

FAIPARI KUTATÓ INTÉZET KÖZLEMÉNYEI

FAIPARI KUTATÁSOK

1962. I. szám



MEZŐGAZDASÁGI KIADÓ

FAIPARI KUTATÁSOK

1962. 1. SZÁM

**MEZŐGAZDASÁGI KIADÓ
BUDAPEST, 1962**

Szerkesztette

Barlay Ervin

Mezőgazdasági Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat
Felelős kiadó a Mezőgazdasági Kiadó igazgatója
Felelős szerkesztő Barlay Ervin
Műszaki szerkesztő Straub János

x

Megjelent 600 példányban, 18, - (A/5) iv + 2 tábla melléklet
terjedelemben, 58 ábrával

- F-2009 -

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

62-8654 - Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat, Budapest

F O R G Á C S - A L A K I S Á G I V I Z S G Á L A T O K
NY Á R, B Ü K K
É S C S E R F O R G Á C S A N Y A G G A L^{x/}

LÁZÁR LÁSZLÓ ÉS HADNAGY JÓZSEF

Bevezetés

A forgácslap-iparban általában különböző faanyagokat és forgácstípusokat használnak fel. Leggyakoribb a fenyő forgács alkalmazása /pl. Novopán, Triangel/, de találunk példát /pl. Bukas/ a lombos fafajokból készült forgács felhasználására is.

Hazánkban eddig főleg fenyőforgácsot alkalmaztak forgácslapgyártásra. Az utóbbi időkben a nyárforgács alkalmazása is kezdett elterjedni. A nehezebb lombos fafajokból /pl. cser/ készült forgácslapokat azonban eddig nem alkalmazták, sőt ezek gyártására - egészen a legutóbbi időkig - még kísérletek sem folytak.

Tekintettel arra, hogy a fenyő és a nyár faanyagokat megfelelő mennyiségben nehéz biztosítani, viszont nagymennyiségű bükk és cser faanyag áll rendelkezésre, szükséges az utóbbiak megvizsgálása a forgácslap-gyártás szempontjából. Mivel a lap szilárdságát döntő mértékben befolyásolja a térfogatsúly és a forgács alakisága, kísérleteink folyamán főleg ezeknek a hatását kell vizsgálnunk.

A forgács alakiságára nézve különösen azt kell vizsgálnunk, hogy lombos faanyagokra is érvényes-e a W.Klauditz által fenyőfára kidolgozott összefüggés? Fenyőfára a legkedvezőbb alakítási tényező /Schlankheitsgrad/ Klauditz szerint: $K_p = 100-120$.

Kísérleteinknek célja, hogy lombos faanyagokra is kidolgozzuk ezt az összefüggést, és megállapítsuk az alakisági tényezőknek azt az értékét, amelynél a legkedvezőbb tulajdonságu lapokat kapjuk.

^{x/}1960. évben végzett kutatás

A kérdéssel kapcsolatos irodalmi adatok áttekintése

A forgácslap-iparban világviszonylatban is a legfontosabb problémák közé tartozik a késztermék fizikai-mechanikai tulajdonságai, valamint a felhasznált fafaj és a forgács alakiséga közötti összefüggés meghatározása.

Régen ismert tény, hogy a késztermék térfogatsuly és fizikai-mechanikai tulajdonságai között szoros összefüggés van. Azonban nemcsak a térfogatsuly befolyásolja a lap fizikai-mechanikai tulajdonságait, hanem a gyártásnál alkalmazott technológia is.

A késztermék fizikai-mechanikai tulajdonságait döntő mértékben befolyásolják:

- a/ A kötőanyag felhordás módja, valamint a kötőanyag mennyisége és milyensége.
- b/ A préselési technológia.
- c/ A felhasznált forgács fafaja és alakiséga.

Az előbbi két tényezővel kapcsolatban részletes kutatások folytak és nagymennyiségű adat áll rendelkezésre. A forgács fafájával és alakiségaival kapcsolatban is folytak kutatások, de kisebb mértékben, és így a rendelkezésre álló adatok száma is kevesebb.

A forgács alakiségaival kapcsolatban különösen W.Klauditz végzett széleskörű kutatásokat, azonban főleg a fenyőforgács tulajdonságait vizsgálta. Kutatásai során kidolgozta az alakiséga tényező képletét:

$$K = \frac{1}{d \cdot \gamma}$$

ahol: K = a forgács alakiséga tényező

l = a forgács hossza, mm

d = a forgács vastagsága, mm

γ = a forgács térfogatsulya /abszolút száraz suly, abszolút száraz térfogat/.

Azonos mennyiségű ragasztóanyag felhasználása mellett, változatlan forgácsvastagság esetén a forgács hosszának növekedésével nő az alakiséga tényező és javul a késztermék szilárdsága. A forgács hossza azonban csak egy bizonyos határig növelhető, mert azon túl már inhomogenitást okoz az ún. "áthidalások" révén.

Az alakisági tényező a forgácsvastagság csökkentésével is fokozható. Ez szintén növeli a szilárdságot. A legkedvezőbb hossz- és vastagság arányra W.Klauditz a 100-120 értéket találta. Ez az érték a fenyőforgácsokra vonatkozik. A különböző forgácsok esetében természetesen módosulhat.

A forgács hosszára nézve Klauditz a 12-20 mm hosszúságot ajánlja, 0,1-0,2 mm vastagság mellett. Ugyanis ez a hossz méretű forgács jól kezelhető, és csak kisebb mértékben töredeznek. A nagyobb méretű /hosszabb/ forgácsok szárítása nehézkes. Könnyen boltozódnak és erősen töredeznek. A 0,1-0,2 mm vastag forgácsok pedig jobb szilárdsági értéket adnak. Véleménye szerint a vékonyabb forgácsok jobban összesimulnak a préseléskor, a felületükön a ragasztóanyag jobban szétnyomódik, így egyrészt nagyobb lesz a ragasztóanyaggal bevont felület, másrészt vékonyabb a mügyanta réteg. E két körülmény pedig a ragasztás szilárdságát emeli. A különböző forgácsok - Kollmann szerint - a következőképpen befolyásolják a forgácslap szilárdságát:

a/ Hosszu forgácsok felhasználása nagyobb hajlítószilárdságot eredményez, mint a rövid, kerekded forgácsoké.

b/ Lapos, széles forgácsok sima lapfelületet adnak, míg a keskeny, összefonódó forgácsok jól nemezesednek, ezért a belső részek szilárdság növelésére alkalmasak. A kettő együttes alkalmazása vezetett a többrétegű lapokhoz.

c/ Nagy, hosszú forgácsok a lap belsejében áthidalásokat és laza helyeket idéznek elő.

d/ Fűrészpor még nagy kötőanyag-tartalom mellett is kis szilárdságú lapokat ad.

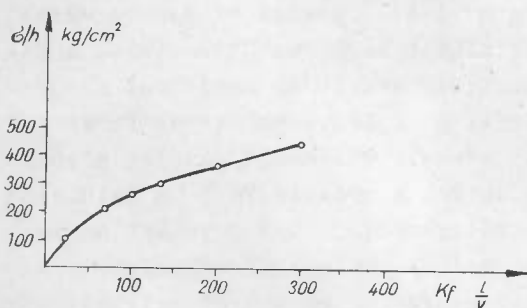
e/ Csiszolópor és finom fűrészpor nem dolgozható fel használható lapokká.

Kollmannak a fűrészporra vonatkozó véleményével kapcsolatban meg kell említenünk, hogy Intézetünkben fűrészporból nem túl magas /14 %/ kötőanyag-tartalom mellett is megfelelő szilárdságú lapokat gyártottunk.

Az ipari hulladékforgács is alkalmas forgácslap előállítására. Elsősorban gyalugép és marógép forgácsa jöhet számításba, de nem eredeti állapotában, hanem megfelelő osztályozás után.

A forgács alakisági tényezőjének és a késztermék szilárdságának összefüggésére vonatkozó Klauditz-féle görbét némileg mó-

dosította P.W. Post. Az általa megadott összefüggés szerint a késztermék szilárdsága a forgács alakisági tényező növekedésével állandóan növekszik. Azonban egy bizonyos érték felett ez a növekedés olyan kismértékű, hogy az előállítással járó nehézségek miatt nem érdemes az alkalmassági tényezőt növelni. Ez az érték szerinte: $K_f = 300$ (ahol $K_f = \frac{1}{v}$).



1. ábra

A hajlítószilárdság és a forgács hossz-vastagság aránya közötti összefüggés fenyő forgács esetében /R.Keylwerth szerint/

hossz-vastagság aránynak 150-250 között kell lennie, amikor is a késztermék fizikai-mechanikai tulajdonságai értékeinek gyors javulása megszűnik és egy kiegyenlítődési tendencia jelentkezik.

A forgács alakjára vonatkozóan megállapította, hogy a hosszú forgácsok növelik a hajlítószilárdságot, a rövid, vastag forgácsok jó belső kötést adnak, a hosszú vékony forgácsok méretstabilitást biztosítanak. Azonos alakisági tényező mellett a vékonyabb forgácsok jobb hajlítószilárdságot adnak. Megállapította továbbá, hogy a forgácsméretek hatása a lap tulajdonságaira azonos volt mindkét általa alkalmazott gyantatartalomnál /3-5 %/ és a térfogatsúly teljes vizsgált tartományában 0,65-0,85-ig.

Vizsgálatainak eredményeiből az alábbi végkövetkeztetéseket vont le:

a/ A hosszabb forgácsok használata a hajlítószilárdság növekedését eredményezi, míg a rövidebb és vastagabb forgácsok kedvező hatással vannak a belső kötési szilárdságra.

Az eredményei alapján készített diagramot R.Keylwerth közölte, amelyet a kísérleti eredmények összehasonlítása céljából megadunk /1. ábra/. Ez a diagram fenyőforgácsra vonatkozik.

Ugyancsak fenyőforgáccsal végzett kísérleteket James Erumbaugh, aki kutatásai során arra a következtetésre jutott, hogy a legmegfelelőbb

b/ A hosszú vagy vékony forgácsok használata csökkenti a vastagsági dagadást, a vízfelvételt és a lineáris kiterjedést.

c/ Minden laptulajdonság optimumának eléréséhez a forgács hossz-vastagság arány legalább 200 legyen.

d/ Amikor a hossz-vastagság arány egy adott laptulajdonságnak megfelelően van tervezve, a forgács hosszának és vastagságának egyidejű változása egy görbe sereget eredményez.

Vizsgálatai folyamán az alacsony gyantatartalom ellenére is igen jó eredményeket ért el, amelyek valószínűleg részben a jó préselési technológiának is tulajdoníthatók.

