjebb nem mentünk.

Első alkalommal, excentrikus befogással diófurnért vágunk a 3300 mm csucstávolságu nagy hámozógépen. A termelt furnér mennyisége, méretreszabás után az alábbi volt:

0,6 mm-es furnér	11,1 m <sup>2</sup>
0,5       "	21,3 "
0,4       "	29,4 "
	<hr/>
Összesen:	61,8 m <sup>2</sup>

Majd szintén diófurnért vágunk, azonban hasítógépen. A termelt furnérmennyiség a következő volt:

0,5 mm-es furnér	7,8 m <sup>2</sup>
0,4       "	6,0 "
0,3       "	6,8 "
	<hr/>
Összesen:	20,6 m <sup>2</sup>

Egyidejűleg mahagónit is késaltünk hasítógépen. Az alábbi mennyiségű furnért állítottuk elő:

0,6 mm-es furnér	12,6 m <sup>2</sup>
0,5       "	10,9 "
0,4       "	11,9 "
0,3       "	12,7 "
0,2       "	4,9 "
	<hr/>
Összesen:	53,0 m <sup>2</sup>

A tölgyfurnérok termelésére is sor került hasítógépen. A termelt mennyiség:

0,7 mm-es furnér	3,4 m <sup>2</sup>
0,6       "	4,3 "
0,5       "	4,4 "
0,4       "	4,0 "
	<hr/>
Összesen:	16,1 m <sup>2</sup>

Vágástechnikai szempontból semmiféle külön intézkedést nem tettünk, hanem teljesen a szokásos üzemi körülmények között dolgoztunk. Ez azt jelenti, hogy a szerszám-előkészítésre, illetve a gép beállításra vonatkozó jelenlegi előírások pontos betartása mellett még a régebbi hasítógépeinken is van lehetőség a termelt furnérok vastagságának csökkentésére, ha nem is olyan mértékben, mint az újabb gépeinknél. Egész vékony furnérok előállításához természetesen válogatni kell az alapanyagot, mert csak így biztosítható a megfelelő furnérminőség.

## 2. A szinfurnérok szárítása

A hasítógépen, illetve hámozógépen előállított szinfurnérokat az üzem klimatizáló helyiségében szárítottuk. A szárítást a szokásos módon végeztük azzal a különbséggel, hogy a vékonyabb furnéroknál - a vastagság csökkenésének arányában - növeltük az egy kötegben hagyott furnirok számát, mivel csak így módon volt elkerülhető, hogy a gyorsabban száradó vékony furnérok meg ne repedezzenek.

## 3. A szárazfurnérok pihentetése

A klimatizálóban leszárított furnérokat méretrevágtuk, kiskoztuk, kötegeltük, majd a raktárba szállítottuk, ahol kb. egy hónapig tároltak a furnérok.

## 4. Szinfurnérok illesztése

Az illesztési munkák során a méretreszabott furnércsikokból fúgpapír segítségével 100 x 80, illetve 80 x 100 cm<sup>2</sup> felületű lapokat állítottunk össze. A nagyságra azonos borítólapok szálirányban különböztek egymástól, mivel csak így tudtuk a rendelkezésre álló furnéranyagot gazdaságosan kihasználni.

Illesztés közben ellenőrzés céljából vastagsági méréseket végeztünk. A fa szöveti felépítése folytán (tavaszi és őszi

pászta) az alkalmazott századmilliméter pontosságú mikrométer egyazon furnérsíkon belül eltéréseket ( $\pm 0,03$  mm) mutatott. A kimutatott vastagság-különbségek azonban gyakorlati szempontból figyelmen kívül hagyhatók.

Összesen 108 db borítólapot készítettünk, az alábbi megoszlásban: (1., 2. és 3. táblázat)

1. táblázat

Tölgy:

<u>Vastagság</u> mm	<u>Lapméret</u> cm	Darabszám
0,7	100 x 80	4
0,6	100 x 80	4
0,5	100 x 80	4
0,4	100 x 80	4
Összesen:		16

2. táblázat

Dió:

<u>Vastagság</u> mm	<u>Lapméret</u> cm	Darabszám
0,6	100 x 80	5 (hámozott)
0,6	80 x 100	4
0,5	100 x 80	5
0,5	100 x 80	13 (hámozott)
0,4	100 x 80	3
0,4	80 x 100	12 (hámozott)
0,3	100 x 80	4
Összesen:		46

### 3. táblázat

#### Mahagóni:

<u>Vastagság</u>	<u>Lapméret</u>	<u>Darabszám</u>
mm	cm	
0,6	80 x 100	12
0,5	100 x 80	4
0,5	80 x 100	5
0,4	100 x 80	10
0,3	80 x 100	8
0,3	100 x 80	3
0,2	80 x 100	1
0,2	100 x 80	3

Összesen: 46

#### 5. Szinelés különböző ragasztóanyagok felhasználásával

Szineléshez alaplemezként tiszta száraz eljárással gyártott 5 mm-es bükk lemezt használtunk, s anyagtakarékossági szempontból a lemezek mindkét oldalát kisérleti furnérral borítottuk. A borítólapok szálirányát figyelembevéve 21 db 100 x 80 cm<sup>2</sup> felületű (hosszu szálu) és 33 db 80 x 100 cm<sup>2</sup> felületű (kereszt szálu) alaplemezt készítettünk. Sajnos az alaplemezek meglehetősen nagy vastagsági különbségeket mutattak, ami a szilárdsági vizsgálatoknál megnehezítette az összehasonlítást.

A szinelést, egy-dugattyus, 6 emeletes préssel végeztük. A dugattyu átmérője 60 cm, a préslapok mérete 118 x 88 cm.

A ragasztásnál az üzemi gyakorlatnak megfelelően 16-18 kg/cm<sup>2</sup> fajlagos nyomást kívántunk alkalmazni. Ehhez a dugattyu által kifejtendő nyomást az alábbiak szerint számítottuk:

$$P \cdot f = p \cdot F \quad \text{ebből}$$

$$P = \frac{p \cdot F}{f} \quad \text{kg/cm}^2$$

ahol

P = a dugattyu által kifejtett nyomás (kg/cm<sup>2</sup>)

p = a ragasztott felületre gyakorolt fajlagos nyomás (kg/cm<sup>2</sup>)

F = a ragasztott felület (cm<sup>2</sup>)

f = a dugattyu körlapterülete (cm<sup>2</sup>)

A dugattyu körlapterülete 60 cm-es átmérő esetén

$$f = \frac{D^2 \pi}{4} = \frac{60^2 \cdot 3.14}{4} = 2\,827 \text{ cm}^2$$

A ragasztási felület

$$F = 100 \times 80 = 8\,000 \text{ cm}^2$$

A fajlagos nyomás

$$p = 16 - 18 \text{ kg/cm}^2$$

Az adatok behelyettesítése után a következő értékeket kaptuk:

$$P_1 = \frac{16 \cdot 8\,000}{2\,827} = 45,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_2 = \frac{18 \cdot 8\,000}{2\,827} = 50,9 \text{ kg/cm}^2$$

Figyelembevéve a magas-nyomás beállításánál fellépő ingadozásokat, P értékét kereken 50 kg/cm<sup>2</sup>-ben állapítottuk meg.

A kísérletek során háromféle típusu ragasztóanyagot próbáltunk ki (ötfféle összetételben): 1. a Kőbányai Műanyaggyárban készített karbamid-formaldehid alapú folyékony műgyantát, 2. ugyanott készített karbamid-melamin-formaldehid alapú ugyancsak folyékony műgyantát és 3. német "Tego" típusu filmenyvet.

Szinelés előtt az alaplemezeket előkészítettük oly módon, hogy az illesztési hiányosságból, egészséges göcsök kitöredezéséből stb. adódó hézagokat, lyukakat a szokásos módon kikentük, majd eltávolítottuk a borítólapok javításánál használt fugapapírokat és lecsiszoltuk az alaplemez egyenetlenségeit.

Annak érdekében, hogy az egyes furnirlapoknál a ragasztási eredményeket, illetve a készlemezeknél a szilárdsági értékeket azonosítani tudjuk, a borítólapokat és a szinelt lemezeket sorzámmal láttuk el.



Az első ragasztási kísérletnél az alkalmazott ragasztóanyag Arbocoll FK karbamid-formaldehid polikondenzátum volt, az alábbi összetétellel:

1 sulyrész 34%-os Arbocoll FK  
0,38 sulyrész szulfaril habosítószer.

Ezt az elegyet 3-szoros térfogatra habosítottuk, majd 0,42 sulyrész ipari lisztet kevertünk hozzá.

A felhasznált mügyantaoldat jellemző paraméterei a habosító és a liszt hozzákeverése előtt a következők voltak:

Törésmutató $n_D^{20}$	= 1,3978
Szárazanyag tartalom	= 34 %
Térfogatsuly 20 C°-on	= 1,138 g/ml
Viszkozitás 20 C°-on	= 8,7 cP
Gélesedési idő 20 C°-on	= 1,26 perc (0,5 ml 5 m HCl/20 g mügyanta)

A ragasztóanyag töltőanyag tartalma az üzemi gyakorlatban használt aránynál lényegesen magasabb volt. A nagyobb töltőanyag tartalom ugyanis véleményünk szerint csökkenti a ragasztónak a furnér likacsain való átnyomódását.

A ragasztóanyagot puha, gumihengerrel hordtuk fel. Enyvfelvitelt ebben az esetben nem mértünk. Ugy terveztük ugyanis, hogy ha a sok töltőanyagot tartalmazó mügyantánál nem tapasztalunk enyvátütést, a későbbiek folyamán csökkenthetjük a töltőanyag mennyiségét.

A ragasztást 120 C° hőmérsékleten végeztük. A tervezett 50 kg/cm<sup>2</sup>-es nyomást az 1-12 sorszámú lemeznél a nyomásmérő hibás skálabeosztása miatt nem tartottuk be, a nyomásmérő skálabeosztása nem 0-nál kezdődött. Ennek következtében 90 kg/cm<sup>2</sup> nagyságú dugattyunyomással préseltünk. A préselési idő 6 perc volt.

Az első kísérlet várakozáson felül sikerült, mert enyvátütés nem mutatkozott, még a 0,2 mm-es mahagónival színelt lemezeknél sem.

Összesen 6 db lemeznél alkalmaztuk ezt a ragasztóanyagot. Az áttekinthetőség kedvéért az adatokat táblázatban foglaltuk össze (4. táblázat).

4. táblázat

A lemez sorszám	A színfurnér		A z a l k a l m a z o t t		
	fafaja	vastagság mm	ragasztóanyag	hőfok C°	fajlagos nyomás kg/cm <sup>2</sup>
1.	mahagóni	0,6	Arbacoll FK	120	30-32
2.	mahagóni	0,5	42 % liszttel	120	30-32
3.	mahagóni	0,4	42 % liszttel	120	30-32
4.	mahagóni	0,3	42 % liszttel	120	30-32
5.	mahagóni	0,2	42 % liszttel	120	30-32
6.	dió (excentrikusan hámozott)	0,6	42 % liszttel	120	30-32

A következő színelés alkalmából kétféle ragasztóanyagot próbáltunk ki:

1. A Kőbányai Műanyaggyár Arbocoll E nevű karbamid-melamin-formaldehid polikondenzátumát, amely kb. 20/80 melamin/karbamid aránnyal készült.

2. Az első kísérlethez hasonló karbamid-formaldehid polikondenzátumot, azonban az üzemben ezideig alkalmazott összetétellel, vagyis lényegesen kevesebb töltőanyaggal.

Az Arbocoll E műgyantaoldat paramétereit meghatározva a következő adatokat nyertük:

Törésmutató $n_D^{20}$	= 1,4651
Szárazanyag tartalom	= 57 %
Térfogatsúly 20 C°-on	= 1,240 g/ml
Viszkozitás 20 C°-on	= 86 cP
pH	= 8,0

A ragasztókeverék összetétele a következő volt:

1 sulyrész Arbocoll E

0,12 térfogatrész 50%-os szulfariloldat.

Ezt háromszoros térfogatra habosítottuk, majd hozzáadtunk még 0,0033 térfogatrész 5 nHCl-t és 0,2 sulyrész ipari lisztet.

A felhordás kemény gumihengerrel történt.

Ezuttal már az enyvfelvitelt is mértük. 2 db 25 x 30 cm<sup>2</sup> felületű 5 mm vastagságú lemezdarabot engedtünk át az enyvfelhordó gépen és a felvitelt súlyméréssel állapítottuk meg. A mérés eredménye a következő volt: (5. táblázat.)