Az irodalmi adatok rövid áttekintéséből megállapítható, hogy fenyőforgácsra vonatkoztatva valamennyi kutató azonos tulajdonságokat és változásokat észlelt a forgács alakisági tényezőjének változása folyamán és valamennyien kb. azonos értéknél kapták az optimális tulajdonságokat, ami azt mutatja, hogy fenyőforgács esetében az alakisági tényező szerepe egyértelmű és világosan meghatározott.

A kutatás célja és elvi irányvonalai

Az eddigi kutatások megállapították a forgács alakiság szerepét, hatását a forgácslap fizikai-mechanikai tulajdonságaira, fenyőforgács esetében. A lombos fafajokra ilyen vizsgálatot még megfelelő alapossággal nem végeztek, és miután hazánkban főleg lombos faanyagokat kívánunk felhasználni forgácslap gyártásra, feltétlenül szükséges ezeknél is a vizsgálatok elvégzése.

A kutatás folyamán a főcél megállapítani, hogy a forgács alakiság változása - állandó térfogatsúly mellett - milyen hatással van a késztermék fizikai-mechanikai tulajdonságaira, azaz a Klauditz-féle összefüggés milyen mértékben érvényes lombos fafajokra. Ezen kívül megállapítani, hogy a térfogatsúly milyen hatással van a fizikai-mechanikai tulajdonságokra, lehetőleg konstans préstényezőők mellett a forgács alakiság figyelembevételével.

Meg kell még állapítani, hogy a meghatározott forgács alakiság tartásához szükséges műszaki felkészültség és vékony for-

gácslapok esetén előálló kihozatal csökkenés miatt nem célszerűbb-e a kötőanyag hányad emelése?

A kutatás során a lombos fafajokról általános képet kívántunk nyerni, ezért a nyárt, a bükköt és a csert választottuk a kísérletek elvégzésére. Az általános képet ugyanis a választott három fafaj jól megadja. A nyár szórt likacsu hosszú rostu, a bükk szórt likacsu rövid rostu, a cser pedig gyűrűs likacsu fa. Így a lombos fafajok három fő típusát jól képviselik.

A kutatások során először az azonos alakisági tényezőjű forgácsokat kellett biztosítani. Ebből a célból a rendelkezésre álló berendezéseken gyártható forgácsok alakiságának szórását kellett vizsgálni.

A forgács alakiság hatásának kutatása folyamán általában lapkás forgácsot alkalmaztunk. Tekintettel azonban arra, hogy a forgács alakja is nagymértékben befolyásolja a gyártmány tulajdonságait, vizsgálatokat kívántunk végezni szálkás forgáccsal is. Ezért szükséges volt vizsgálatokat végezni a szeletelt forgács utánapritása folyamán fellépő jelenségekkel, valamint az utánapritás legkedvezőbb körülményeivel kapcsolatban is.

Az utánapritási vizsgálat célja: megállapítani a különböző hosszúságú szeletelt forgácsok utánapritására legjobban megfelelő betét lyukméreteket, az aprítódás mértékét, az utánapritás folyamán fellépő veszteségeket. Célja még megállapítani, hogy az utánapritás utáni frakcionálásnál milyen lyukméretű sziták alkalmazása a legcélszerűbb, és azonos hosszúságú forgács utánapritás után megfelelően megválasztott szitákkal történő frakcionálásával elérhető-e különböző hosszúságú forgácsokból álló frakciók szétválasztása? Így ugyanis feleslegessé válna a különböző hosszúságú forgácsok szeletelése, mivel egy adott maximális méretű forgácsból valamennyi kívánt forgács-hossz előállítható, és az utánapritásnál fellépő veszteség minimálisra csökkenthető lenne.

A méréseket a legjellemzőbb tulajdonságokra korlátoztuk: a térfogatsúly, a vízfelvétel, a vastagsági dagadás, és a hajlítószilárdság mérésére. A kísérletek folyamán kapott eredmények helyes kiértékelése céljából meg kellett állapítanunk a kötőanyag-tartalom eloszlásának egyenletességét /szórását/ és a mérőeszközök hibahatárait /pontosságát/.

A kísérleteket az eddigi kutatómunka eredményeképpen kialakított optimális préstényezők mellett végeztük el /lásd "Prés-diagram" c. jelentést/.

A kísérlet körülményeinek ismertetése

A kísérleti berendezés ismertetése

A kísérletek lefolytatásánál használt berendezés az alábbi gépekből áll:

a/ Korongbalta a szeletelt forgács előállításához

A korongbalta mechanikus, orsós előtolóművel van ellátva, amelynek előrehaladása 0,563 mm a korongbalta késtartó korongjának egy fordulata alatt. Tekintettel arra, hogy 8 késtartó van a korongon, amelyből kettőt a ritz kés, illetve az ellensúly foglal el; négy, kettő és egy késsel 0,141, 0,281 és 0,563 mm vastagságú forgácsok előállítása lehetséges. A szeletelt forgácsok hosszát a ritz kés osztása szabja meg. A rendelkezésre álló ritz kések osztásai a következők: 10, 18, 24, 28, 32, 36, 40, 50, 60 mm. A korongbalta meghajtására egy 10 kW teljesítményű elektromotor szolgál, amelynek tengelyére van erősítve a késes korong. Ennek fordulatszámja 1400/p. Az előtolómű előrehaladásánál meghajtását fogaskerék áttételen keresztül a motortengelyről kapja. Ez a kapcsolat egy kézzel működtethető tengelykapcsolóval megszüntethető. Visszahaladásnál az előtolóművet egy kis teljesítményű /0,5 LE/ villanymotor, ékszíj áttétel segítségével működteti.

b/ Kalapácsos daráló a szeletelt forgács utánapritására /szálkásítására/

A kalapácsos daráló 12 kalapácsos rendszerű. Tengelyének fordulatszámja 2500/p. Meghajtására egy 3 kW teljesítményű elektromotor szolgál. A kalapácsos darálóból nyerhető forgács méretei a cserélhető törőbetétekkel szabályozhatók. A cserélhető betétek különböző hosszúságú és szélességű lyukakkal vannak ellátva. A rendelkezésre álló betétek lyukméretei a következők: 60x7, 55x5, 50x7, 50x6, 50x3,5, 35x6, 35x3,5, 26x3 mm.

c/ Lengő sikrosta a forgácsfrakciók szétválasztására

A sikrosta mozgatására egy 2,2 kW teljesítményű elektromotor szolgál, ékszij áttétel és forgattyus hajtómű közbeiktatásával. A forgattyus tengely fordulatszámja 190/p. A lengőrosta lökethossza 100 mm. A különböző méretű forgácsok egyidejűleg két rostával választhatók szét, amelyek cserélhetők. A cserélhető rosták lyukméretei: 10, 7, 5, 3, 2 és 0,5 mm.

d/ Forgórosta a forgácsfrakciók szétválasztására

A forgórosta két körhenger alakú rostabetéttel van ellátva. A belső lyukmérete 5 mm, a külső lyukmérete 1,5 mm. A rostabetétek a tengelyvonalukban levő tengellyel együtt forognak, 90/p fordulatszámmal. A forgórosta meghajtására fogaskerék áttétel közbeiktatásával egy 1 LE teljesítményű elektromotor szolgál.

e/ Szakaszos üzemi keverőgép a kötőanyag és a forgács összekeverésére

A keverőgép vályu alakú forgatható dobjának középvezetékében helyezkedik el a három keverőkarral ellátott tengely. A keverőkarak egymáshoz viszonyítva 120° -ra eltolva helyezkednek el. A keverőkarak egymástól való távolsága változtatható. A karok végén a keverőtengellyel 45° -os szöveget bezáró fogazott lapátok helyezkednek el. A keverőgép térfogata: $V = 0,12 \text{ m}^3$, tervezett töltési foka: 0,25. A keverőgép illeszthető vályujának szélessége 0,4 m, magassága 0,57 m, hossza 0,58 m. A billenthető vályu a keverőtengely körül fordítható el és három helyzetben /zárt, félig nyitott, nyitott/ rögzíthető. A keverőtengely fordulatszámja egy fokozat nélküli sebességváltóval, amely a meghajtómotor és a keverőgép közé van kétszeres ékszij áttétellel közbeiktatva, 53 és 212 ford/perc között, tetszés szerinti értékre beállítható. A keverőtengely fordulatszámja a kísérletek folyamán a 106 ford/perc értékre volt beállítva. A kötőanyag felhordása Kovács-féle légsodrásos, örvényáramú, szekunder levegős porlasztóval történt. Ebből 2 db-ot alkalmaztunk a porlasztás egyenletesebbé tétele céljából. A keverőgép motorjának teljesítménye 1,1 LE. Az erőátvitel fokozat nélküli sebességváltón és kétszeres ékszij áttételen keresztül történik. A porlasztáshoz szükséges süritett levegőt egy hordozható, elektromotoros / $N = 3,7 \text{ kW}$ / meghajtású dugattyús kompresszor szolgáltatja. A süritett levegő nyomása maximálisan 7 at, üzemi nyomása 4 at.

f/ Különböző méretű terítőkeretek a forgács kézi elterítéséhez

A terítőkeretek fából készültek, 140 mm magassággal, 200 x 200, 300 x 300 és 315 x 380 mm-es méretben.

g/ Kézi működtetésű csavarorsós hidegprés az elterített forgácslap tömörítéséhez

A prés 1 db lapos menetű orsóval van ellátva. Lap-mérete 40x40 cm, nyílás-magassága 40 cm. Fajlagos nyomása kb. 1 kg/cm².

h/ Hidraulikus hőprés a forgácslapok préselésére

A hőprés keretszerkezete két lemezből áll, amelyek csavarokkal vannak keresztirányban összefogatva. Egy dugattyúval rendelkezik, amelynek átmérője 200 mm. A dugattyúhoz rögzített fűtőlap mérete 45 x 50 cm. A maximálisan megengedhető nyomás a dugattyúra 300 at. A fűtőlapon így a maximális fajlagos felületi nyomás 41,8 kg/cm². A hőprés kb. 100 tonna erőt tud kifejteni. A prés működtetésére olajszivattyú szolgál, amelynek egy alacsony és egy magas nyomású dugattyúja van. Az egyik dugattyúról a másikra való átkapcsolás önműködően történik. Az olajszivattyú meghajtására egy 3 LE teljesítményű elektromotor szolgál, szíjhajtás közbeiktatásával.

A préslapokat elektromos fűtés fűti, amelyet önműködő hőfok-szabályozó szabályoz 100-200 C^o határok között. Az alsó és a felső fűtőlap hőfokának mérése és szabályozása külön-külön történik.

i/ A forgács nedvességtartalmának megállapítására olajfészes laboratóriumi gyorsmérleg és 250 Wattos infralámpa szolgál.