5. táblázat

A lemez sorszám	Felület cm <sup>2</sup>	A lemez súly g-ban		Felvitt rag.anyag g
		felvitel előtt	felvitel után	
1. lemez	2x25x30 = 1500	237,3	255,2	17,9
2. lemez	2x25x30 = 1500	268,0	287,3	19,3

A felhordott ragasztóanyag 1500 cm<sup>2</sup>-re vetítve tehát átlagosan 18,6 g, 1 m<sup>2</sup> ragasztási felületet véve alapul pedig

$$1500 : 18,6 = 10\ 000 : x$$

$$x = \frac{186\ 000}{1\ 500} = 124\ \text{g volt.}$$

A ragasztást 120 C<sup>o</sup> hőmérsékleten végeztük. A fajlagos nyomás ez esetben is magasabb volt a tervezettnél (16-18 kg/cm<sup>2</sup> helyett 30-32 kg/cm<sup>2</sup>). A préselési idő 6 perc volt.

Ezt a ragasztóanyagot is 6 db lemeznél alkalmaztuk (6. táblázat.)

6. táblázat

A lemez sorszám	A szinifurnir		A z a l k a l m a z o t t		
	fajaja mm	vastagság mm	ragasztóanyag	hőfok C <sup>o</sup>	fajlagos nyomás kg/cm <sup>2</sup>
7.	dió (excentrikusan hámozott)	0,5	Arbocoll E	120	30-32
8.	"	0,4	"	120	30-32
9.	dió	0,5	"	120	30-32
10.	"	0,4	"	120	30-32
11.	"	0,3	"	120	30-32
12.	tölgy	0,7	"	120	30-32

A következő 6 db lemez szinelésénél az üzemben alkalmazott összetétellel, Arbocoll FK gyantát használtunk. Ez esetben a gyanta jellemző paraméterei a következők voltak:

Törésmutató $n_D^{20}$	= 1,3978
Szárazanyag tartalom	= 33 %
Térfogatsúly 20 C°-on	= 1,126 g/ml
Viszkozitás 20 C°-on	= 8,7 cP
Gélesedési idő 20 C°-on	= 1,26 perc (0,5 ml 5 nHCl/20 g mügyanta)

A ragasztókeverék összetétele az alábbi volt:

1 sulyrész háromszorosra habosított Arbocoll FK  
 0,0025 térfogatrész 5 nHCl  
 0,3 sulyrész ipari liszt.

A kötőanyag felhordását kemény gumihengerrel végeztük. Az enyvfelvitelt ugyanugy állapítottuk meg, mint a 7-12 lemezeknél. A mérés eredménye a következő volt: (7. táblázat.)

7. táblázat

	Felület cm <sup>2</sup>	A lemez sulya g-ban		Felvitt rag.anyag g
		felvitel előtt	felvitel után	
1. lemez	2x25x30 = 1500	243,7	258,8	15,1
2. lemez	2x25x30 = 1500	262,8	277,8	15,0

A felhordott ragasztóanyag 1 500 cm<sup>2</sup>-re vetítve tehát átlagosan 15,05 g, 1 m<sup>2</sup> ragasztási felületet véve alapul pedig:

$$1\ 500 : 15,05 = 10\ 000 : x$$

$$x = \frac{150\ 500}{1\ 500} = 100,3\ \text{g volt.}$$

A ragasztást 120 C° hőmérsékleten végeztük. A fajlagos nyomás 16-18 kg/cm<sup>2</sup>, a préselési idő 6 perc volt.

Ilyen ragasztóanyaggal is 6 db lemezt szineltünk. (8. táblázat.)

## 8. táblázat

A lemez sorszám	A szinifurnér		A z a l k a l m a z o t t		
	fajaja	vastagság mm	ragasztó- anyag	hőfok C°	fajlagos nyomás kg/cm <sup>2</sup>
13.	tölgy	0,4	Arbocoll FK	120	16-18
14.	tölgy	0,5	"-	120	16-18
15.	mahagóni	0,3	"-	120	16-18
16.	mahagóni	0,4	"-	120	16-18
17.	mahagóni	0,5	"-	120	16-18
18.	tölgy	0,6	"-	120	16-18

A következő ragasztási kísérletet szintén Arbocoll E gyanúval hajtottuk végre, de más összetétel mellett:

- 1 sulyrész Arbocoll E (minősége azonos volt a korábban leírt Arbocoll E-vel),  
 0,2 térfogatrész 50%-os szulfariloldat,  
 0,3 sulyrész víz,  
 0,15 sulyrész ipari liszt,  
 0,0025 sulyrész 5 nHCl.

Az enyvfelhordás puha gumihengerrel történt. A felvitt kötőanyag mennyiségét is számítottuk: (9. táblázat.)

## 9. táblázat

	Felület cm <sup>2</sup>	A lemez sulya g-ban		Felvitt rag. anyag g
		felvitel előtt	felvitel után	
1. lemez	2x25x30 = 1500	249,2	263,3	14,1
2. lemez	2x25x30 = 1500	257,6	275,0	17,4

A felhordott ragasztóanyag 1 500 cm<sup>2</sup>-re vetítve tehát átlagosan 15,75 g, 1 m<sup>2</sup> ragasztási felületet véve alapul pedig:

$$1\ 500 : 15,75 = 10\ 000 : x$$

$$x = \frac{157\ 500}{1\ 500} = 105\ \text{g volt.}$$

A ragasztást 120 C° hőmérsékleten végeztük. A fajlagos nyomás 16-18 kg/cm<sup>2</sup>, a préseelési idő 6 perc volt.

Ezt a ragasztóanyagot 24 db lemeznél alkalmaztuk: (10. táblázat.)

10. táblázat

A lemez sorszám	A színfurnér		A z a l k a l m a z o t t		
	fajfaja	vastagság mm	ragasztóanyag	hőfok C°	fajlagos nyomás kg/cm <sup>2</sup>
19.	tölgy	0,7	Arbocoll E.	120	16-18
20.	tölgy	0,6	"-	120	16-18
21.	tölgy	0,5	"-	120	16-18
22.	tölgy	0,4	"-	120	16-18
23.	dió (excentrikusan hámozott)	0,5	"-	120	16-18
24.	"-	0,5	"-	120	16-18
25.	"-	0,4	"-	120	16-18
26.	"-	0,4	"-	120	16-18
27.	"-	0,4	"-	120	16-18
28.	dió	0,5	"-	120	16-18
29.	dió (excentrikusan hámozott)	0,6	"-	120	16-18
30.	"-	0,6	"-	120	16-18
31.	"-	0,6	"-	120	16-18
32.	mahagóni	0,6	"-	120	16-18
33.	"-	0,6	"-	120	16-18
34.	"-	0,5	"-	120	16-18
35.	"-	0,3	"-	120	16-18
36.	"-	0,4	"-	120	16-18
37.	"-	0,3	"-	120	16-18
38.	"-	0,4	"-	120	16-18
39.	"-	0,6	"-	120	16-18
40.	dió (excentrikusan hámozott)	0,4	"-	120	16-18
41.	"-	0,5	"-	120	16-18
42.	"-	0,5	"-	120	16-18



Ellentétben a korábbi ragasztási kísérletekkel - bár enyvátütés itt sem fordult elő - néhány lemez "hólyagos" lett, s az alaplemez és szin furnér közötti kötés általában nem volt kielégítő. Ennek oka valószínűleg a ragasztókeverék alacsonyabb ragasztóanyag tartalmában, illetve az elégtelen ragasztóanyag felvitelben keresendő. Az ismertetett keverési arány és felvitel mellett tehát ez a ragasztóanyag szinelésre nem alkalmas.

Az utolsó ragasztási kísérletnél a szineléshez Tego-film-nyvet használtunk. Ez a ragasztótípus elvileg legalkalmasabbnak látszik az átütésmentes szinelés megvalósításához, mivel nem folyékony állapotu és a préselés során sem lesz olyan mértékben folyékony, mint az oldat alakjában felhordott kötőanyagok. Alkalmazását csupán magasabb ára és a jelenleg fennálló beszerzési nehézségek korlátozzák.

A szinelés előtt mind az alaplemezeket, mind a borítólapokat klimatizáltuk s nedvességüket 8%-ra állítottuk be. Mivel az utolsó 4 db lemezre már nem jutott azonos vastagságu, illetve szálirányu borítólap, kénytelenek voltunk a rendelkezésre álló furnérokat kombinálni.

A ragasztóanyagnak megfelelően a szinelést 150 C<sup>o</sup> hőmérsékleten végeztük. A fajlagos nyomás 15-18 kg/cm<sup>2</sup>, a préselési idő 6 perc volt.

Tego filmenyvvel összesen 12 db lemezt szineltünk (11. táblázat, 232. old.).

A ragasztás jól sikerült, enyvátütés nem volt.

A lefolytatott ragasztási kísérletek azt mutatták, hogy az enyvátütés - amelyet pedig nehezen elháríthatónak tartottunk - helyesen megválasztott ragasztóanyag esetén csaknem teljesen kiküszöbölhető. A problémát tehát nem annyira a ragasztás jelenti, mint inkább a vékony furnérral borított felületek továbbmegmunkálása. Ha ugyanis ezeket a felületeket még csiszolni kell, akkor ez a körülmény eleve megszabja a furnérvékonyítás határát.

A jelenlegi furnérillesztési technológia mellett, amikor is a fugapapírt kívülre ragasztják, a csiszolás - magasfényű felületek képzése esetén - elkerülhetetlen. A fugapapírnak nedvesítésel történő eltávolítása ugyanis nem biztosít foltmentes felületet. Feltevésünk szerint a kérdést egyrészt úgy lehetne megoldani, hogy a furnérillesztéshez igen vékony perforált fugapapírt használnánk, s ezt a szin furnér belső oldalára ragasztanánk, más-

részt olyan módon, hogy a fugapapir (ragasztóanyagának alkalmas megválasztásával) nedvesítés esetén is foltmentesen eltávolítható legyen. Így egészen minimálisra lenne csökkenthető a csiszolás mértéke.

11. táblázat

A lemez sorszám	A szinfulnér		A z a l k a l m a z o t t		
	fafaja	vastagság, mm	ragasztóanyag	hőfok °C	fajlagos nyomás kg/cm <sup>2</sup>
43.	mahagóni	0,4	Tego-film-enyv	150	16-18
44.	"	0,3	"	150	16-18
45.	"	0,5	"	150	16-18
46.	"	0,6	"	150	16-18
47.	"	0,6	"	150	16-18
48.	dió	0,3	"	150	16-18
49.	dió (excentrikusan hámozott)	0,4	"	150	16-18
50.	"	0,5	"	150	16-18
51.	mahagóni	0,2-0,3	"	150	16-18
52.	"	0,2-0,5	"	150	16-18
53.	dió (excentrikusan hámozott)	0,6-0,5	"	150	16-18
54.	dió	0,5-0,4	"	150	16-18

A szinfulnerezés területén a kutatásokat véleményünk szerint két irányban kellene folytatni:

1. Meg kellene határozni azt a minimális furnérvastagságot (fafajtól függően), amely csiszolás esetén okvetlenül szükséges.

2. Tanulmányozni kellene azokat a felületképzési módokat, amelyeknél a csiszolás mértéke minimálisra csökkenthető, esetleg bizonyos feltételek mellett (pl. belső oldalra ragasztott perforált fugapapir) elhagyható.

A javasolt kutatásokat természetesen csak a továbbfeldolgozó iparral együttműködve lehet elvégezni. A csiszolhatóság, felületkezelhetőség stb. kérdéseinek tisztázására célszerű mind a csökkentett vastagságú szinfulnérókból, mind pedig az ilyen furnérokkal színelte lemezekből újabb kísérleti mennyiséget előállítani és felhasználhatósági vizsgálatnak alávetni.

## 6. Szilárdsági vizsgálatok

A szilárdsági vizsgálatokat az MSZ 13358-54 előírásainak figyelembevételével az alábbiak szerint hajtottuk végre:

Az idézett szabvány a különleges (színelte) rétegelt falemezek minősítésénél szakító-, hajlító- és ragasztószilárdsági vizsgálatokat ír elő. Mivel kutatásunk nem terjedt ki annak megállapítására, hogy szilárdsági szempontból milyen ragasztóanyag használata a legcélszerűbb, sem pedig arra, hogy adott ragasztóanyag alkalmazása esetén a ragasztószilárdság várható értéke milyen határok között és milyen valószínűséggel fog ingadozni, a ragasztószilárdsági vizsgálatot mellőztük. A ragasztás minőségét csupán a szokásos gyakorlati módszerrel értékeltük, vagyis csupán azt ellenőriztük, hogy a felületek erőszakos szétválasztása után kielégítő-e a "szálhagyás".

A szakító és hajlítószilárdsági vizsgálatokhoz a következő lemezekből vettünk próbadarabokat (12. táblázat):

12. táblázat

A lemez sorszám	A s z i n f u r n é r	
	fajaja	vastagsága mm
19.	tölgy	0,7
20.	tölgy	0,6
21.	tölgy	0,5
22.	tölgy	0,4
32.	mahagóni	0,6
34.	mahagóni	0,5
38.	mahagóni	0,4
35.	mahagóni	0,3
5.	mahagóni	0,2
29.	dió	0,6
23.	dió	0,5
27.	dió	0,4
48.	dió	0,3

A lemezeket úgy válogattuk össze, hogy minden fafaj és vastagság képviselve legyen, s lehetőleg a szineléshez használt ragasztóanyag is azonos legyen.

A vizsgálatok előtt a már több héten keresztül szobahőmérsékleten (fűtött laboratóriumban) tárolt lemezeknek meghatároztuk a nedvességtartalmát. A Siemens-Halske féle elektromos nedvességmérővel végzett mérés szerint a lemezek átlagos nedvességtartalma  $u = 4-6\%$  (netto) volt.

A próbatestek méreteinek kialakításánál tekintettel kellett lennünk egyrészt az anyagvizsgáló gépekre és azok leolvasási pontosságára, másrészt azokra a lehetőségekre, amelyekkel a próbatestek technikai kivitelezése terén rendelkezünk. Így némileg eltértünk a szabványban megállapított méretektől, azonban a vizsgálat célját tekintve, véleményünk szerint ez nem okozott különbséget a vizsgálati eredményekben.

A szakító- és hajlítoszilárdsági vizsgálatokhoz felhasznált próbatestek méretei az alábbiak voltak:

Szakításhoz:	hosszuság	200 mm
	szélesség	20 mm
	vastagság	változó
Hajlításhoz:	hosszuság	120 mm
	szélesség	40 mm
	vastagság	változó
	alátámasztási köz	100 mm

A szakító- és hajlítoszilárdságot az MSZ 13358-54 előírásainak megfelelően számítottuk.

A mérések kiértékelésénél abból a feltételből indultunk ki, hogy az eredmények normális eloszlásúak (anyagvizsgálatoknál ez általánosságban feltehető), így tehát a Gauss-eloszlásfüggvény-nyel jellemezhetők. Mivel azonban a nem alapjellegű kutatások vizsgálati eredményeit - tekintettel azok másodlagos jelentőségére - kisebb számú mérés esetén a Student-elv alapján is kielégítő módon értékelhetjük, a normális eloszlás igazolását (Kolmogorov-kritérium) mellőztük. Emellett szólt az a tény is, hogy - amint a mérési eredmények áttekintése során azt megállapítottuk - un. "kiugró" értékek nem fordultak elő; így pl. valamenynyi szilárdsági érték az  $\bar{x} \pm 3s$  intervallumon belül helyezkedett

el, tehát 95%-os valószínűséggel biztosnak vehettük, hogy a mérések számának növelése esetén sem kapnánk a háromszoros szóráson kivüleső értéket.

A mérések eredményeiről és azok matematikai statisztikai jellemzőiről a 13.-18. táblázat ad felvilágosítást.

A táblázatokban használt jelölések:

$\bar{x}$  = a szakító- illetve hajlítoszilárdság matematikai átlaga,

$\bar{R}$  = a részsorozatok maximális terjedelmének középértéke,

s = a terjedelemből becsült szórás,

v = a relatív szórás (variációs koefficiens),

m = átlag konfidencia-határ 95%-os valószínűség mellett,

$d_b$  = a borítólap (szinfurnér) átlagos vastagsága,

$d_l$  = a lemez átlagos vastagsága.

A mérési sorozat hossza (n), minden esetben 12 volt, amit 6-6 tagból álló részsorozatra bontottunk fel; ennek következtében az  $A_{(n)}$  és  $t/\sqrt{n}$  tényezők táblázatokban megtalálható értéke minden számításunknál 0,40 illetve 0,635 volt. (13., 14., 15., 16., 17. és 18. táblázatok.)

### 13. táblázat

A borítólap fafaja: tölgy

A vizsgált mechanikai jellemző: szakítószilárdság

A lemez sorszám	$d_b$	$d_l$	$\bar{x}$	$\bar{R}$	s	v	$\pm m$
	mm	mm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>
19.	0,7	5,1	539	170	68	12,62	43
20.	0,6	6,1	544	185	74	13,60	47
21.	0,5	5,1	444	161	64	14,41	41
22.	0,4	5,2	466	161	64	13,73	41

## 14. táblázat

A borítólap fafaja: tölgyA vizsgált mechanikai jellemző: hajlítószilárdság

A lemez sorszám	$d_b$ mm	$d_1$ mm	$\bar{x}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{R}$ kg/cm <sup>2</sup>	s kg/cm <sup>2</sup>	v %	$\pm m$ kg/cm <sup>2</sup>
19.	0,7	5,3	801	225	90	11,24	57
20.	0,6	6,1	699	220	88	12,59	56
21.	0,5	5,3	641	232	93	14,51	59
22.	0,4	5,1	771	164	66	8,56	42

## 15. táblázat

A borítólap fafaja: mahagóniA vizsgált mechanikai jellemző: szakitószilárdság

A lemez sorszám	$d_b$ mm	$d_1$ mm	$\bar{x}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{R}$ kg/cm <sup>2</sup>	s kg/cm <sup>2</sup>	v %	$\pm m$ kg/cm <sup>2</sup>
32.	0,6	5,8	575	57	23	4,00	15
34.	0,5	5,5	501	117	47	9,30	30
38.	0,4	5,1	472	139	56	11,86	36
35.	0,3	5,2	459	151	60	13,07	38
5.	0,2	4,7	469	158	63	13,43	40

## 16. táblázat

A borítólap fafaja: mahagóniA vizsgált mechanikai jellemző: hajlítószilárdság

A lemez sorszám	$d_b$ mm	$d_1$ mm	$\bar{x}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{R}$ kg/cm <sup>2</sup>	s kg/cm <sup>2</sup>	v %	$\pm m$ kg/cm <sup>2</sup>
32.	0,6	5,9	747	137	55	7,36	35
34.	0,5	5,6	722	225	90	12,47	57
38.	0,4	5,3	648	112	45	6,94	29
39.	0,3	5,4	573	186	74	12,91	47
5.	0,2	4,8	662	187	74	11,18	47



## 17. táblázat

A borítólap fafaja: dióA vizsgált mechanikai jellemző: szakitószilárdság

A lemez sorszáma	$d_b$ mm	$d_l$ mm	$\bar{x}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{R}$ kg/cm <sup>2</sup>	s kg/cm <sup>2</sup>	v %	$\pm m$ kg/cm <sup>2</sup>
29.	0,6	5,7	527	138	55	10,44	35
23.	0,5	5,0	496	139	56	11,29	36
27.	0,4	5,3	555	160	64	11,53	41
48.	0,3	5,1	498	162	65	13,05	41

## 18. táblázat

A borítólap fafaja: dióA vizsgált mechanikai jellemző: hajlítószilárdság

A lemez sorszáma	$d_b$ mm	$d_l$ mm	$\bar{x}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{R}$ kg/cm <sup>2</sup>	s kg/cm <sup>2</sup>	v %	$\pm m$ kg/cm <sup>2</sup>
29.	0,6	5,9	525	192	77	14,67	49
23.	0,5	4,9	874	164	66	7,55	42
27.	0,4	5,4	715	155	62	8,67	39
48.	0,3	5,1	610	118	47	7,70	30

A táblázatok adataiból kitűnik, hogy az egyes szilárdsági értékek közötti különbség - azonos fajú borítólapok esetén - legtöbbször nem számottevő. Megfigyelhető az is, hogy a borítólapok vastagságának és a szakitó- illetve hajlítószilárdság értékének csökkenése között törvényszerű összefüggés nem állapítható meg. A hat táblázat adatait végigtekintve ugyanis egyetlen példát sem találunk arra vonatkozóan, hogy a vastagabb szinifur-nérral borított lemezek szilárdsága mindig és egyértelműen magasabb értékű lenne, mint a kisebb vastagságúakkal borítottaké, ellenkezőleg az utóbbiak esetében igen gyakran a szilárdsági értékek váratlan emelkedését tapasztaljuk (lásd 14. és 17-es táblázatokat).

Ha továbbá a valószínűségszámítás szemszögéből vizsgáljuk az egyes szilárdsági értékek közötti eltéréseket oly módon, hogy - azonos fafajú borítólapok esetében - a legvastagabb furnérral borított lemez szilárdságát hasonlítjuk mindig össze a vékonyabb borítólapal fedett lemezek megfelelő értékeivel, akkor igazolt-nak vehetjük, hogy az eltérések mértéke - két esetet kivéve - valóban nem szignifikáns. Ennek a feltétele, ha a matematikai átlagok eltérését vizsgáljuk, a következő:

$$Q = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{m_1^2 - m_2^2}} \leq 3,0$$

ahol  $\bar{x}_1$  abszolút értékre nézve mindig nagyobb mint  $\bar{x}_2$  és a nevezőben levő négyzetgyökös kifejezés értékét pozitív előjellel kell tekintetbe vennünk.

A megfelelő szám adatok behelyettesítése és a műveletek elvégzése után Q-ra a következő értékeket kaptuk (az indexben fel-tüntetettük a borítólapok fafaját és a két összehasonlítandó lemez borítólapjának vastagságát).

Szakítószilárdság:

$Q_{\text{tölgy}}$	$0,7 - 0,6 = 0,08$
$Q_{\text{tölgy}}$	$0,7 - 0,5 = 1,61$
$Q_{\text{tölgy}}$	$0,7 - 0,4 = 1,24$
$Q_{\text{mahagóni}}$	$0,6 - 0,5 = 2,18$
$Q_{\text{mahagóni}}$	$0,6 - 0,4 = 2,64$
$Q_{\text{mahagóni}}$	$0,6 - 0,3 = 2,83$
$Q_{\text{mahagóni}}$	$0,6 - 0,2 = 2,47$
$Q_{\text{dió}}$	$0,6 - 0,5 = 0,62$
$Q_{\text{dió}}$	$0,6 - 0,4 = 0,52$
$Q_{\text{dió}}$	$0,6 - 0,3 = 0,54$

## Hajlítószilárdság:

$Q_{\text{tölgy}}$	$0,7 - 0,6 = 1,28$
$Q_{\text{tölgy}}$	$0,7 - 0,5 = 1,92$
$Q_{\text{tölgy}}$	$0,7 - 0,4 = 0,42$
$Q_{\text{mahagóni}}$	$0,6 - 0,5 = 0,37$
$Q_{\text{mahagóni}}$	$0,6 - 0,4 = 2,25$
$Q_{\text{mahagóni}}$	$0,6 - 0,3 = 2,95$
$Q_{\text{mahagóni}}$	$0,6 - 0,2 = 1,44$
$Q_{\text{dió}}$	$0,6 - 0,5 = 5,37$
$Q_{\text{dió}}$	$0,6 - 0,4 = 3,01$
$Q_{\text{dió}}$	$0,6 - 0,3 = 1,49$

Ezekből az értékekből az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

a) Az eltérés az egyes szilárdsági értékek átlagai között egyetlen csoportnál sem akkor közelíti meg legjobban a szignifikancia-határt, amikor a borítólapok vastagságát tekintve - két szélső érték szilárdságát hasonlítjuk össze (pl. a 0,6 és 0,2 mm-es mahagóni furnérral borított lemezek esetében). A borítólapok vastagsági méretében jelentkező különbség fokozódása nem kritériuma tehát annak, hogy az átlagok közötti eltérés a szignifikancia-határ felé közeledjék,

b) egyedül a dióval borított lemezek esetében találunk szignifikáns eltérést a hajlítószilárdsági átlagok között. Itt azonban ez a különbség éppen a vékonyabb lapokkal borított lemezek magasabb hajlítószilárdságának a következménye, mivel ebben a csoportban a 0,6 mm-es furnérral színelts lemez hajlítószilárdsága volt a legkisebb. Ennek oka valószínűleg az alaplemez minőségében keresendő, amely döntően befolyásolja a szilárdsági értékek alakulását. Feltételezhető ugyanis, hogy a szóbanforgó 0,6 mm-es diófurnérral színelts alaplemez minősége nem volt kifogástalan.

A vizsgálati eredmények alakulására az irodalom alapján is adhatunk magyarázatot. F. Kollmann szerint a rétegelt falemezek szakítószilárdságát a következő tényezők befolyásolják:

1. az egyes furnérlapok huzó- (szakító-) szilárdságának összege, adott irányu erőhatás mellett,
2. a ragasztóréteg szakítószilárdsága,
3. a lemez keresztmetszetének furnér-ragasztóanyag aránya,
4. az egyes furnérlapok szilárdságának megnövekedése a ragasztóanyaggal (kisebb-nagyobb mértékben) történő telitődés következtében.