A laboratóriumi mérleg mérés határa 0-200 g, a skála-beosztás terjedelme 0-10 g, az egyes beosztások 0,1 grammosak.

j/ Mérleg a forgács súlyának, a készlapok súlyának mérésére és a kötőanyag sulyszerinti adagolására. Méréshatára 0-20 kg.

Skála-terjedelme 0-1 kg. Skála-beosztása 1 dkg-os.

k/ Szakitógép a hajlítási próbatestek levizsgálásához

A szakitógép AVK típusú. A vizsgálatok folyamán 0-1000 kg hajlítóerő kifejtésére alkalmas fokozattal működtettük.

A kísérleteknél felhasznált anyagok ismertetése

A Klauditz-féle összefüggés ellenőrzése során lucfenyő rönkvéget használtunk fel. A további kísérletek folyamán nyár, cser és bükk rönkvégből készítettünk forgácsot. Kötőanyagként mindvégig azonos karbamid-formaldehid típusu műgyantát alkalmaztunk.

A felhasznált anyagokat részletesen az alábbiakban ismertetjük:

a/ Karbamid-formaldehid típusu műgyanta. Aminóplaszt műgyanta, karbamidnak /aminóvegyület/ savas közegben formaldehid-del képzett polikondenzációs terméke. Vizben oldható, de a kondenzáció teljes végbemenetele után már oldhatatlan. A teljes kondenzáció hő hatására megy végbe, amikor is az anyag megszilárdul /kikeményedik/. A kísérletek folyamán felhasznált műgyanta szárazanyagtartalma 58-60 % között változott. Fajsúlya 1200 kg/m^3 volt. Viskozitása kb. 600 cP.

b/ Lucfenyő. Jól hasadó, rugalmas, kevésbé vetemedő fa. Színe fehér, esetleg gyengén rózsaszínű vagy sárga. Fája nagyon lágy, könnyű. Térfogatsúlya légszáraz állapotban átlagban $0,47 \text{ g/cm}^3$. A kísérletek folyamán szeletelt cél-forgácsként alkalmaztuk különböző hosszúságú és vastagsági méretekkel.

c/ Vegyes nyár, főleg kanadai és fehér nyár.

Fehér nyár: Sima kérgű fehér szijácsu, sárgásbarna gesztű, nagyon könnyű, lágy fa.

Kanadai nyár: Vörösesfehér szijácsu, szürkés gesztű, nagyon könnyű, lágy fa. A felhasznált nyár faanyagok térfogatsúlya légszáraz állapotban átlagban $0,39 \text{ g/cm}^3$. A felhasznált nyár szórt likacsu, hosszú rostu fa.

d/ Bükk. Szórt likacsu, rövid rostu fa. Színe sárgás, pirosas, fehér. Fája nehéz, kemény, rugalmas, szívós, könnyen hasadó. Térfogatsúlya légszáraz állapotban átlagban $0,73 \text{ g/cm}^3$.

e/ Cser. Gyűrűs likacsu fa. Gesztje vörösesbarna, szijácsa szürkés sárgásfehér. Fája nehéz, kemény, jól hasadó, rugalmas. Térfogatsúlya légszáraz állapotban átlagban $0,85 \text{ g/cm}^3$.

A felsorolt lombos faanyagokat /nyár, bükk, cser/ korongbaltán szeletelt cél-forgácsként alkalmaztuk.

A mérési módszerek és elméleti alapjuk ismertetése

A kísérletek folyamán mértük a gyártott forgács vastagságát és hosszát, az alakisági tényező megállapításának céljából. Vizsgáltuk a forgács nedvességtartalmát, valamint a kötőanyag felhordás egyenletességét. Az elkészült lapoknál mértük a lapok térfogatsúlyát, hajlítószilárdságát, vízfelvételt, valamint vastagsági dagadását.

a/ A forgács alakisági tényezőjét az alábbi módszerrel határoztuk meg:

Az egy sorozathoz szükséges forgácsból mintát véve, 270 db forgács vastagságát és hosszát 0,01 mm osztású mikrométerrel mértük le. A vastagsági és hosszúsági mérés eredményeit külön-külön Gauss-féle haranggörbébe hordtuk fel. A haranggörbék megadták az átlagos vastagsági és hosszúsági méreteket. Ezért az utóbbit vettük figyelembe az alakisági tényező számításánál. Ennek a mérési módszernek előnye, hogy a haranggörbéből könnyen megállapíthatók a méretszórás határai és az elvérő értékek mennyisége.

b/ A forgács nedvességtartalma meghatározásának módszere.

A forgács nettó nedvességtartalmát súlyállandóságig való szárítással határoztuk meg. A vizsgálat folyamán a szárítást 105 C^o-on végeztük, 10 perces időtartammal. Ugyanis túl hosszú szárítási idő alatt nemcsak a nedvességtartalom, hanem a fa illó anyagai is eltávoznak, ami meghamisítja a mérési eredményeket.

c/ A kötőanyag felhordás egyenletességének vizsgálati módszere. A keverendő forgács nedvességtartalmát súlyállandóságig való szárítással határoztuk meg. A nedvességtartalom megállapításánál a forgácsot elterítettük, majd négy helyről mintát vettünk. A minták nedvességtartalmát megállapítva megkaptuk a forgács átlagos nedvességtartalmát. Ezután a forgácsot összekevertük a kötőanyaggal. A bekevert forgácsot elterítve ismét négy helyről mintát vettünk. A négy minta nedvességtartalmát megállapítottuk. Az egyes minták és a forgács eredeti átlagos nedvességtartalom közötti különbség a kötőanyag felhordás közben felvitt víz következménye. A vizsgálat folyamán nem számítottuk ki a ténylegesen felvitt kötőanyag mennyiségét és annak szórását,

hanem a nedvességnövekedést vizsgáltuk, mert a kötőanyaggal felvitt víz mennyisége arányos a kötőanyag mennyiségével, és így kevesebb számítást végezve kisebb a hibalehetőség. A vizsgálatnál az egyes minták nedvességnövekedését összegezve és a minták számával osztva nyertük az átlagot. A szórás a terjedelemből számítottuk és a nyert szórásértéket az átlaghoz viszonyítva nyertük a százalékos szórásat.

A ténylegesen felvitt kötőanyag mennyiségét az eredeti forgács nedvesség és a gyanta nedvességtartalmának ismeretében könnyen számíthatjuk, a felhordás után történő leszárítás eredménye alapján.

A gyantatartalom számítására a következő képletek szolgálnak:

$$x = \frac{G - (1 + \varphi) \cdot G_0}{\psi - \varphi} \text{ /grammban/}$$

$$g = \frac{x}{G_0 - x} \cdot 100 \%$$

ahol x = a felhordott gyanta szárazanyag, g

G = a mért keverék súlya, g

G_0 = a keverék atrósúlya, g

φ = a forgács átlagos nedvességtartalma keverés előtt, nettó %/100

ψ = a gyanta nedvességtartalma keverés előtt nettó %/100

g = a keverék gyantatartalma, %.

d/ A készített lapok hajlítószilárdságának vizsgálata. A hajlítószilárdságot négyszögletes hasábok törése után határoztuk meg. A két helyen alátámasztott próbatestre középen hatott a hajlítóerő. Tekintettel arra, hogy a megállapított hajlítószilárdsági érték függ a próbatest méreteitől, a kísérletek folyamán a próbatestek méreteinél a DIN 52362 szabvány előírásait vettük figyelembe.

A próbatesteket 19 mm vastagságu lapokból alakítottuk ki, amelyekből 100 mm széles és 300 mm hosszú próbatesteket vettünk ki. A szilárdsági vizsgálat során az alátámasztási távolság 240 mm volt. A hajlítószilárdság értékét a következő képletből számítottuk ki:

$$\sigma_h = \frac{3 P l}{2 s v^2} \text{ kg/cm}^2$$

ahol P = a nyomóerő a törés pillanatában, kg

l = alátámasztási távolság, cm

v = próbatest vastagsága, cm

s = próbatest szélessége, cm.

e/ Vizfelvételi vizsgálat módszere. A vizfelvételi vizsgálat során 150 x 150 mm méretű lapokat alkalmaztunk próbatestként. A próbatesteket lemértük súly és vastagság szerint.

Öt helyen mértük a lap vastagságát mérőórás mikrométerrel, 0,01 mm pontossággal. A mérések helye az átlók metszéspontjában és az átlókon 40 - 40 mm távolságban a metszésponttól. A mérési helyeket megjelöltük, hogy az áztatás után azonosíthatók legyenek.

A lapok súlyát 1 gramm pontossággal mértük.

A vizfelvételi vizsgálat során a lapokat élükre állítva merítettük viz alá úgy, hogy a vízszint felső szélük felett kb. 2-3 cm-re legyen. A lapokat 1/2 óra hosszat 20 C^o-os víz alatt tartottuk, majd utána a vizet eltávolítva, újra lemértük a vastagságukat és súlyukat. A két érték közötti különbséget a száraz állapotban mért értékhez viszonyítva nyertük a %-os súly-, illetve vastagság növekedését.

f/ A térfogatsúly meghatározásának módszere. A térfogatsúly megállapítására a vizfelvételnél alkalmazott próbatesteket használtuk fel. A lapok vastagságát és súlyát a megadott módszer szerint mértük. A lapok szélességét és hosszát tolómércével, 0,1 mm pontossággal mértük le. A mért súlyt a lap térfogatával osztva nyertük a lap térfogatsúlyát.

g/ A forgács aprítódás meghatározási módszere. A forgács aprítódásának összehasonlítási alapként a korongbaltán készített forgács hosszmeretét vettük figyelembe. A szeletelt forgácsot a kalapácsos darálóban való aprítás után megfelelően kirostálva frakciók szerint osztályoztuk. Az egyes frakciókból mintát véve 270-270 db forgács hosszát lemértük és a mérési eredményeket Gauss-féle haranggörbébe hordtuk fel. Így megkaptuk az átlagos hosszmeretet és az attól való eltérést. Az eltérő értékeket az átlaghoz viszonyítva kaptuk a nyert érték szórását.

Az elvégzett kísérletek leírása

A forgácsolási vizsgálat ismertetése

A témával kapcsolatban az első lépés volt a megfelelő forgácsméretek biztosítása. A forgács vastagságának biztosítására a korongbaltán gyártott forgácsokat vetettük vizsgálat alá. A forgácsokat a leírt módszerrel vizsgáltuk. A vizsgálat folyamán a továbbiakban együttesen alkalmaztuk a korongbaltát és a kalapácsos darálót.