Arra vonatkozóan, hogy milyen jelentős szerepet játszhat éppen a ragasztóanyaggal történő telitődés a szakítószilárdság nagyságának alakulásában, Kollmann a következőket mondja: A ragasztás nélkül rétegelve egymás fölé helyezett furnérlapok szakítószilárdsági karakterisztikáját lényegében az 1. pont alattiak határozzák meg. A szakítószilárdság nagysága azonban a ragasztás után lényegesen megnő, ami elsősorban azzal magyarázható, hogy a ragasztóanyaggal telitődő furnérlapok ellenállása a huzóigénybevétellel szemben emelkedik. Ennek a tényezőnek sokkal nagyobb a jelentősége, mint a 2. alattinak, ugyanis a természetes fa - bár az egyes rostok szakítószilárdsága önmagában rendkívül magas lehet - viszonylag azért szakad könnyebben, mivel ellenállása a fellépő keresztirányu feszültségekkel szemben igen alacsony. Minthogy pedig ilyen feszültségekkel - a tiszta (elméleti) rostirányu huzóigénybevételtől eltekintve - mindig számolni kell, a rostok oldalirányban mintegy elcsuszznak egymáson, s a legjobban elvékonyodott, legyengült helyeken bekövetkezik a lap szakadása. Ezzel szemben, ha a ragasztóanyag behatol a rostok közé, egyrészt emelkedik a keresztirányu szakítószilárdság, másrészt csökken a rostelcsuszás veszélye (a töréskép rövidrostu, alig szálkásodó), mégpedig annál jobban, minél egyenletesebb a telitődés.

O. Kraemer annak igazolására végzett kísérleteket, hogy a telitődés egyenletessége a furnérvastagság csökkenésével arányos. A rétegelt-lemez huzószilárdságát tekintve az ő véleménye is az, hogy a ragasztóanyag szakítószilárdsága itt csak alárendelt szerepet játszik.

A rétegelt-lemezek rost irányu - illetve kereszt irányu szakítószilárdságának meghatározására a következő összefüggést ajánlja:

$$\sigma_1 = \frac{s_1}{s_1 + s_q} \cdot \sigma_F v_q \dots \dots \dots \text{I.}$$

$$\sigma_q = \frac{s_q}{s_1 + s_q} \cdot \sigma_F v_1 \dots \dots \dots \text{II.}$$

ahol:

- $\sigma_1$  = a rétegelt-lemez rost irányu szakítószilárdsága,
- $\sigma_q$  = a rétegelt-lemez kereszt irányu (rostra merőleges) szakítószilárdsága,
- $\sigma_F$  = a furnérlapok rost irányu szakítószilárdsága,
- $s_1$  = az erő irányával párhuzamos rostu lapok összvastagsága,
- $s_q$  = az erő irányára merőleges rostu lapok összvastagsága,
- $v_1$  = a rost irányu (ragasztási) korrekciós tényező,
- $v_q$  = a kereszt irányu (ragasztási) korrekciós tényező.

A korrekciós tényezők ( $v_1$  és  $v_q$ ) számszerű értékét - ugyan-csak a lapvastagság függvényében - H. Winter dolgozta ki: hatásuk 18-50%-os arányban is összetevője lehet a rétegelt lemez szakítószilárdságának. Az I. egyenletből megállapíthatjuk, hogy az  $\frac{s_1}{s_1 + s_q}$  tört értéke a furnérlapok vastagságának arányos csökkentése következtében nem változik meg, és az

$$s_1 < s_1 + s_q \quad \text{ahol} \quad s_q \neq 0$$

egyenlőtlenség változatlanul fennáll akkor is, ha mind a két oldalt azonos arányban csökkentjük:

$$\frac{s_1}{n} < \frac{s_1 + s_q}{n}$$

Tételezzük most fel, hogy csak a húzóerővel párhuzamos lapok vastagságát ( $s_1$ ) csökkentjük, tehát a borítólapokét is, vagy egyedül csak a borítólapokét. Az egyenlőtlenség ebben az esetben a következőképpen alakul:

$$\frac{s_1}{n} < \frac{s_1}{n} + s_q > \frac{s_1 + s_q}{n}$$

Láthatjuk, hogy így az I. egyenletben szereplő tört értéke kisebb lesz, mivel a számláló és nevező nem azonos arányban csökken. Ezzel szemben növekszik a II. egyenletben levő törtnek, tehát magának a  $\sigma_q$ -nak az értéke is. Ha végül tekintetbe vesszük azt, hogy a két korrekciós tényező egyidejűleg mind a két összefüggésben magasabb értékkel fog szerepelni (a vékonyabb furnér egyenletesebb telítődése és megnövekedett szilárdsága következtében), akkor megállapíthatjuk a következőket:

a) a rétegelt lemez rost irányu szakítószilárdsága feltehetően nem, vagy alig fog csökkenni a borítólapok vékonyításával (a tört értéke csökken, a  $v_1$  viszont emelkedik),

b) a lemez kereszt irányu szakítószilárdsága növekszik (a tört és  $v_q$  értéke egyaránt nagyobb lesz); mivel pedig tiszta (elméleti), rost irányu húzásra a rétegelt lemez soha sincsen igénybevéve, a megnövekedett kereszt irányu szakítószilárdság feltehetően minden esetben ki fogja egyenliteni azt a minimális keresztmetszet-csökkenést, ami a vékonyabb borítólapok alkalmazásának a következménye.

A hajlítoszilárdság szempontjából a lapok szakító- (húzó-) szilárdsága rendszeren döntő jelentőségű, mivel húzó igénybevétel a hajlítás során mindig fellép.

Az U.S. Forest Products Laboratory kutatásai szerint a rétegelt lemezek hajlítoszilárdsága - ha a lemez egyszerű kéttámaszu tartóként működik - a következő összefüggésből is számítható:

$$\sigma_b = k \frac{I_1}{I_2} \cdot \frac{e}{e'} \cdot \sigma_b v$$

ahol:

$I_1$  = a támaszközzel párhuzamos rost irányu furnérlapok axiális tehetetlenségi nyomatéka,



$I_2$  = a teljes lemez-keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka a semleges tengelyre vonatkoztatva,

$e'$  = a szélső szál távolsága a semleges tengelytől abban a legszélső furnérlapban, ahol a rostirány a támaszköz-zel párhuzamos,

$e$  = a legszélső szál távolsága a semleges tengelytől,

$\sigma_{bv}$  = a lemez faanyagának hajlítószilárdsága,

$k$  = a rétegek számától függő korrekciós tényező.

A borítólemezek vastagságának csökkentése esetén  $I_1$  és  $I_2$  értéke is kisebb lesz ugyan, azonban közel azonos értékkel:

$$I_1 - I_1' \approx I_2 - I_2'$$

ahol:

$I_1'$  = a támaszköz-zel párhuzamos rost irányu furnérlapok axiális tehetetlenségi nyomatéka, vékonyabb borítófurnérlapok alkalmazása esetén,

$I_2'$  = a teljes lemez-keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka a semleges tengelyre vonatkoztatva, vékonyabb borítófurnérok alkalmazása esetén,

avagy ugyanezt az összefüggést integrál-alakban kifejezve:

$$\int_0^{F_1} r_1^2 df_1 - \int_0^{F_1'} r_1'^2 df_1' \approx \int_0^{F_2} r_2^2 df_2 - \int_0^{F_2'} r_2'^2 df_2'$$

ahol:

$F$  = a megfelelő teljes keresztmetszet,

$r$  = a tengelytől mért merőleges távolság,

$df$  = a megfelelő felületelem.

Az indexek és jelzések értelme az előzőkből ( $I_1, I_2$  stb.) következik.

Mivel  $I_1 < I_2$ , az  $I_1/I_2$  tört értéke a borítólapok vékonyítása következtében csökken. Ugyanakkor azonban, ha a borítólapok rost iránya párhuzamos a támaszköz-zel - mint pl. vizsgálataink esetében - az  $\frac{e}{e'}$  tört értéke az egységgel lesz egyenlő. A

két másodrendű nyomaték hányadosának alig számottevő csökkenését így ellensúlyozni tudja a  $\sigma_{by}$ , minthogy ennél a tényezőnél ismét pozitív irányban hat a vékonyabb borítólapok (jobb és egyenletesebb telítődéséből adódó) húzóigénybevétellel szembeni nagyobb ellenállása.

Az elmondottak alapján tehát matematikailag is igazolható, hogy a borítólapok vastagságának csökkentése nem befolyásolja károsan a lemezek hajító, illetve szakítószilárdságát.

## 7. Összefoglalás, következtetések, javaslatok

Kísérleteket folytattunk annak megállapítására, hogy tölgy, dió és mahagóni fafajok esetében, a jelenlegi szinifurnértermelési technológia mellett, milyen mértékben lehet csökkenteni az előállított furnérok vastagságát, s vékonyabb szinifurnérok alkalmazása esetén biztosítható-e az enyv átütésmentes ragasztás.

A lefolytatott vizsgálatok során a következő kérdéseket vizsgáltuk:

- a) A csökkentett vastagsági méretű furnérok előállításának gyártástechnológiai feltételei.
- b) A vékony furnérokkal történő szinelés lehetőségei.
- c) A vékony furnérokkal szinelt lemezek szilárdsági tulajdonságai.

A lefolytatott vizsgálatok eredményeként rögzíthető, hogy:

1. A szinifurnérok vastagságát a jelenlegi 0,6 - 1,0 mm-ről a vágástechnikai és hőkezelési előírások különösebb módosítása nélkül kb. 0,3 - 0,4 mm-re lehet csökkenteni.

2. A vékonyabb szinifurnérok átütésmentes ragasztását ipari liszttel (rozslábliszttel) töltött habosított műgyantával biztosítani lehet.

3. A szinifurnérok vastagsági méretének csökkentése gyakorlatilag nem befolyásolja károsan a lemezek szilárdsági értékeit.

A kutatások nem terjedtek ki a vékony furnérok butor-, hajó-, vagon- stb. építési célokra történő felhasználhatóságára, s így nem tisztáztuk, hogy a szinifurnérozott felületek kialakításánál elkerülhető-e a csiszolás, illetve mekkora a csiszolás esetén szükséges minimális furnérvastagság. Miután ezek a kérdé-

sek alapvetően érintik az eddigi eredmények hasznosíthatóságát, kívánatos, hogy a jövőben a kutatásokat az említett problémákra is kiterjesszük.

Végeredményben a kísérletek értékelése során levont következtetések azt igazolják, hogy a kutatási eredmények gyakorlatban történő felhasználásával a szinfurnértermelést, az elérhető legnagyobb k hozatal révén, gazdaságosabbá lehet tenni. Valószínűnek látszik, hogy mennyiségileg minimálisan mintegy 20-30%-kal lehet javítani a szinfurnértermelés anyagk hozatalát, az elérhető eredmények pontos kiértékelése azonban csak a továbbfeldolgozó iparágakban végrehajtandó kísérletek után lesz lehetséges.

dr. Filló Zoltán tudományos munkatárs  
és  
Gippert László tudományos főmunkatárs

Munkatárs:

Frey Györgyné mikrotechnikus

#### A) BEVEZETÉS

Mielőtt a hurmetszetű dongalécekből készített nagyméretű hordók félüzemi kísérleteit ismertetnénk, röviden felelmitjük a kísérletek előzményeit.

A Faipari Kutató Intézetben 1956-57 év során vízáteresztő-képességi vizsgálatokat végeztünk 45 mm  $\varnothing$ -jü 5 és 35 mm vtg. cser, illetve tölgy-fakorongokon. (Lásd Faipari Kutatások 1961. év 1.sz. 61. old.) E vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a sugár és hur irányu vízáteresztő képesség között aránylag csekély differencia mutatkozik. Ennek alapján a vizsgálatok folytatásaképpen - az 1958-59. évben, a vízáteresztő képesség különbözőségének gyakorlati kimutatására sugár- és hur irányu cser- illetve tölgy dongalécekből kisebb (kb. 15-16 l ürtartalmu) hordókat készítettünk, s ezek vízáteresztő képességeit vizsgáltuk. A kísérlet helyéül Intézetünk kondicionáló helyiségét választottuk, ahol a levegő nedvessége és hőmérséklete - mint befolyásoló tényezők - a legkisebb ingadozásnak voltak kitéve. A hordócskák vízfellevő- illetve áteresztő képességének folyamatát a kísérleti hordókra szerelt, finom beosztású vízszint-leolvasás útján napi feljegyzésekkel rendszeresen követtük, s a kísérlet végén a skálafokoknak megfelelő vízmennyiség meghatározásával megállapítottuk a vízszint csökkenés mennyiségeit. A vizsgálatok alapján megállapítást nyert, hogy a hur és sugár irányu dongalécekből készített hordók vízáteresztő képessége közötti különbség igen minimális: a tölgnél 0,3%, a csernél 1.5% az ürtartalomhoz vi-

szonyitva. Ezeken kívül megállapítható volt az is, hogy a sugár irányú dongalécekből készített cser-, illetve tölgyhordók közül, a cserhordó vízáteresztő képessége jóval alacsonyabb értékű, mint a tölgyhordóé. A fenti hordó vízdifúziós kísérleti eredményei alapján kívánatosnak látszott a kísérleteknek félüzemi szinten - nem kondicionált légtérben - való megismétlése, illetve szeszes oldatokkal történő beindítása. Ez utóbbi anyaggal történő vizsgálat során ugyanis választ kapnánk arra vonatkozóan is, hogy a szeszes oldat a fa szövetének micelláris hézagain - eltekintve a szövetelemek rost irányu vezetésétől - gyorsabban diffundál-e át, mint a víz.

Fenti jelentés, illetve elgondolás alapján a Budapesti Fűrészek Vállalata a kísérlethez szükséges dongaanyagot legyártotta és a Mechanikai Hordógyárnak átadta. A Mechanikai Hordógyár a dongákat a Faipari Kutató Intézet javaslatára 12% nedvességre leszárította. A hordók legyártása az üzemi sorozatgyártás folyamán belül, vagyis technológiai változtatás nélkül történt.

## B) MÓDSZERTANI RÉSZ ÉS VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

A Mechanikai Hordógyár a leszárított dongákból 5 db (3 db 300 l-es és 2 db 500 l-es) hordót készített el. A Faipari Kutató Intézet a hordókat - a kísérletek megkezdése előtt - a dongaillesztések mentén kb. 1-1 cm szélességben szintelen epamin lakkal lekente, az esetleges illesztési hibák kiküszöbölése céljából.

Az így kezelt hordókat borral, ecettel és szörppel szándékoztunk feltölteni. Ennek érdekében előzetes megbeszélések, illetve megállapodások alapján a Budapesti Konzervgyárban 1 db 300 literes, vegyesmetszetű dongákból készített hordót, az Ecetipari Vállalatnál 1 db hurmetszetű és 1 db vegyesmetszetű dongákból készített 300 l-es hordót, az Állami Pincegazdaság V.sz. Borpincészetében pedig 1 db hur- és 1 db vegyesmetszetű dongákból készített 500 l-es hordót állítottunk kísérletbe.

1. A Budapesti Konzervgyárban (X. Maglódi ut 47.) a kísérleti hordót 1961. július hó 7.-én megfelelő előkezelés után 65%-os cukortartalmu narancsszörppel töltöttük fel. A hordó feltöltésénél a Mechanikai Hordógyár, a Szabványügyi Hivatal, a Kon-

zervgyár és a Faipari Kutató Intézet képviselői voltak jelen. A feltöltött hordó - a 11 napig tartó kísérleti idő alatt - az üzem szörpraktárában tárolt. Időközben két alkalommal (abszorpció miatt) abroncs utánhuzás vált szükségessé. A tárolóhelyiség száraz, aránylag hűvös klímájú volt.

A július 18.-án (11 napos tárolás utáni) kapott mérési eredmények az alábbiak voltak:

Bruttó súly	427,4 kg
Tára súly	72,0 "
	<hr/>
Nettó súly	355,4 kg
VII. 7.-én betöltve	362,0 kg
	<hr/>

Átdiffundált 6,6 kg, a nettó súly 1,86 %-a.

Tekintettel a szörp viszonylag magas cukortartalmára, várható volt, hogy a cukor a 12% nedvességtartalmu dongákból a még benne levő nedvességet kivonja, ami be is következett - és ezzel aszásfolyamatot indít meg. Az aszás folyamatával egyidejűleg a dongaillesztések mentén kisebb mérvű csurgás következett be. Ezenkívül a hordó egyes oldal dongáin, a faanyag szövetelemei között, átszivárgás is jelentkezett.

A kísérleti hordónak a fent leírtak szerinti előrelátott viselkedése miatt a kísérletet 11 nap eltelte után lezártuk.

2. Az Ecetipari Vállalat (X. Ceglédi ut 28. sz. alatti) telepén a két kísérleti hordót június hó 30.-án, előkezelés után, 10%-os ételeccettel töltöttük fel. A hordók feltöltésénél a Mechanikai Hordógyár, a Szabványügyi Hivatal, az Ecetipari Vállalat és a Faipari Kutató Intézet képviselői voltak jelen. A feltöltött hordók 75 napon át tartó kísérleti idő alatt - az üzemen egy nyitott fészernél (napsütésnek, illetve légáramlásnak kitéve) tároltak. A hordókat a kísérlet ideje alatt nem mozgatták. Azokat a kísérlet elején, illetve a kísérlet végén, töltetlenül és töltve, súlymegállapítás végett lemértük. E két kísérleti hordó közül a hurmetszetű hordónál tapasztaltunk szivárgást az egyik fenékdongán át szöveti hibából kifolyóan.

A kísérletet szeptember 13.-án fejeztük be. Ekkor, 75 napos tárolás után, a mérési eredmények a következők voltak:



a) Hurmetszetü dongánál:

feltöltéskor bruttó suly	351,5 kg
tára suly	71,5 "
nettó suly	<u>280,0 kg</u>

A felvett, illetve átdiffundált ecet mennyisége 5 kg,  
a nettó suly 1,79 %-a.

b) Vegyesmetszetü hordónál:

feltöltéskor bruttó suly	356,2 kg
tára suly	71,0 "
nettó suly	<u>285,2 kg</u>

A felvett, illetve átdiffundált ecet mennyisége 5,2 kg,  
a nettó suly 1,82 %-a.

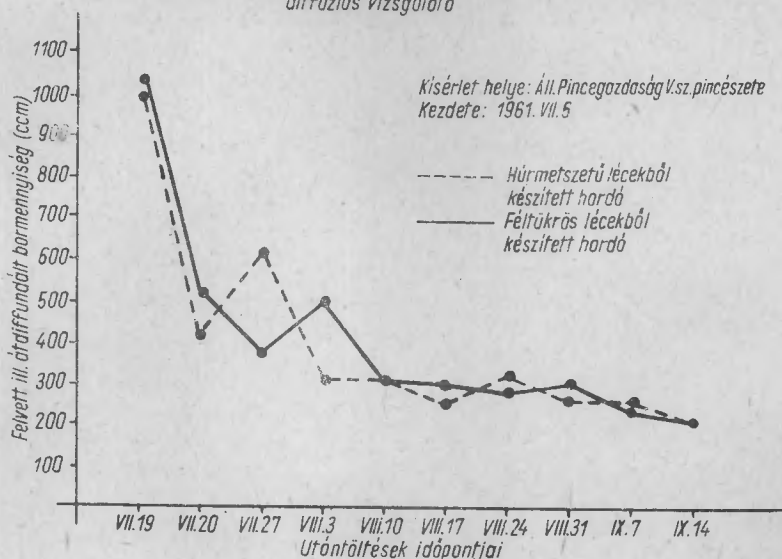
3. Az Állami Pincegazdaság V.sz. Pincészete (Budafok, Petőfi u. 24/28) a két db 500 literes kísérleti hordót - megfelelő előkezelés után - 8 maligán foku borral töltötte fel. A feltöltésnél a Mechanikai Hordógyár, a Szabványügyi Hivatal, az V.sz. Pincészet és a Faipari Kutató Intézet képviselői voltak jelen.

E kísérlettől feleletet vártunk arra vonatkozóan, hogy a borral feltöltött - kétféle metszetü dongákból készített - hordók között diffúzió szempontjából milyen különbségek adódnak. A vizsgálat megbízhatósága, pontossága érdekében a hordókat július 6.-án színültig töltöttük fel borral, majd hetenként egyszer - ugyanazon időpontban - utántöltéssel pótoltuk az időközben elnyelődött folyadékot. A feltöltések folyamán a folyadékmennyiséget  $\text{cm}^3$  nagyságrendben mértük és azokat esetenként és hordónként feljegyeztük. Az így kapott hetenkénti adatokat grafikonba foglaltuk (l. ábra).

A kísérlet ideje alatt - 69 nap - a hordók nevezett pincészet pince előterében aránylag légmozgásos és eléggé kiegyenlített hőmérsékletü térségében tároltak. A vizsgálat ideje alatt a hordók külső palástján különösebb elváltozást nem észleltünk. A kísérletek lezárását - mint az előzőket is - az érdekelt vállalatokkal, illetve szervekkel együtt végeztük.

A kísérlet szeptember 13.-án, 69 nap elteltével, a következő eredményekkel végződött:

Borraltöltött 2 db vegyes-, ill. húrmetszetű 500L-es kísérleti tölgyhordó  
diffúziós vizsgálata



1. ábra

1. Húrmetszetű dongákból készített hordó:  
Utántöltött bormennyiség  $3900 \text{ cm}^3$ , az ürtartalom 0,78 %-a.
2. Vegyes metszésű dongákból készített hordó:  
Utántöltött bormennyiség  $4020 \text{ cm}^3$ , az ürtartalom 0,80 %-a.

C) ÖSSZEFOGLALÁS ÉS ÉRTÉKELES

A vizsgálati eredményeket összefoglalva az alábbi eredmények adódnak:

I. Budapesti Konzervgyár

Kísérleti hordó: 1 db 300 literes vegyesmetszetű dongákból készült tölgyfahordó.

Folyadék: 65% cukortartalmu narancsszörp.

$$\text{Napi elfolyás: } \frac{6,6}{11} = 0,6 \text{ kg } \frac{1,86}{11} = 0,17\%$$

## II. Ecetipari Vállalat.

Kísérleti hordók: 1 db 300 literes hurmetszetű dongákból készült tölgyfahordó.

Folyadék: 10%-os ételecet.

Napi elfolyás:

Hurmetszetű dongák esetén:  $\frac{5}{75} = 0,066$  kg,  $\frac{1,79}{75} = 0,023\%$

Vegyesmetszetű dongák esetén:  $\frac{5,2}{75} = 0,069$  kg,  $\frac{1,82}{75} = 0,024\%$

## III. Állami Pincegazdaság V.sz. Pincészete.

Kísérleti hordók: 1 db 500 literes hurmetszetű dongákból készült tölgyfahordó.

1 db 500 literes vegyesmetszetű dongákból készült tölgyfahordó.

Folyadék: 8 maligánfokos bor.

Napi elfolyás:

Hurmetszetű dongák esetén:  $\frac{3900}{69} = 56,5$  cm<sup>3</sup>,

$$\frac{0,78}{69} = 0,0113 \%$$

Vegyesmetszetű dongák esetén:  $\frac{4020}{69} = 58,2$  cm<sup>2</sup>

$$\frac{0,80}{69} = 0,0116\%$$

A Budapesti Konzervgyárban kísérletbe állított 1 db 300 literes vegyesmetszetű dongákból készített hordó magas (65%-os) cukortartalmu szörppel szembeni viselkedése előttünk ismeretes volt. A kísérletet csupán az ilyen irányu vizsgálataink teljessége végett állítottuk be. Szörp tárolására jelenleg a fahordók közül csak a ragasztott dongájú hordók felelnek meg.

Az Ecetipari Vállalatnál végzett kísérleteink teljes mértékben igazolták Intézetünk laboratóriumi kísérleteit. A hordók tárolása - a kitettséget figyelembevéve - megközelítette a

transzport hordókkal szemben támasztott követelményeket. Mind a hur- mind a vegyesmetszetű dongákból készített hordó a sugármetszetű dongákból készített hordóval folyadékfelvevő és áteresztőképesség tekintetében - az igen csekély különbség elhanyagolásával - egyenértékű.

A két kísérleti boroshordóval kapcsolatban is beigazolódtak - várakozásunknak megfelelően - Intézetünk laboratóriumi kutatási eredményei.

Figyelemmel követve a kísérlet kezdetétől a hordók folyadékelnyelési mennyiségét, a csökkenő szakaszból az állandósult szakaszba való átmenethez kb. 4-5 hét idő volt szükséges. Ez idő alatt mindkét hordónak sem a palástján, sem a fenékdongáin semmiféle áteresztést, szivárgást, nem észleltünk: tehát az ezideig elnyelődött folyadékmennyiség a dongaanyag telítődéséhez volt szükséges. A kb. 5 hét elteltével utántöltött mennyiségek közel állandónak vehetők, s a tulajdonképpeni diffúziómértéket mutatják. Ezt a szakaszt továbbvizsgálva azt találjuk, hogy a feltüntetett értékek teljesen megegyezők a szabvány sugármetszetű hordók apadásmennyiségével: jelen esetben is igen csekély mennyiségű, 0,06% (heti apadásmennyiség, az úrtartalomhoz viszonyítva). Az utántöltött bormennyiségeket figyelembe véve - a hurmetszetű dongákból készült hordónál - az összes bormennyiség 0,78%-a, míg a vegyesmetszetű dongából készült hordónál a bormennyiség 0,8%-a volt a felvett, illetve átdiffundált bormennyiség. A két hordó közti különbség tehát e tekintetben olyan csekély, hogy elhanyagolható.