Az utánapritási vizsgálat ismertetése

A vizsgálat folyamán csak a forgácsok hosszának változását mértük. A vizsgálat folyamán a korongbaltán szeleteit különböző hosszúságú forgácsot a kalapácsos darálóban különböző betétekkel aprítottuk. Ezen kívül a lengő sikrosta alkalmazhatóságát, különböző hosszúságú forgácsok mellett, különböző rostabetétek használatával vizsgáltuk.

A vizsgálat folyamán a kalapácsos daráló vizsgálatánál az alábbi törőbetéteket alkalmaztuk:

Ritz-kés osztása, mm	Betét lyukmérete, mm
40	60 x 7, 55 x 5, 50 x 6, 50 x 3,5
32	50 x 6, 50 x 3,5, 35 x 6, 35 x 3,5
24	50 x 3,5, 35 x 6, 35 x 3,5, 26 x 3
18	35 x 6, 35 x 3,5, 26 x 3

A lengőrosta vizsgálatánál a por leválasztására két mm lyukméretű rostát alkalmaztunk.

A forgácsfrakciók szétválasztására az alábbi lyukméretű rostákat használtuk:

Ritz-kés osztása, mm	Szita lyukmérete, mm
40	10 - 5
32	10 - 5
24	10 - 5
18	10 - 5

A méréseket matematikai statisztikai úton, haranggörbe felvételével és szórásvizsgálattal értékeltük ki.

A Klauditz-féle görbe reprodukálására végzett kísérlet ismertetése

A Klauditz-féle alakisági tényező és a hajlítoszilárdság közötti összefüggést megadó görbe ellenőrzésére fenyőforgácsból készítettünk három rétegű lapokat, a fedő és a belső rétegben azonos alakisági tényezőjű forgácsokkal.

Tekintettel arra, hogy az ellenőrzendő görbénél csak a forgács hossza és vastagsága van figyelembe véve, mivel a kísérletek azonos faanyaggal /fenyő/ folytak, az ellenőrző mérés folyamán mi is csak a forgács hosszát és vastagságát vettük figyelembe.

A vizsgálat folyamán szálkás forgáccsal dolgoztunk, amelyet úgy állítottunk elő, hogy a korongbaltán különböző osztású /18, 24, 28, 32, 40 mm/ ritz-késekkel készítettünk forgácsot, amelyet a kalapácsos darálón szálkásítottunk. A kalapácsos darálóból nyert forgácsot egy 10 mm és egy 2 mm lyukméretű szitán engedték át. A kísérlet folyamán a 2 mm-es szitáról lejtő forgácsot használtuk fel. Ellenőrzésképpen a 10 mm-es szitán fennmaradó forgácsból /28 és 40 mm osztású ritz-késsel vágva/ is készítettünk lapokat.

A forgácsok átlagos hosszát és vastagságát haranggörbe felvételével állapítottuk meg.

A forgács vastagsága a mérések folyamán átlagosan 0,35 mm volt.

Egy forgács alakiság mellett 3 db lapot készítettünk és mindegyikből 2 db szilárdsági próbatestet vettünk ki. A hajlítoszilárdsági adatokat az alakisági tényező függvényében felhordva nyertük az összehasonlításhoz szükséges görbét.

A kísérlet folyamán fenyőből készített lapok fő adatai:

A fedő és a belső forgács aránya	25/75
A fedő forgács nedvességtartalma	5 %
A belső forgács nedvességtartalma	5 %
A fedőréteg gyantatartalma	12 %
A belsőréteg gyantatartalma	8 %
A gyanta szárazanyagtartalma	59 %
A készített lapok térfogatsúlya	600 kg/m ³
A készített lapok vastagsága	19 mm

Préshőfok	160 C°
Présidő	12 perc
Prés zárási idő	kb. 60 nap
Prés zárási nyomás	kb. 140 att.

A kötőanyag felhordási vizsgálat ismertetése

A kötőanyag felhordási vizsgálat során nyár, bükk és cser forgáccsal végeztünk kísérleteket. A kísérlet célja a kötőanyag-eloszlás egyenletességének megállapítása, a hajlítózsilárdság szórásának megállapítása és a két jelenség közötti összefüggés meghatározása volt különböző fafaj, forgácméret és forma mellett.

A kísérlet folyamán a kötőanyag-eloszlás szórását a már ismertetett módon vizsgáltuk egy-egy lapon belül. Egy forgácstipusnál 9 mérést végeztünk és ezeket átlagoztuk. Az így nyert átlag megadta a forgácstipusra vonatkozóan a kötőanyag felhordás szórását is.

A hajlítózsilárdság mérésére a kész lapokból egy-egy próbatestet vettünk ki és ezeket vizsgáltuk. Egy forgácstipusra 9 eredményt nyertünk és ezekből állapítottuk meg az átlagot és az átlagra vetített százalékos szórást.

A kötőanyag felhordás egyenletessége és a hajlítózsilárdság szórása közötti összefüggés meghatározására az egy forgácstipusra vonatkozó szórásokat hasonlítottuk össze.

A forgácstípus és a fafaj hatásának szempontjából a hajlítózsilárdságra vonatkozó mérési adatokat hasonlítottuk össze.

A vizsgálat folyamán az alkalmazott forgácstípusok egységesen 0,4 mm névleges vastagsággal, négy késsel vágva készültek.

A készített lapok felsorolása

- 18 mm hosszú, lapkás nyár forgácsból
- 40 mm hosszú, lapkás nyár forgácsból
- 40 mm hosszú, szálkás nyár forgácsból
- 40 mm hosszú, szálkás bükk forgácsból
- 40 mm hosszú, szálkás cser forgácsból

készült 9-9 db homogén lap.

A készített lapok fő adatai

Lapvastagság	19 mm
Térfogatsúly	550 kg/m ³
Gyantatartalom	10 %
Gyanta szárazanyagtartalom	60 %
Forgács nedvességtartalma	12 %
Prés hőfok	160 C ^o
Prés idő	12 perc
Prés zárási idő	átl. 0,8 perc
Prés zárási nyomás	átl. 110 att.

Nyár, cser és bükk forgácsokkal a térfogatsúly szerepének vizsgálatára végzett kísérlet ismertetése

Nyár forgáccsal végzett vizsgálatok. A vizsgálatokhoz 40 mm osztású ritz késsel, két késsel vágott, 0,4 mm névleges vastagságú nyár lapkás forgácsot használtunk fel. A vizsgálatokat három térfogatsúlyon /450, 600, 750/ készült homogén lapokkal végeztük.

A lapok gyantatartalma 10 %, a forgács nettó nedvességtartalma 12 %, a gyanta szárazanyagtartalma 60 % volt. A kísérletek folyamán a 450 és a 750 kg/m³ térfogatsúlyu lapokhoz felhasznált forgács nedvességtartalma 12,62 % volt, ami kb. megfelelt az előírt 12 % nedvességtartalomnak. A 600 kg/m³ térfogatsúlyu lapokhoz felhasznált forgács nedvességtartalma 10 % volt, így ezt az előírt 12 %-ra fel kellett nedvesíteni.

A forgács nedvesítése a keverőben történt, és utána közvetlenül lett felhordva a műgyanta.

A felhasznált gyanta viszkozitása átlag 550 cP volt.

A gyanta felhordása 5 att nyomáson történt.

A készült lapok préselési adatai:

Térfogatsúly	450	600	750 kg/m ³
Prés zárási nyomás	70	110	195 att
Prés zárási idő	30	40	108 mp
Prés idő	12	12	14 perc

Az elkészült lapoknak térfogatsúlyát, vízfelvételt, vastagsági dagadását és hajlítószilárdságát vizsgáltuk. Egy lapból

1 db 10 x 30 cm méretű hajlítoszilárdsági és 1 db 15 x 15 cm vizállósági próbatestet vettünk ki.

Cser forgáccsal végzett vizsgálatok. A vizsgálatokhoz 40 mm osztású ritz késsel, két késsel vágott, 0,4 mm névleges vastagságú cser lapkás forgácsot használtunk fel. A vizsgálatokat 4 térfogatsulyon /450, 600, 750, 900 kg/m³/ homogén lapokkal végeztük.

A lapok gyantatartalma 10 %, a gyanta szárazanyag-tartalma 50 %, viszkozitása 500 cP volt.

A felhasznált forgács nedvességtartalma 8,1 % volt, ezért az előírt 12 %-ra fel kellett nedvesíteni. A forgács nedvesítése a keverőben történt, ami után közvetlenül lett felhordva a műgyanta. A gyanta felhordása 5 att nyomáson történt.

A készített lapok préselési adatai:

Térfogatsuly	450	600	750	900 kg/m ³
Prés zárási nyomás	45	100	170	230 att
Prés zárási idő	12	27	82	128 mp
Prés idő	12	12	14	18 perc

A négy térfogatsulyon elkészített lapoknak vízfelvételt, vastagsági dagadását, térfogatsulyát és hajlítoszilárdságát vizgáltuk. Egy lapból 1 db 10 x 30 cm méretű hajlítoszilárdsági és 1 db 15 x 15 cm méretű vizállósági próbatestet vettünk ki.

Bükk forgáccsal végzett vizsgálatok. A vizsgálatokhoz 40 mm osztású ritz késsel, két késsel vágott, 0,4 mm névleges vastagságú bükk lapkás forgácsot használtunk fel. A vizsgálatokat 6 térfogatsulyon /450, 600, 750, 900, 1050, 1200 kg/m³/ készült homogén lapokkal végeztük. A lapok gyantatartalma 10 %, a gyanta szárazanyag-tartalma 60 % volt.

A kísérletek folyamán a 450 kg/m³ térfogatsulyu lapokhoz felhasznált forgács nedvességtartalma 5 % volt, ezért az előírt 12 %-ra fel kellett nedvesíteni. A 600 kg/m³ térfogatsulyu lapokhoz felhasznált forgács nedvességtartalma 12,6 %, a 750 kg/m³ térfogatsulyu lapokhoz felhasznált forgács nedvességtartalma 14,2 %, a 900 kg/m³ térfogatsulyu lapokhoz felhasznált forgács nedvességtartalma 15 % volt. Ezen forgácsokat változtatás nélkül használtuk fel, azonban a 900 kg/m³ térfogatsulyu lapok prés

idejét a magasabb nedvességtartalom miatt 20 percre hosszabbítottuk meg. Az 1050 és 1200 kg/m³ térfogatsúlyu lapok nedvességtartalma 12,6 % volt. A forgács nedvesítését a keverőben végeztük el és közvetlenül ezután hordtuk fel a műgyantát.