#### D) JAVASLAT

E félüzemi kísérletek eredményeivel kapcsolatban három javaslatot teszünk:

I. Tekintve, hogy félüzemi kísérleteinknél a hordók mozdulatlanul - mint ászokhordók - tároltak és az értékelések alapján megfeleltek, javasoljuk ászokhordók hur- és vegyesmetszetű dongákból való készítését. (A sugármetszetű ászokdongák termelése fűrészüzemeinknek jelenleg nehéz feladatot jelent.)



II. Kísérleteink a hordók transzportcéllal történő felhasználhatóságára feleletet nem adtak. A gyártó (Mechanikai Hordógyár) és a felhasználó (Állami Pincegazdaság) vállalat kívánsága alapján - az eredeti elgondolásnak megfelelően - e hordók transzport célra történő alkalmasságának megállapítására, mi is javasoljuk a hordók hosszabb úton való szállíttatását. A két vállalat elgondolásával egyetértünk: A transzport hordók gyártását hur- és vegyesmetszetű dongákból javasoljuk.

III. A hurmetszetű dongák felhasználásánál felmerülő esetleges gyártástechnológiai változtatások keresztülvitelével a Mechanikai Hordógyár műszaki kollektíváját javasoljuk megbizni.

## AZ EPERFA XYLOTÓMIAI VIZSGÁLATA

dr. Filló Zoltán tudományos munkatárs

Munkatárs:

Frey Györgyné mikrotechnikus

### A) BEVEZETÉS

Hazai lombos fafajaink ipari felhasználhatóságának egyik legfontosabb szövetjellemző bélyege a farostok mennyisége és minősége. Mind a furnér-, mind a farostlemez gyártás szempontjából a szövet- illetve sejtjellemző tulajdonságok ismerete elengedhetetlenül szükséges.

A furnérgyártás mennyiségi fokozása - az egyre növekvő furnérszükséglet következtében - újabb és újabb alapanyagok vizsgálatát teszi szükségessé. Az eperfa mennyiségileg hazai viszonylatban nem elhanyagolható. A KPM Utosztály adatai szerint az elmúlt és a f.évben is kb. 170-180 ezer db 50-80 éves epertörzs kerül kitermelésre, melyből felhasználhatóság szempontjából kb. 40% jöhet számításba. Az eper furnérgyártásra történő felhasználhatósága esetén mint új alapanyag, a lemezipar hasznára lehet.

### B) MÓDSZERTANI RÉSZ

Xylotómiai vizsgálatra egy kb. 60 éves fehér eper (*Morus alba* L.) törzséből kértünk - 1 m föld feletti magasságból - mintanyagot. A Kisalföldi Állami Erdőgazdaságtól megküldött mintanyagból a célul kitűzött vizsgálatokat az alábbi részfeladatok szerint végeztük el:



1. A mintaanyagból 2 db 2 cm vtg. korong kialakítása, gyalulása és polirozása. Az egyik korongból mintaanyag vétel és preparátum készítés évgűrűnként a rostmérések céljára; a másik korongon évgűrűszélesség meghatározás és mintaanyag vétel, ill. preparátum készítés az integrációs szövetanalízis részére.

2. a) rosthossz elemzések,

b) szövetanalízis,

c) farostokra vonatkozóan fal-lumen viszony és sugár-, illetve hur irányu rostátmérő megállapítása.

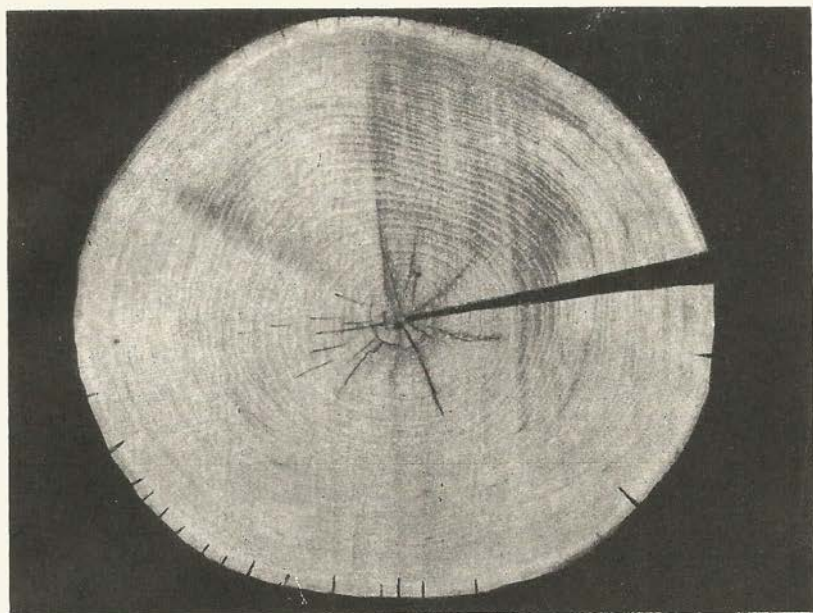
ad 1. Az egyik mintakorongból évgűrűnként - a béltől a kéregig - a huzottfa-nyomottfa irányában mintaanyagot vettünk preparáló mikroszkóp alatt rostmacerátum készítéséhez. A macerátumokból évgűrűnként 2 preparátumot készítettünk (összesen 228 db-ot). A másik korongon a huzottfa-nyomottfa és ezekre merőleges irányban - Leitz évgűrűmérő mikroszkóppal - az évgűrű szélességeket határoztuk meg a béltől a kéregig és a mért évgűrű szélességekből az átlagos szélességeket megállapítottuk. Az így kapott adatokat grafikonban tüntettük fel.

A kvantitatív xylotómiai vizsgálatok elvégzéséhez szükséges keresztmetszeti preparátumokhoz úgy jutottunk, hogy az évgűrű szélességek lemérése után a mintakorongból a huzottfa-nyomottfa átmérő irányában 3x2x2 cm-es hasábokat alakítottunk ki egymásutáni összefüggésben. A hasábokat megfelelő ideig puhítottuk és belőlük keresztmetszeteket készítettünk. A metszeteket kellő festés és víztelenítés után kanadabalzsamban állandósítottuk.

ad 2.a) A mintakorong huzott- és nyomottfája minden évgűrűjének rostpreparátumából 100-100 egyedi farost hosszmeretét állapítottuk meg. A kapott adatok átlagértékeit grafikonokban ábráztuk.

ad 2.b) A keresztmetszeti preparátumok alapján a béltől a kéregig minden 10. évgűrű szövetanalízisét végeztük el, mind a huzott-, mind a nyomottfában. A vízszállító-, szilárdító-, hosszparenchima- és bélsugár szövetmennyiségek meghatározását integrációs asztal segítségével 10 mm-es vonalhosszon  $45^\circ$  szögös pásztázással végeztük el.

ad 2.c) A farostok fal-lumen viszonyát a keresztmetszeti preparátumok minden 5. évgűrűjében mért rostok alapján állapí-



1. ábra

tottuk meg. E mikroszkópos méréseink során 2 000  $\mu$ -t kitevő rostfal mennyiségeket és az ezekhez tartozó rostlumeneket határoztuk meg.

A farostok sugár- és hurirányú átlagos átmérőjének adataihoz a minden 5. évgyűrű korai- és kései pásztájában sugár- illetve hurirányban megmért 10-10 rost átlagértékeiből jutottunk.

## C) A VIZSGÁLATOK ÉRTÉKELESE

### 1. Évgyűrűszélességek

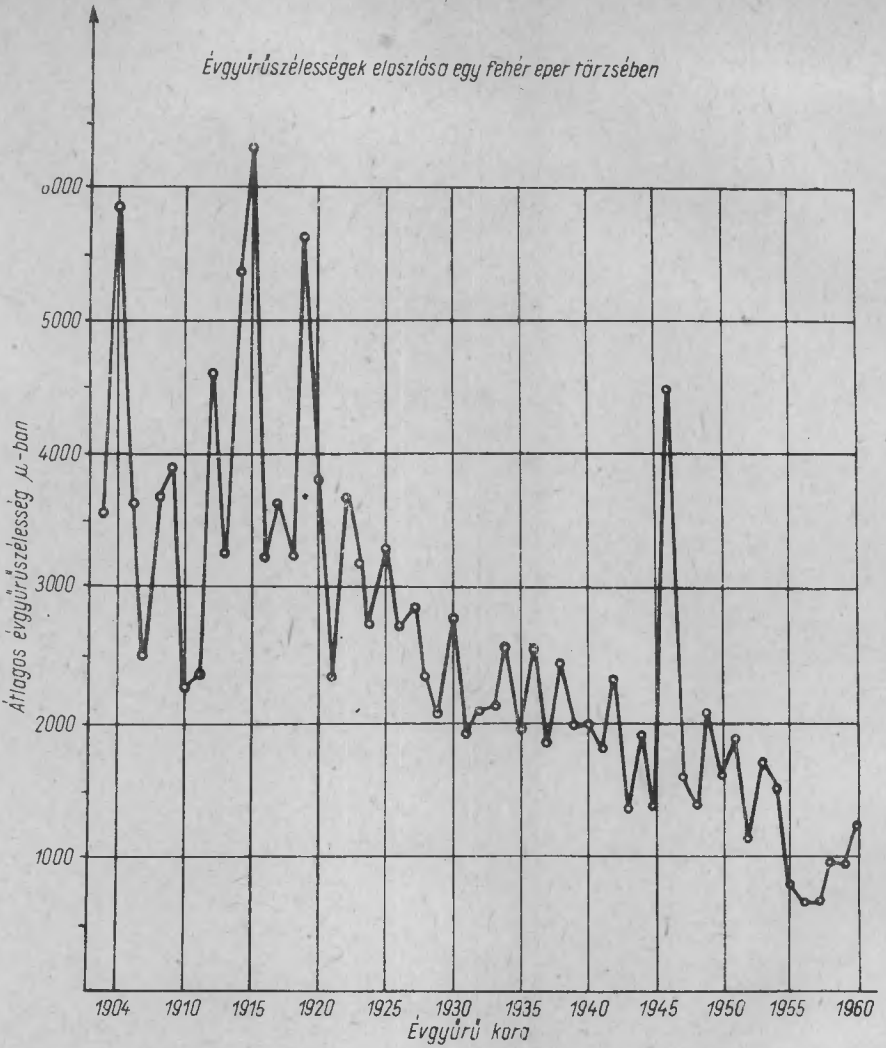
A Kisalföldi Állami Erdőgazdaság területéről kitermelt és vizsgálatba vont fehér eper törzsnél (1. ábra) (műmellékleten) évgyűrű szélességváltozás tekintetében az a tendencia, hogy kezdetben - mint a 2. sz. ábra grafikonjáról jól szembetűnik - erős maximumok mutatkoznak, majd aránylag gyorsan csökkenő évgyűrű szélességek. A kezdeti átlagos 3-4 mm-es évgyűrű szélesség - kb. 20 év elteltével - az átlagos 2 mm, majd (kb. 50 év felé) olykor az 1 mm-es értékre is csökken. (2. ábra.)

Összefoglalva: a vizsgált 57 éves fehér epertörzs évgyűrű szélességei az alábbiak:

1 mm-ig	5 évgyűrű
1-2 mm-ig	17 "
2-3 mm-ig	17 "
3-5 mm-ig	14 "
5 mm-nél nagyobb	4 "

Az évgyűrűmérő mikroszkóppal mért összes adat alapján az egész törzsre vonatkoztatott átlagos évgyűrű szélesség 2,58 mm. (A grafikon adatai évgyűrű szélesség szempontjából tájékoztató jellegűek, tekintve, hogy csak a vizsgált egy törzsmintára vonatkoznak; azokból a fehér eperre vonatkozó átlagos évgyűrű szélességet nem kapjuk meg.)