A felhasznált gyanta viszkozitása 550 cP volt.

A gyanta felhordása 5 att nyomáson történt.

A készített lapok préselési adatai:

Térfogatsúly	450	600	750	900	1050	1200 kg/m ³
Prés zárási nyomás	60	70	110	200	250	250 att
Prés zárási idő	21	45	55	90	180	240 mp
Prés idő	12	12	14	20	20	22 perc

A készített lapokból 1 db 10 x 30 cm méretű hajlítószilárd-sági és 1 db 15 x 15 cm méretű vizállósági próbatestet vettünk ki.

A készített lapoknak a térfogatsúlyát, vízfelvételét, vastagsági dagadását és hajlítószilárdságát vizsgáltuk.

A mérési adatok ismertetése és az ezekből levonható következtetések

Az előállított forgácsok alakiságának szórása, különös tekintettel az aprítógépre

Az aprítási kísérletek során vizsgálatokat végeztünk a különböző fafajok forgácsolhatóságára, külön-külön és együttesen alkalmazva a Kísérleti Üzemben használt korongbaltát és kalapácsolós darálót.

A korongbaltá vizsgálata során gőzölt nyár rönkvéget dolgoztunk fel, amelynek nedvességtartalma 4 órai gőzölés után 60 % /abszolút száraz sulyra vetítve/ volt. A vizsgálatok során használt ritz-kés osztása 18 mm volt. A kísérlet során a korongbaltá 4 késsel üzemelt.

A vizsgálatok folyamán megállapítást nyert, hogy a forgácsok hosszmérete mindig megegyezik a ritz kés osztásával és attól maximálisan 10 %-ban tér el. A vastagsági méretekben viszont igen nagy eltérés volt tapasztalható, ennek következtében az alakisági tényező értéke a következők szerint alakult:

	Ált.	Max.	Min.
1/v =	81,8	180	60

Az alakisági tényező szórása:

$$\frac{180 - 60}{81,8} \cdot 100 = \frac{120}{81,8} \cdot 100 = 146,5 \%$$

A vizsgálat eredménye alapján megállapítottuk, hogy a jelenlegi rendszerű mechanikus vagy hidraulikus előtolómű alkalmazása esetén nem lehet egyenlő vastagságú forgácsokat szeletelni.

A kísérletek folyamán különböző fafajokból is gyártottunk forgácsot. A mérési eredmények alapján megállapítottuk, hogy a gyártott nyár forgács átlagos vastagsága: 0,38 mm, hossza 37 mm, 1/v aránya 98 volt. A cser forgács átlagos vastagsága 0,47 mm, hossza 37 mm, 1/v aránya 79 volt. A bükk forgács átlagos vastagsága 0,293 mm, hossza 36,1 mm, 1/v aránya 123 volt. Bizonyos mértékben tehát a fafaj is befolyásolja a forgács méreteit, mivel a korongbalta beállítása minden esetben azonos volt. Megállapítható volt, hogy a nehezebb lombos fafajok szeletelésekor a forgácsok a száliránnyal párhuzamosan is töredezték és így a cser és a bükk forgács egy része szálkás formában volt nyerhető.

A további kísérletek folyamán együttesen alkalmaztuk a korongbaltát és a kalapácsos darálót. A korongbaltán különböző hosszúságú forgácsokat gyártottunk és a kalapácsos darálóban azonos betéten engedték át. A kalapácsos darálóban 50 x 6 mm lyukméretű betétet alkalmaztunk. A vizsgálat folyamán megállapítottuk, hogy közel azonos hosszúságú forgácsokat kaptunk annak ellenére, hogy a korongbaltán különböző hosszúságú forgácsokat gyártottunk. A tervezett és a tényleges hosszak közötti eltérést az 1. táblázat adja meg.

1. táblázat

Tervezett és tényleges forgács hosszak számkésítés után, fenyőforgács esetében

Sor- szám	Tervezett hossz /mm/	Mért hossz /mm/	Átlagos l/v arány /v = 0,35 mm/
1.	2.	3.	4.
1	18	17,10	48,9
2	24	19,45	55,6
3	28	22,20	63,4
4	32	23,10	66,0
5	40	26,80	76,6
6	28	24,90	71,1
7	40	34,40	98,3

Az 1. táblázatban szereplő különböző forgácsok közül az 1-5. jelzésű forgácsokat a kalapácsos daráló utáni rostálásnál a 2 mm-es lyukméretű szitáról, a 6-7. jelzésű forgácsokat pedig a 10 mm-es lyukméretű szitáról nyertük.

A rostálásnál megállapítottuk, hogy a forgács nagy többsége a 2 mm-es lyukméretű szitán, míg a 10 mm-es szitán a lerostált mennyiségnek csak mintegy 10 %-a maradt fenn.

Az aprítási vizsgálat folyamán az alábbiakat állapítottuk meg: Tekintettel arra, hogy a kalapácsos daráló alkalmazásánál /szakitásánál/ a forgácsok hossz méretét, amint az 1. táblázat adataiból is kitűnik, nem tudjuk előre pontosan beállítani /azonos betétméretnél/, a további vizsgálatok során célszerű lapkás forgáccsal dolgozni, mivel ennek hosszát a ritz kés osztása egyértelműen meghatározza.

Az utánaprítás hatására végzett vizsgálat eredményei

Az utánaprítás hatására a kalapácsos daráló betétei lyukméretének megváltoztatásával, különböző forgács hosszak mellett végzett vizsgálat eredményei a 2. táblázatban találhatóak. A vizsgálatok nyár forgáccsal történtek.

2. táblázat

A kalapácsos daráló vizsgálati eredményeinek összesítése

Ritz kés- mére- te /mm/	Betét lyuk- mérete /mm/	m /mm/	\bar{x} /mm/	A forgácsok megoszlása az egész meny- nyiség %-ában				
				Forgács hosszmérete /mm/				
				45-35	35-25	25-15	15-5	5-0
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
40	60x7	39	31,55	37,45	39,25	22,56	0,74	0,00
	50x6	40	27,95	27,05	31,48	35,43	5,94	0,00
	50x5	25	26,90	21,47	32,25	41,46	4,82	0,00
	50x3,5	25	23,80	13,79	18,50	56,20	11,51	0,00
32	50x6	33	25,30	2,96	49,68	32,17	15,19	0,00
	50x3,5	30	21,95	1,48	39,58	32,63	25,57	0,74
	35x6	32	20,30	2,96	40,74	34,06	21,87	0,37
	35x3,5	22	18,80	1,11	20,36	38,57	39,59	0,37
24	50x3,5	24	19,85		2,96	80,01	17,03	0,00
	35x6	24	21,52		4,08	86,95	8,87	0,00
	35x3,5	22	18,24		0,74	68,52	30,74	0,00
	26x3	24	17,80		2,59	61,91	35,45	0,00
18	35x6	18	17,30			64,48	35,37	0,15
	35x3,5	16	13,70			45,67	51,85	2,48
	26x3	15	13,25			38,22	58,75	3,03

Megjegyzés: A táblázatban szereplő forgácsok szátkásítás után 2 mm lyukméretű szitán maradtak fenn.

A kalapácsos daráló vizsgálata folyamán nyert eredményekből megállapítható, hogy a betét mérete jelentős mértékben befolyásolja a forgács aprítódását. A legkisebb mértékű aprítódás elérésére általában a forgács hosszának 1,5-2-szeresét kitevő lyukméretet kell választani. Ennél kisebb vagy nagyobb lyukméret a forgács aprítódásával jár, mint az a 2. táblázat adataiból is kitévő. Azonban nemcsak a lyuk hosszmérete, hanem szélessége is

nagymértékben befolyásolja az aprítódást. Minimális méretként, valamennyi hossz mellett a 6 mm adódott.

Az egyes forgácshosszak melletti megoszlási értékeket összehasonlítva megállapítható, hogy a 40 és 32 mm hosszúságu forgácsok erősen aprítódnak. Jelentősen kisebb mértékű aprítódás volt tapasztalható a rövidebb, különösen a 24 mm hosszú forgácsoknál.

Megjegyzendő, hogy nem a legrövidebb /18 mm hosszú/, hanem a közepes /24 mm hosszú/ forgácsoknál adódott a legkisebb mértékű aprítódás. A mérések alapján megállapítható volt a különböző forgácsméretekre alkalmasan használható rostabetétek mérete.

A fenti vizsgálatok alapján kezdtünk hozzá az utánaprítási vizsgálat következő szakaszához, a rostálási vizsgálathoz. A rostálási vizsgálat szerves kiegészítője az aprítódási vizsgálatnak. Feltételezhető ugyanis, hogy a kalapácsos daráló egy adott betétmérete mellett is különböző forgácsfrakciók nyerhetők, a frakcionáláskor megválasztott szitaméreteknek megfelelően.

A kalapácsos daráló vizsgálata során meghatározott legkedvezőbb lyukméretű betétekkel történt utánaprítást követő, különböző lyukméretű szitákon való rostálás után a forgácsok méreteinek megoszlására vonatkozó eredményeket a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat

A lengőrosta vizsgálati eredményeinek összesítése

Ritz kés- mére- te /mm/	Betét lyuk- mérete /mm/	Szita méret /mm/	m	\bar{x}	A forgácsok megoszlása az egész mennyiség %-ában				
					Forgács hosszmérete /mm/				
					45-35	35-25	25-15	15-5	5-0
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
40	60x7	10	39	32,22	50,04	34,46	14,82	0,74	0,00
40	60x7	5	20	26,46	16,66	31,50	45,50	7,79	0,00
32	50x6	10	33	31,48	8,16	82,15	9,64	0,00	0,00
32	50x6	5	30	25,77	2,59	54,78	31,46	10,37	0,00
24	35x6	5	24	20,74	0,00	4,44	84,80	10,74	0,00
18	35x6	5	18	15,98	0,00	0,00	80,13	20,39	0,00

A 3. táblázat adataiból megállapítható, hogy az előírt hosszmeretű forgácsok nagyobb mennyiségű jelenléte a szitaméret megfelelő megválasztásával biztosítható. A kalapácsos darálóval végzett vizsgálatoknál nyert mérési adatok 2 mm lyukméretű szitán kirostált forgácsra vonatkoztak. Ha összehasonlítjuk ezekkel az adatokkal az 5 és 10 mm lyukméretű szitán fennmaradó forgácsok adatait, akkor megállapítható, hogy a kívánt hosszmeret köré csoportosuló forgácsok százalékos aránya milyen mértékben változik. Az összehasonlítás eredményei a 4. táblázatban találhatóak.