*Évgyűrűszélességek eloszlása egy fehér eper törzsében*

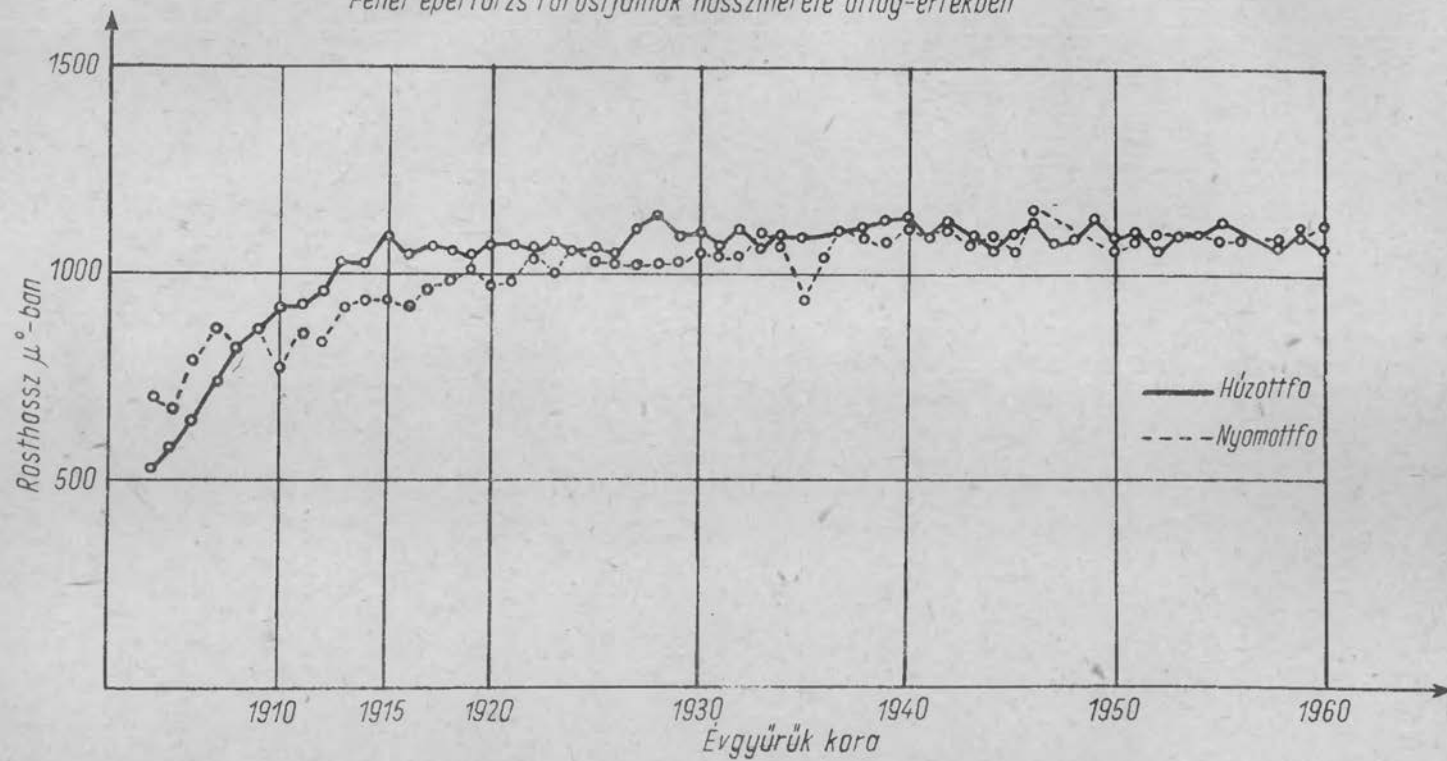


2. ábra

2. Rostelemzések

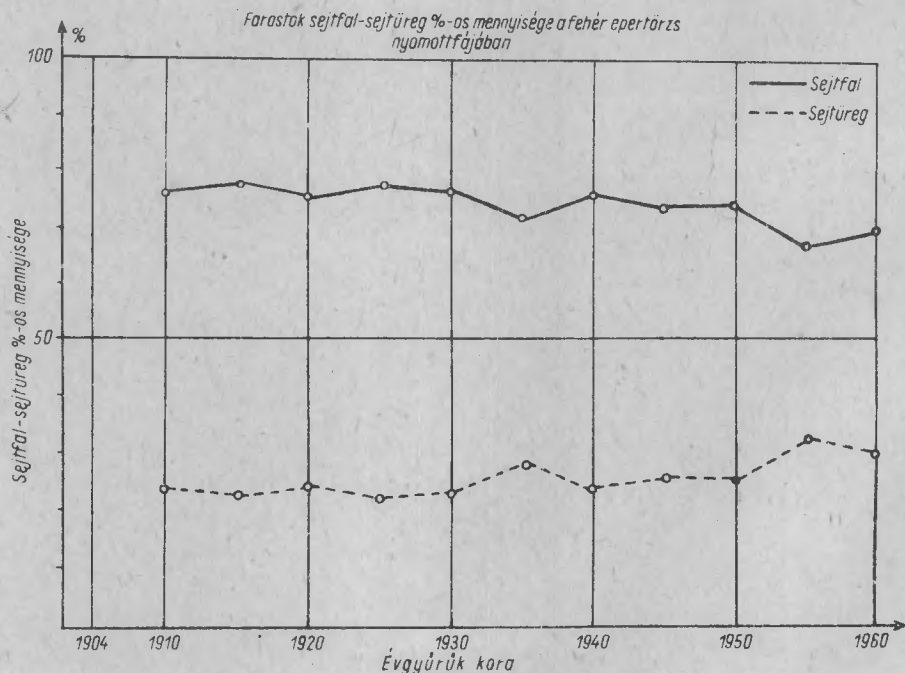
A két végükön hosszan kihegyezett farostok évgyűrűnkénti átlagos hosszmeretét a metodikában ismertetett módszerrel (összesen 11 400 mikroszkópos mérés alapján) határoztuk meg. A mérések eredményeinek évgyűrűnkénti átlagértékeit a mellékelt 3.áb-

Fehér epertörzs farostjainak hosszmérete átlag-értékben



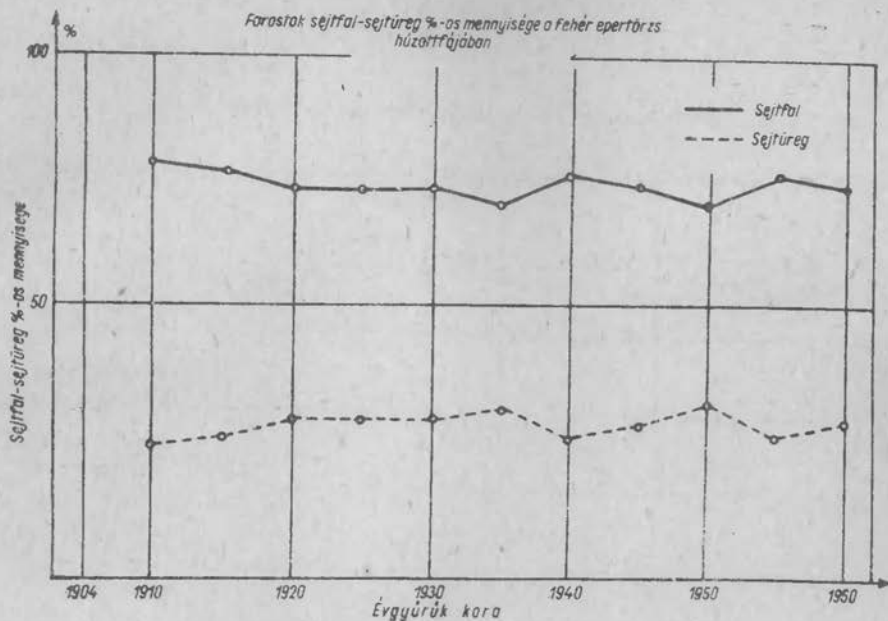
ra grafikonjaiban tüntették fel. A grafikonok alapján megállapítható, hogy a vizsgálatba vont fehér eper egész fatestére vonatkozóan a farostok átlagos hossza  $1\ 000\ \mu - 1\ 100\ \mu$ , nem tekintve a beltől számított 10-12 évet kitevő ugynevezett rost-hossz növekedési szakaszt, a fajjellemező méretre történő kifejlődés szakaszát. Egyébként az ábra grafikonjaiból jól megfigyelhető még az a tény is, hogy a húzottfa rostjai általában évgyűrűnként, és az egész törzsre vonatkoztatva is hosszabbak, mint a nyomottfa rostjai. (Utóbbiak hossza egy-két esetben egyező csak a húzottfáéval.)

A keresztmetszeti preparátumok alapján meghatározott rostfal-lumen viszonyokra vonatkozó adatokat százalékos mennyiségben a 4. és 5. ábra grafikonjai tüntetik fel. Fenti ábrák grafikonjaiból megállapítható, hogy a farostokra vonatkozó sejtfal mennyiség 68-77%, s ennek megfelelően a lumen 23-32% közötti értékű; vagyis a rost-lumen általában kb. 1/3-a a rostfal mennyiségének.



4. ábra



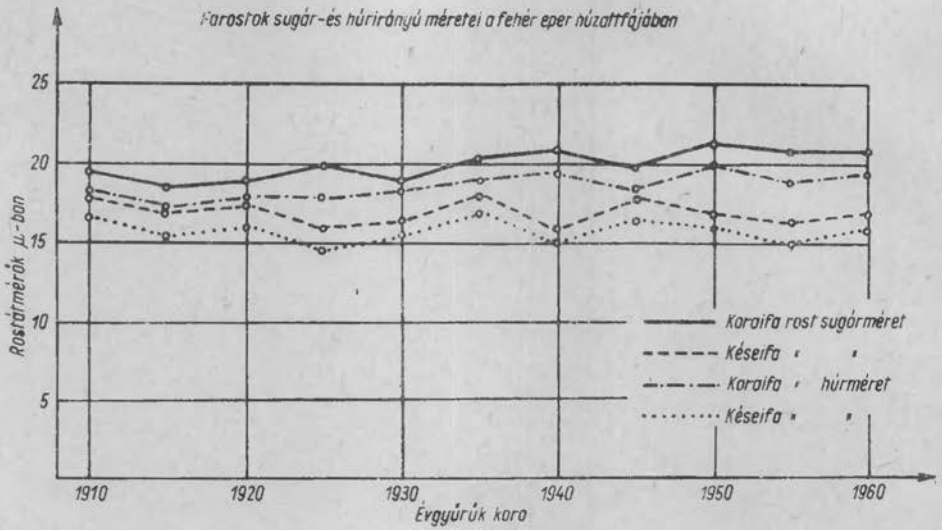


5. ábra

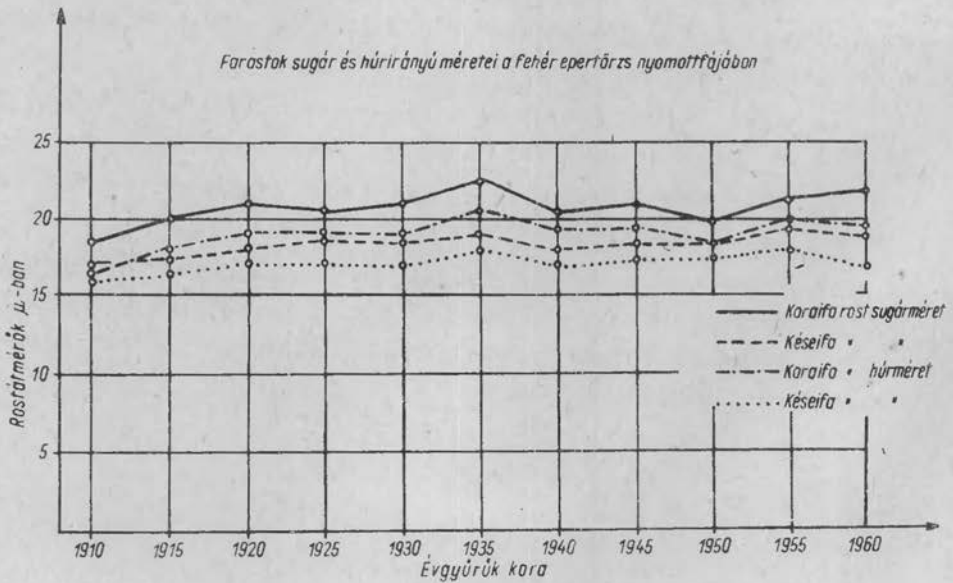
A rostátmérőkre vonatkozó mikroszkópos méréseink eredményeit a 6. és 7. ábra grafikonjai szemléltetik. Ezek alapján megállapítható, hogy a farostok:

- a) sugár irányú átmérője  $18-22 \mu$  az évgyűrűk tavaszi, és  $16-19 \mu$  közötti értékű az évgyűrűk őszi pásztájában,
- b) hur irányú átmérője  $17-20 \mu$  az évgyűrűk tavaszi és  $16-18 \mu$  közötti értékű az évgyűrűk őszi pásztájában.

A 6. ábra korai farost sugárméretet feltüntető grafikonjából jól megfigyelhető az a tény, hogy az évgyűrűk e pásztájában a farostok sugár irányú mérete a bétől a kéreg felé kis mértékben, de fokozatosan növekszik.