A 4. táblázat eredményeit vizsgálva megállapítható, hogy a 40 mm-es ritz késsel vágott forgácsnál a 10 mm-es szita használata 34 %-os javulást eredményezett. A 32 mm-es forgácsnál az 5 mm-es szita alkalmazása 10 %-os, míg a 10-es szita 65 %-os javulást eredményezett. A 24 mm-es és a 18 mm-es forgácsnál csak az 5 mm-es szitát vizsgáltuk. A 24 mm-es forgácsnál nem jelentett lényeges változást, míg a 18 mm-esnél 24 %-os javulás mutatkozott.

4. táblázat

a kívánt forgács-hossz %-os mennyiségének változása a szitaméret változásának függvényében

Ritz- kés- méret /mm/	Forgács- hossz /mm/	S z i t a m é r e t					
		2 mm		5 mm		10 mm	
		%-os menny.	%	%-os menny.	%	%-os menny.	%
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
40	45-35	37,45	100,00	-	-	50,04	134,0
32	35-25	49,68	100,00	54,78	110,00	82,15	165,0
24	25-15	86,95	100,00	84,80	98,00	-	-
18	25-15	64,48	100,00	80,13	124,00	-	-

Az utánaprítási vizsgálat eredményeit összefoglalva megállapítható, hogy a kalapácsos daráló betéteinek lyukmérete a forgács hosszának 1,5-2-szerese, szélessége pedig legalább 6 mm le-

gyen. A forgács frakcionálására használt szita lyukmérete legalább a forgács hosszának $1/3$ -a legyen.

A Klauditz-féle görbe reprodukálhatósága

A Klauditz-féle alakisági tényező és a hajlítoszilárdság közötti összefüggést kifejező görbe ellenőrzésére végzett vizsgálatok során nyert eredményeket az 5. táblázat tartalmazza.

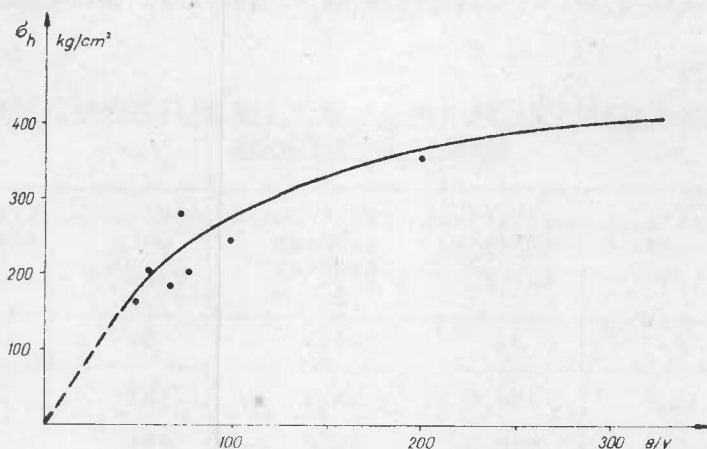
5. táblázat

A forgács alakisági tényezője és a lap hajlítoszilárdsága közötti összefüggés

Sorszám	Alakisági tényező $1/v$	Hajlítoszilárdság kg/cm^2	Hajlítoszilárdság szórása %	Térfogatsúly kg/m^3	Alakiasági szám
1.	2.	3.	4.	5.	6.
1.	48,9	168,0	44,7	581	0,289
2.	55,6	202,0	25,0	591	0,342
3.	63,4	210,6	36,5	590	0,357
4.	66,0	188,6	14,2	573	0,329
5.	76,6	201,0	8,3	607	0,335
6.	71,1	280,3	23,8	600	0,467
7.	93,8	249,5	31,0	585	0,426
8.	200,7	355,0	22,8	673	0,527

Az 5. táblázatban közölt mérési eredmények alapján megállapítható, hogy a szilárdsági értékek szórása kismértékű és elfogadható. A mérési eredmények azt mutatják, hogy a hajlítoszilárdság értéke az alakisági tényezővel együtt nő. A mérések folyamán közel azonos térfogatsúlyt sikerült biztosítani az utolsó sorozat /8./ kivételével. Az 1-7. jelű méréseknél az átlagos térfogatsúly $589,57 \text{ kg/m}^3$ volt. A térfogatsúly értékének szórása $\pm 21,6 \text{ kg/m}^3$ volt. Az utolsó sorozatnál az átlagos térfogatsúly

673 kg/m³ volt, a szórás pedig $\pm 67,5$ kg/m³, ami még mindig csak ± 10 % eltérést jelent. A mérés folyamán nyert eredmények azt mutatják, hogy a mért szakasz jól egyezik az összehasonlítás alapjául szolgáló görbével. Tehát a további mérések folyamán a különböző fafajok esetében felvett görbét összehasonlíthatjuk a fenyőfára vonatkozó görbével.



2. ábra

A hajlítószilárdság és a forgács hossz-vastagság aránya közötti összefüggés, fenyő forgács esetében, az ellenőrző mérések adatai alapján

A kötőanyag-felhordási vizsgálat eredményei

Kötőanyag-felhordás egyenletességének vizsgálata

A kísérlet folyamán nyert szórási adatokat és feldolgozásukat, forgácstípusok szerint csoportosítva, az alábbiakban közöljük.

I. Forgács: 18 mm hosszú, lapkás nyár.

Az előkészített forgács nedvességtartalmának meghatározása.

Az 1-6. mérés folyamán használt forgács nedvességtartalmának meghatározása:

Bemért mennyiség:	4,00 g			
Száritás után:	3,50	3,60	3,50	3,51 g(x_1)

Átlag: 3,55 g (\bar{x})
 Terjedelem: 3,60-3,50 = 0,1 g (R)
 $A(4) = 0,49$
 Szórás: $A \cdot R = 0,49 \cdot 0,1 = 0,049$ g (s_R)
 Víz tartalom: 4,00-3,55 = 0,45 g (V)
 Százalékos szórás: $2 \cdot s_R(V = 0,098)0,45 = 21,8$ % (S)

A 7-9. mérés folyamán használt forgács nedvességtartalmának meghatározása:

Bemért mennyiség: 4,00 g
 $x_i = 3,67 \quad 3,70 \quad 3,71 \quad 3,72$ g
 $\bar{x} = 3,707$ g
 $R = 3,72 - 3,67 = 0,05$ g
 $s_R = 0,49 \cdot 0,05 = 0,0245$ g
 $V = 4,00 - 3,707 = 0,293$ g
 $S = 0,049/0,293 = 16,7$ %

A gyanta felhordás szórásának számítását a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat

A gyanta-felhordás szórásának meghatározása

Sor-szám	Szárítás utáni minta súly x_i (g)				Átlag \bar{x} (g)	Terjedelem R (g)	Szórás s_R (g)	Vízt. növ. E (g)	%-os szórás S (%)
1.	2.				3.	4.	5.	6.	7.
1.	3,20	3,30	3,30	3,40	3,300	0,20	0,0980	0,250	78,4
2.	3,40	3,44	3,35	3,49	3,420	0,14	0,0686	0,130	105,5
3.	3,39	3,38	3,48	3,50	3,437	0,12	0,0588	0,113	104,0
4.	3,38	3,43	3,48	3,39	3,420	0,10	0,0490	0,130	75,5
5.	3,35	3,41	3,37	3,32	3,362	0,09	0,0441	0,188	46,9
6.	3,32	3,28	3,40	3,32	3,330	0,12	0,0588	0,220	53,5
7.	3,41	3,50	3,42	3,38	3,435	0,12	0,0588	0,272	43,3
8.	3,40	3,40	3,51	3,42	3,432	0,11	0,0538	0,275	39,2
9.	3,45	3,41	3,48	3,40	3,435	0,08	0,0392	0,272	28,8

Megjegyzés: Az 1-6. méréseknél $E = 3,55 - \bar{x}$

A 7-9. méréseknél $E = 3,707 - \bar{x}$

Az átlagos szórás kiszámítása

Az átlagos szórást az egyes szórások /1-9./ értékéből számítottuk ki. Az alsó és felső határt az egyes rész-szórás terjedelméből számított szórásnak az átlaghoz való hozzáadása, illetve kivonása útján számítottuk.

$$S_1 = 78,4 \quad 105,5 \quad 104,0 \quad 75,5 \quad 46,9 \quad 53,5 \quad 43,3 \quad 39,2 \quad 28,8$$

$$\bar{S} = 575,1/9 = 63,9 \%; \quad R = 105,5 - 28,8 = 76,7; \quad A(9) = 0,34$$

$$S_R = 0,34 \cdot 76,7 = 26,08$$

$$FH = \bar{S} + S_R = 63,9 + 26,08 = 89,98 \%$$

$$AH = S - S_R = 63,9 - 26,08 = 37,82 \%$$

II. Porgács: 40 mm hosszú, lapkás nyár.

Az előkészített forgács nedvességtartalmának meghatározása.

1-4. mérés:

Bemért mennyiség: 4,00 g

Szárítás után: 3,78 3,80 3,79 3,80 g

$$\bar{x} = 3,792 \text{ g} \quad R = 3,80 - 3,78 = 0,02 \text{ g} \quad s_R = 0,49 \cdot 0,02 = 0,0098$$

$$V = 4,00 - 3,792 = 0,208 \text{ g} \quad S = 0,0196/0,208 = 9,43 \%$$

A forgácsot száraz volta miatt 12 % nedvességtartalomra nedvesítettük fel, ennek pedig megfelel $x = 3,57 \text{ g}$

5-9. mérés:

Bemért mennyiség: 4,00 g

$x_1 = 3,51 \quad 3,58 \quad 3,68 \quad 3,63 \text{ g} \quad x \quad 3,60 \text{ g}$

$$R = 3,68 - 3,51 = 0,17 \text{ g} \quad s_R = 0,49 \cdot 0,17 = 0,0834 \text{ g}$$

$$V = 4,00 - 3,60 = 0,40 \text{ g} \quad S = 0,1668/0,4 = 41,7 \%$$

A gyanta-felhordás szórásának meghatározását a 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat

A gyanta-felhordás szórásának meghatározása

Sor- szám	Szárítás utáni minta súly x_i (g)				Átlag \bar{x} (g)	Terje- delem R (g)	Szórás S_R (g)	Vizt. növ. E (g)	%-os szórás S (%)
1.	2.				3.	4.	5.	6.	7.
1.	3,21	3,21	3,19	3,14	3,187	0,07	0,0345	0,383	18,0
2.	3,28	3,32	3,31	3,32	3,307	0,04	0,0196	0,263	14,9
3.	3,33	3,41	3,40	3,38	3,380	0,08	0,0392	0,190	41,2
4.	3,40	3,40	3,43	3,40	3,407	0,03	0,0147	0,163	18,1
5.	3,35	3,48	3,48	3,40	3,427	0,13	0,0636	0,173	73,5
6.	3,42	3,50	3,48	3,49	3,472	0,08	0,0392	0,128	61,2
7.	3,43	3,43	3,49	3,48	3,457	0,06	0,0294	0,143	41,2
8.	3,42	3,45	3,45	3,41	3,432	0,04	0,0196	0,168	23,3
9.	3,30	3,33	3,34	3,30	3,317	0,04	0,0196	0,283	13,8

Megjegyzés: Az 1-4. méréseknél $E = 3,792 - \bar{x}$,
az 5-9. méréseknél $E = 3,60 - \bar{x}$.