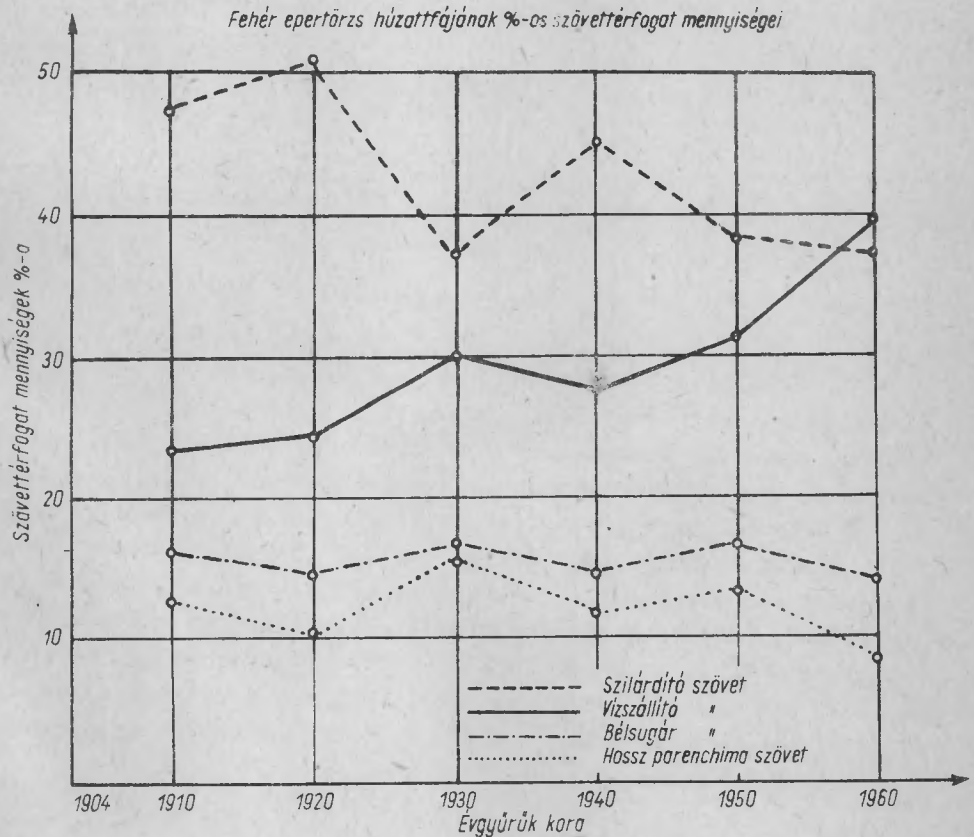
6. ábra



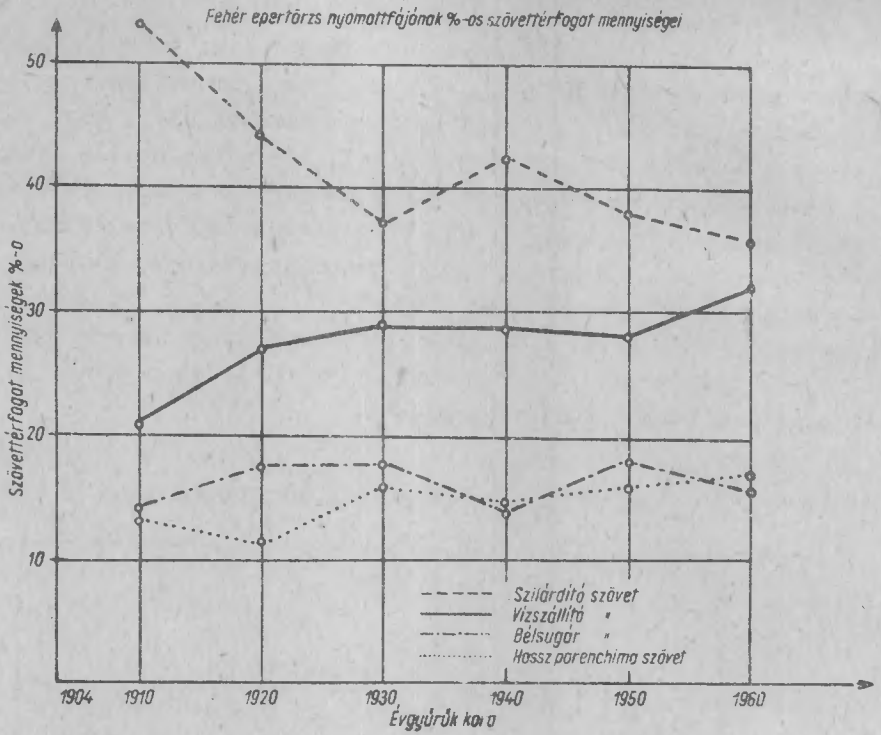
7. ábra

### 3. Szövetterfogat-elemzések

A szövetterfogat-elemzések eredményeit a 8. és 9. ábra grafikonja szemlélteti. Ha a huzott- illetve nyomottfára vonatkozó grafikonokat összehasonlítjuk, azonnal szembetűnik, hogy a farostokból álló szilárdító szövetet, illetve a tracheális mennyiségeket jelző görbék általános lefutásában határozott és következetes ellenmozgás van; vagyis a szilárdító szövetállomány egy kezdeti magasabb (50% körüli) értékről fokozatosan alacsonyabb (40% körüli) értékre csökken, míg a tracheális (vizszállító) szövetmennyiség - mind a huzott- mind a nyomottfában - a kezdeti kb. 20% körüli értékről 30% fölötti (a huzottfában 40%-ot majdnem meghaladó) mennyiségre emelkedik.



8. ábra



9. ábra

Az alapállomány - jóval kisebb - másik részét kitevő hossz-parenchima szövet mennyisége 10-16% közötti értékkel eléggé állandónak vehető. E parenchima szövetsejtjei túlnyomó többségükben az edények körül rendeződve paratracheálisan találhatók.

A bélsugár szövetmennyisége a legkonstansabb a fatest szövetei között. Tömege általában 14-18% közötti értékű az össz szövethez viszonyítva. A bélsugarak sűrűn helyezkednek el a fa szövetében, leginkább 4-6 sejt szélesek, heterogén szerkezetűek és olykor - a nagy edények között - erősen kanyarognak. Közöttük egy sejt szélességű bélsugarak is láthatók. A szögletsejtek az ellipszis keresztmetszetű belső sejtektől méretben és alakban észrevehetően eltérnek.

## D) MEGÁLLAPÍTÁSOK

Ha az epernek, mint új furnér alapanyagának felhasználhatósága szempontjából nézzük a szövettérfogat-elemzés, illetve rostanalízis során kapott eredményeket, szükséges ez utóbbiakat egy már ismert és furnérként felhasznált - az eperhez hasonló - keményfa megfelelő adataival összehasonlítani, hogy megközelítő következtetéseket vonhassunk le az eper ilyen irányú felhasználhatóságára vonatkozóan.

Összehasonlításra legmegfelelőbbnek találtuk a bükköt. A bükk fateste szövetelemzésére vonatkozó adatokat részben az ELTE Alkalmazott Növénytani és Szövetfejlődéstani Intézete által 1957-ben ilyen irányban végzett bükk anatómiai vizsgálatokból, részben - a rosthosszakra vonatkozóan - a Faipari Kutató Intézet 1952. évi, a farostlemez vizsgálatáról szóló zárójelentéséből vettük.

Mind az eper, mind a bükk szövettérfogat-mennyiségeinek, illetve rostméreteinek szemléltetőbb összehasonlítása végett az idevonatkozó adatokat táblázatba foglaltuk. (Lásd 1. táblázat.)

1. táblázat

Fafaj	szilárdító	vizszállító	parenchima	farostok átlagos hossza mikronban
	szövetmennyiségek átlagosan, százalékban, a fatörzs összes évgyűrűjére vonatkoztatva			
eper	43	28	29	1 000 <sup>X</sup>
bükk	49	29	22	1 086 <sup>XX</sup>

Megjegyzés: <sup>X</sup>E hosszmereti adatot jelen vizsgálataink idevonatkozó hosszmereteinek átlagolása után kaptuk.

<sup>XX</sup>Utóbbi adatot a hivatkozott FKI zárójelentés IV.sz. táblázatában feltüntetett 551 db farost átlagából vettük.

-.-.-.-

A bükkre vonatkozó szövettérfogat-mennyiségi adatokat az Egyetemi Alkalmazott Növénytani és Szövetfejlődéstani Intézet jelentéséből egy, az eperhez hasonló kora, a Mátra hegység Recski Erdőgazdaság területéről származó, bükk-törzs huzottfájára vonatkozó adatokból vettük átlagolás alapján.

A táblázat adataiból megállapíthatjuk, hogy átlagos rost-hossz szempontjából nagy különbség nincs az eper és bükk között, ugyyszintén tracheális térfogat tekintetében sem. Egyedül a szilárdító, illetve parenchimatikus szövetmennyiségek között mutatkozik 6-7%-os különbség. Mindezik alapján javasolható próbaként - az eper fatestéből mind hasítással, mind hámozással furnért készíttetni, majd a próbatermelés eredményeihez képest a további lépéseket a nagyüzemi gyártás felé megtenni.



## TARTALOMJEGYZÉK

	Oldal
<u>Dr. Dalocsa Gábor</u> : A faipari kutatások néhány kérdéséről .	3
<u>Hadnagy József</u> : A roncsolásmentes anyagvizsgálat alkalmazási területének kutatása és az alkalmazás módszere .	19
<u>Kolosváry Gábor</u> : Hajlitott, rétegelt butor alkatelemek előállítására nagyfrekvenciás dielektromos melegítéssel	91
<u>Gippert László</u> : Ipari gyártmányok faanyagának klímaállóvá tételét vizsgáló kutatások . . . . .	167
<u>Gönczöl Imre</u> : A vastagsági méretcsökkentés lehetőségeinek vizsgálata tölgy, dió és mahagóni furnérok esetében a megfelelő ragasztási minőség biztosítása mellett . .	217
<u>Dr. Filló Zoltán - Gippert László</u> : Hurmetszetű dongákból készített hordók félüzemi kísérletei . . . . .	247
<u>Dr. Filló Zoltán</u> : Az eperfa xylofóniai vizsgálata . . . .	255

## СОДЕРЖАНИЕ

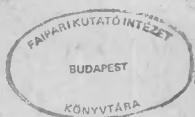
<u>др. Габор Далоца</u> : Некоторые вопросы научно-исследовательских работ в деревообрабатывающей промышленности....	3
<u>Йосиф Гаднадь</u> : Исследование области использования испытания материала не деструктивным методом и метод его использования .....	19
<u>Габор Колошвари</u> : Производство гнутых деталей для мебельного производства нагревом токами высокой частоты	91
<u>Ласло Гипперт</u> : Исследование древесного сырья для промышленных продуктов из оглева на сопротивление сырья против климатическим влияниям .....	167
<u>Имре Генцел</u> : Исследование возможностей уменьшения толщинных размеров в случае шпона дуба, ореха и махагона, но при сохранении качества склеянных соединений	217
<u>др. Золтан Фило - Ласло Гипперт</u> : Полуавтоматные исследования бочек изготовленных из клепок тангенциального сечения .....	247
<u>др. Золтан Фило</u> : Ксилотомические исследования тутового дерева .....	255

## INHALT

<u>Dr. Gábor Dalocsa:</u> Einige Problemen der Holzforschung	3
<u>Josef Hadnagy:</u> Die Forschung des Verwendungsgebietes der unstruktiven Materialprüfung und die Verwendungsmethode.....	19
<u>Gábor Kolozsváry:</u> Die Herstellung der gebogenen, geschichteten Möbelbauelementen durch Erwärmung im elektrischen Hochfrequenzfeld	91
<u>László Gippert:</u> Forschungen über die Methoden, wie ist es möglich gegen den Klimabeeinflüssen widerstandfähige Holzmaterialien herzustellen.....	167
<u>Imre Gönczöl:</u> Prüfungen über die Möglichkeiten der Beschränkungen der Dickengrösse von Eiche, Nuss und Mahagonifurniere bei gleichzeitiger Sicherung der Klebensqualität der verleimten Oberflächen...	217
<u>Dr. Zoltán Filló-László Gippert:</u> Half-Betriebliche Experimente mit Fassen, die von tangentialschnittlichen Fassdauben hergestellt wurden.....	247
<u>Dr. Zoltán Filló:</u> Die xilatomischen Untersuchungen über das Maulbeerholz.....	255

CONTENTS

<u>Dr. Dalocsa Gábor:</u> On some problems of the woodworking research.....	3
<u>Hadnagy József:</u> Research of the field of application of the undestructive testing of materials and the method of application.....	19
<u>Kolozsváry Gábor:</u> Production of bent-wood, plywood furniture elements with use of high-frequency dielectric heating.....	91
<u>Gippert László:</u> Researches on making of the climate-proof timber to industrial products.....	167
<u>Gönczöl Imre:</u> Examinations of the thickness reduction possibilities in case of oak, nut, mahogany veneers guaranteed the proper gluing quality.....	217
<u>Dr. Filló Zoltán-Gippert László:</u> Tests of half-plant on drums, that have been produced of tangential section staves.....	247
<u>Dr. Filló Zoltán:</u> The examination xilotomic of the mulberry tree.....	255



3633