Az átlagos szórás kiszámítása

Az egyes szórások /1-9./ értékéből számítható az átlagos szórás, valamint a szórás alsó és felső határa.

$$S_1 = 18,0 \quad 14,9 \quad 41,2 \quad 18,1 \quad 73,5 \quad 61,2 \quad 41,2 \quad 23,3 \quad 13,8$$

$$\bar{S} = 33,91 \% \quad T = 73,5 - 13,8 = 59,7 \quad A(9) = 0,34$$

$$S_R = 0,34 \cdot 59,7 = 20,3$$

$$FH = \bar{S} + S_R = 33,91 + 20,3 = 54,21$$

$$AH = \bar{S} - S_R = 33,91 - 20,3 = 13,61$$

III. Forgács: 40 mm hosszú, szálkás nyár.

A nedvesség mérés szórása megállapíthatatlan. A kezdeti nedvességtartalom 11,1 %. Ennek megfelel $x = 3,6$ g.

A gyanta felhordás szórásának számítását a 8. táblázat tartalmazza.

8. táblázat

A gyanta-felhordás szórásának meghatározása

Sorszám	Szárítás utáni minta súly x_1 (g)				Átlag \bar{x} (g)	Terjedelem R (g)	Szórás s_R (g)	Vizt. növ. E (g)	%-os szórás V (%)
1.	2.				3.	4.	5.	6.	7.
1.	3,22	3,29	3,30	3,29	3,2750	0,08	0,0392	0,325	24,1
2.	3,31	3,38	3,41	3,40	3,3750	0,10	0,0490	0,225	43,5
3.	3,44	3,45	3,47	3,47	3,4575	0,03	0,0147	0,1425	20,6
4.	3,41	3,48	3,43	3,41	3,4325	0,07	0,0343	0,1675	41,0
5.	3,38	3,45	3,45	3,40	3,4200	0,07	0,0343	0,1800	38,2
6.	3,32	3,33	3,31	3,26	3,3050	0,07	0,0343	0,2950	23,2
7.	3,52	3,48	3,52	3,50	3,5050	0,04	0,0196	0,0950	41,3
8.	3,48	3,49	3,51	3,49	3,4925	0,03	0,0147	0,1025	28,7
9.	3,45	3,49	3,48	3,45	3,4675	0,04	0,0196	0,1325	29,6

Megjegyzés: $E = 3,6 - \bar{x}$

Az átlagos szórás kiszámítása

Az egyes szórások /1-9./ értékéből számítható az átlagos szórás, valamint a szórás alsó és felső határa.

$$S_1 = 24,1 \quad 43,5 \quad 20,6 \quad 41,0 \quad 38,2 \quad 23,2 \quad 41,3 \quad 28,7 \quad 29,6$$

$$\bar{S} = 290,2/9 = 32,24 \%$$

$$R = 43,5 - 23,2 = 20,3 \quad A(9) = 0,34$$

$$S_R = 0,34 \cdot 20,3 = 6,9$$

$$FH = \bar{S} + S_R = 32,24 + 6,9 = 39,14 \%$$

$$AH = \bar{S} - S_R = 32,24 - 6,9 = 25,34 \%$$

IV. Forgács: 40 mm hosszú szálkás búkk.

Az előkészített forgács nedvességtartalmának meghatározása.

Bemért mennyiség: 4,00 g

$$x_1 = 3,48 \quad 3,59 \quad 3,59 \quad 3,51$$

$$\bar{x} = 3,55 \text{ g} \quad R = 3,59 - 3,48 = 0,11 \quad A(4) = 0,49$$

$$s_R = 0,49 \cdot 0,11 = 0,0539 \quad V = 4,00 - 3,55 = 0,45 \text{ g}$$

$$S = 0,1078/0,45 = 23,9 \%$$

A gyanta-felhordás szórásának számítását a 9. táblázat tartalmazza.

9. táblázat

A gyanta-felhordás szórásának meghatározása

Sorszám	Szárítás utáni minta súly x_i (g)				Átlag \bar{x} (g)	Terjedelem R (g)	Szórás s_R (g)	Vizt. növ. E (g)	%-os szórás V (%)
1.	2.				3.	4.	5.	6.	7.
1.	3,28	3,32	3,30	3,40	3,3250	0,12	0,0588	0,2250	52,40
2.	3,40	3,41	3,38	3,39	3,3950	0,03	0,0147	0,1550	19,00
3.	3,37	3,42	3,40	3,40	3,3975	0,05	0,0245	0,1525	32,10
4.	3,39	3,40	3,43	3,40	3,4050	0,04	0,0196	0,1450	27,00
5.	3,45	3,35	3,49	3,40	3,4275	0,14	0,0686	0,1225	112,20
6.	3,38	3,45	3,42	3,41	3,4150	0,07	0,0343	0,1350	50,80
7.	3,39	3,39	3,40	3,41	3,3975	0,02	0,0098	0,1525	12,85
8.	3,40	3,47	3,41	3,42	3,4250	0,07	0,0343	0,1250	55,00
9.	3,36	3,45	3,45	3,41	3,4175	0,09	0,0441	0,1325	66,60

Megjegyzés: $E = 3,55 - \bar{x}$

Az átlagos szórás kiszámítása

Az egyes szórások /1-9./ értékéből számítható az átlagos szórás, valamint a szórás alsó és felső határa.

$$S_1 = 52,4 \quad 19,0 \quad 32,5 \quad 27,0 \quad 122,2 \quad 50,8 \quad 12,85 \quad 55,0 \quad 66,6$$

$$\bar{S} = 427,95/9 = 47,55 \quad R = 112,2 - 12,85 = 99,35$$

$$A/9 = 0,34 \quad s_R = 0,34 \cdot 99,35 = 33,78$$

$$FH = \bar{S} + s_R = 47,55 + 33,78 = 81,3 \%$$

$$AH = \bar{S} - s_R = 47,55 - 33,78 = 13,77 \%$$

V. Forgács: 40 mm hosszú, szálkás cser.

Az előkészített forgács nedvességtartalmának meghatározása.

Bemért mennyiség: 4,00 g

$x_1 = 3,5 \quad 3,59 \quad 3,62 \quad 3,65$ g

$\bar{x} = 3,6025$ g $R = 3,65 - 3,55 = 0,1$ g $A(4) = 0,49$

$s_R = 0,49 \cdot 0,1 = 0,049$ g $V = 4,00 - 3,6025 = 0,3975$ g

$S = 0,098/0,3975 = 24,6$ %

A gyanta-felhordás szórásának számítását a 10. táblázat tartalmazza.

10. táblázat

A gyanta-felhordás szórásának meghatározása

Sor-szám	Szárítás utáni minta				Átlag	Terjedelem	Szórás	Vizt. növ.	%-os szórás
	súly				\bar{x}	R (g)	s_R	E (g)	V (%)
	x_1 (g)				(g)		(g)		
1.	2.				3.	4.	5.	6.	7.
1.	3,41	3,41	3,50	3,41	3,4325	0,09	0,0443	0,1700	52,2
2.	3,45	3,43	3,45	3,40	3,4325	0,05	0,0245	0,1700	28,8
3.	3,45	3,47	3,41	3,38	3,4250	0,09	0,0443	0,3075	50,0
4.	3,25	3,28	3,32	3,33	3,2950	0,08	0,0392	0,3075	25,5
5.	3,40	3,40	3,41	3,31	3,3800	0,10	0,0490	0,2225	44,0
6.	3,40	3,48	3,45	3,42	3,4375	0,08	0,0392	0,1650	47,5
7.	3,51	3,59	3,57	3,59	3,5650	0,08	0,0392	0,0375	209,0
8.	3,48	3,45	3,45	3,46	3,4575	0,03	0,0147	0,1450	20,3
9.	3,40	3,41	3,41	3,42	3,4100	0,02	0,0098	0,1925	10,2

Megjegyzés: $E = 3,6025 - \bar{x}$

Az átlagos szórás kiszámítása

Az egyes szórások /1-9./ értékéből számítható az átlagos szórás, valamint a szórás alsó és felső határa.

$S_1 = 52,2 \quad 28,8 \quad 50,0 \quad 29,5 \quad 44,0 \quad 47,5 \quad 209,0 \quad 20,3 \quad 10,2$

A kiugró /209,0/ érték miatt ellenőrizni kell a szórások azonos alapsokasághoz való tartozását. Az ellenőrzésre a Cochran-

próbát végezzük el. A próba elvégezhető, mivel minden s érték 4 mérésből származik. A számításra szolgáló képlet:

$$g = \frac{s_{\max}^2}{s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_r^2},$$

ahol: s = szórás
 r = csoportszám
 g = jelzőszám

A képlet értékének kiszámításához az egyes szórás értéket négyzetre kell emelni.

$$s_1^2 = 1774; 818; 2500; 1950; 2260; 4400; 415; 104$$

$$s_1^2 = 54\,476$$

$$g = 44\,000 / 54\,476 = 0,81$$

A mérések száma az egyes szórásoknál: $n = 4$

Az egyes szórások szabadságfoka: $f = n-1 = 3$

A csoportszám: $r = 9$

Fenti adatokkal a Cochran-féle nomogramból 95 %-os valószínűségi szint mellett kapjuk, hogy $g = 0,39$.

A számított értékkel összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy az eltérés szignifikáns, így a 209,0 érték nem tartozik a többi szórásokkal azonos alapsokaságba, és így nem kell figyelembe venni a kiértékelés folyamán.

Igy az átlagos szórás:

$$\bar{S} = 318/8 = 39,75 \quad R = 52,2-10,2 = 42,0 \quad A(8) = 0,35$$

$$S_R = 0,35 \cdot 42,0 = 14,7$$

$$FH = \bar{S} + S_R = 39,75 + 14,7 = 54,45 \%$$

$$AH = \bar{S} - S_R = 39,75 - 14,7 = 25,05 \%$$

A hajlítószilárdság szórásának vizsgálata

A hajlítószilárdsági vizsgálat eredményeit és azok kiértékelését az alábbiakban közöljük.

I. Forgács: 18 mm hosszú, lapkás nyár.

$$\overset{6}{4} \text{ kg/cm}^2$$

$$303 \quad \bar{x} = 1904/8 = 238 \text{ kg/cm}^2$$

$$238 \quad R = 303-185 = 118 \text{ kg/cm}^2 \quad A(8) = 0,35$$

279	$s_R = 0,35 \cdot 118 = 41,3 \text{ kg/cm}^2$
-	$FH = \bar{x} + s_R = 238 + 41,3 = 279,3 \text{ kg/cm}^2$
185	$AH = \bar{x} - s_R = 238 - 41,3 = 196,7 \text{ kg/cm}^2$
201	$S = 82,6/238 = 34,7 \%$
190	
210	
298	

II. Forgács: 40 mm hosszú, lapkás nyár

G_4	
kg/cm^2	
455	$\bar{x} = 2647/9 = 294,1 \text{ kg/cm}^2$
152	$R = 455 - 152 = 303 \text{ kg/cm}^2$ $A(9) = 0,34$
251	$s_R = 0,34 \cdot 303 = 103,02 \text{ kg/cm}^2$
264	$FH = \bar{x} + s_R = 294,1 + 103,02 = 397,12 \text{ kg/cm}^2$
161	$AH = \bar{x} - s_R = 294,1 - 103,02 = 191,08 \text{ kg/cm}^2$
402	$S = 206,04/294,1 = 70 \%$
355	
325	
282	

III. Forgács: 40 mm hosszú, szálkás nyár

G_4	
kg/cm^2	
209	$\bar{x} = 2067/9 = 229,6 \text{ kg/cm}^2$
144	$R = 414 - 188 = 286 \text{ kg/cm}^2$
262	$A(9) = 0,34$
218	$s_R = 0,34 \cdot 286 = 97,3 \text{ kg/cm}^2$
128	
414	$FH = \bar{x} + s_R = 229,6 + 97,3 = 326,9 \text{ kg/cm}^2$
269	$AH = \bar{x} - s_R = 229,6 - 97,3 = 132,3 \text{ kg/cm}^2$
215	$S = 194,6/229,6 = 85 \%$
211	

IV. Forgács: 40 mm hosszú, szálkás bükk.

G_4
kg/cm^2

$$\begin{aligned}
 135 \quad & \bar{x} = 1165/8 = 145,6 \text{ kg/cm}^2 \\
 143 \quad & R = 200-96 = 104 \text{ kg/cm}^2 \\
 96 \quad & A(8) = 0,35 \\
 200 \quad & s_R = 0,35 \cdot 104 = 36,4 \text{ kg/cm}^2 \\
 157 \quad & FH = \bar{x} + s_R = 145,6 + 36,4 = 182 \text{ kg/cm}^2 \\
 120 \quad & AH = \bar{x} - s_R = 145,6 - 36,4 = 109,2 \text{ kg/cm}^2 \\
 - \quad & S = 72,8/145,6 = 50 \%
 \end{aligned}$$

V. Forgács: 40 mm hosszú, szálkás cser.

σ_4

kg/cm²

$$\begin{aligned}
 68 \quad & \bar{x} = 859/8 = 107,37 \text{ kg/cm}^2 \\
 - \quad & R = 135 - 43 = 92 \text{ kg/cm}^2 \\
 133 \quad & A(8) = 0,35 \\
 43 \quad & s_R = 0,35 \cdot 92 = 32,2 \text{ kg/cm}^2 \\
 128 \quad & FH = \bar{x} + s_R = 107,37 + 32,2 = 139,57 \text{ kg/cm}^2 \\
 102 \quad & AH = \bar{x} - s_R = 107,37 - 32,2 = 75,17 \text{ kg/cm}^2 \\
 135 \quad & S = 64,4/107,37 = 60 \% \\
 121
 \end{aligned}$$

A gyantaeloszlás és a hajlítoszilárdság szórásának összehasonlító adatait a 11. táblázat tartalmazza.

11. táblázat

A gyantaeloszlás és a hajlítoszilárdság szórásának összehasonlítása

A forgács megnevezése	Gyantaeloszlás szórása		Hajlítoszilárdság szórása	
	$\bar{S} \%$	\bar{s}_R g	$\bar{S} \%$	S_R kg/cm ²
1.	2.	3.	4.	5.
18 mm hosszú, lapkás nyár	63,90	0,0588	34,70	41,30
40 mm hosszú, lapkás nyár	33,91	0,0310	70,00	103,02
40 mm hosszú, szálkás nyár	32,24	0,0288	85,00	97,30
40 mm hosszú, szálkás bükk	47,55	0,0343	50,00	36,40
40 mm hosszú, szálkás cser	39,75	0,0290	60,00	32,20

A 11. táblázat adataiból megállapítható, hogy egyszerű uton nem lehet összefüggést találni a kötőanyag felhordás és a hajlítószilárdság szórása között. Az eltérések miatt szükséges az egyes forgácstípusoknál a kötőanyag-felhordás és a hajlítószilárdság szórásának eltérését megvizsgálni szignifikancia szempontjából. Az összehasonlítást a százalékos szórásra végeztük. Azt, hogy az eltérés szignifikáns-e, az F -próbalával állapítottuk meg. Az eredményeket a 12. táblázat tartalmazza.

12. táblázat

A kötőanyag-felhordás és a hajlítószilárdság szórásának
%-os összehasonlítása

A forgács megnevezése	S_1	S_2	S_1^2/S_2^2	Eltérés
18 mm-es lapkás nyár	63,90	34,70	3,39	NS
40 mm-es lapkás nyár	70,00	38,54	3,28	NS
40 mm-es szálkás nyár	85,00	32,24	6,91	S
40 mm-es szálkás bükk	50,00	47,55	1,10	NS
40 mm-es szálkás cser	60,00	39,75	2,28	NS

Megjegyzés: Megbízhatósági szint: 95 %

$$n_2 = n_1 = 9$$

$$F = 3,44$$

A 12. táblázatból megállapítható, hogy a százalékos szórásokat összehasonlítva csak a 40 mm-es szálkás nyár esetében szignifikáns az eltérés. Ebben az esetben is azonban a hajlítószilárdság szórása nagyobb.

Azon jelenségből, hogy a kötőanyag-felhordás és a hajlítószilárdság szórása között nincs szignifikáns eltérés, levonható az a következtetés, hogy a kötőanyag-eloszlás egyenletessége befolyásolja a hajlítószilárdság szórását, függetlenül a forgács méreteitől és a fafajtól, természetesen azonos térfogatsúly esetében. A hajlítószilárdság szórása általában magasabb, mint a kötőanyag-felhordás százalékos szórása, ami valószínűleg a térfogatsúly ingadozásának következménye.

A hajlítoszilárdság szórásának szempontjából végzett vizsgálat folyamán nyert mérési adatokat a 13. táblázatban foglaltuk össze.

13. táblázat

A hajlítoszilárdsági vizsgálat eredményei

A forrás megnevezése	\bar{x} kg/cm ²	s_R^2 kg/cm ²	FH kg/cm ²	AH kg/cm ²	S %
18 mm-es lapkás nyár	238,00	41,30	279,30	196,70	34,70
40 mm-es lapkás nyár	294,10	103,02	397,12	191,08	70,00
40 mm-es szálkás nyár	229,60	97,30	326,90	132,30	85,00
40 mm-es szálkás bükk	145,60	36,40	182,00	109,20	50,00
40 mm-es szálkás cser	107,37	32,20	139,57	75,17	60,00

A 13. táblázat adataiból megállapítható, hogy a hajlítoszilárdsági értékek szórása a nyár forgácsnál a különböző forgácsméreteknél átfedi egymást. Ugyancsak átfedés tapasztalható a bükk és cserforgácsból készült lapok hajlítoszilárdsági értékeinél.

Az átfedés következtében szükséges volt az egyes átlagok matematikai statisztikai összehasonlítása azon célból, hogy megállapítható legyen, vajon van-e közöttük lényeges különbség, vagy azonos szóráscsaládból származnak.

Az összehasonlítást a két minta középértékének összehasonlítására szolgáló módszerrel végeztük, amihez ki kellett számítanunk a "t" értéket. Amennyiben ez a táblázatban található megfelelő értéktől eltér /nagyobb/, úgy a két átlag különböző normális eloszlású alapsokaságból származónak tekinthető.

A számításra az alábbi képletek szolgáltak:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{s_d}$$

ahol: \bar{y} és \bar{x} a két összehasonlító átlag.

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right) \cdot \frac{\sum (x_1 - \bar{x})^2 + \sum (y_1 - \bar{y})^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

ahol: n_1 = az első mérés adatainak száma
 n_2 = a második mérés adatainak száma
 x_1 = az első mérés adatai
 \bar{x} = az első mérés átlaga
 y_1 = a második mérés adatai
 \bar{y} = a második mérés átlaga.

A fenti számítás elvégzéséhez az egyes forgácstípusok esetében ki kellett számítanunk az egyes mérési adatoknak az átlagtól való eltérését, ezek négyzetét, majd a négyzeteket összegeznünk kellett.

Ezen adatok birtokában az összehasonlítás elvégezhető volt. Az egyes mérési adatok különbség négyzeteinek számítása.

I. Forgács: 18 mm hosszú, lapkás nyár. $\bar{x} = 238$

$x_1 =$	303	238	279	-	185	201	190	210	298
$x_1 - \bar{x} =$	65	0	41	-	53	37	48	28	60
$(x_1 - \bar{x})^2 =$	4240	0	1680	-	2810	1370	2400	780	3600
$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 =$	16 880								

II. Forgács: 40 mm hosszú, lapkás nyár. $\bar{x} = 294,1$

$x_1 =$	455	152	251	264	161	202	355	325	282
$x_1 - \bar{x} =$	160,9	152,1	43,1	30,1	133,1	107,9	60,9	30,9	12,1
$(x_1 - \bar{x})^2 =$	900	23 200	1960	910	17 750	11 600	3700	960	150
$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 =$	76 130								

III. Forgács: 40 mm hosszú, szálkás nyár. $\bar{x} = 229,6$

$x_1 =$	209	144	262	218	128	414	269	215	211
$x_1 - \bar{x} =$	20,6	85,6	32,4	11,6	101,6	184,4	39,4	14,6	18,6
$(x_1 - \bar{x})^2 =$	425	7350	1050	135	10 300	34 000	1560	214	346
$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 =$	55 380								

IV. Forgács: 40 mm hosszú, szálkás bükk. $\bar{x} = 145,6$

$x_1 =$	135	143	96	200	157	148	166	120	-
$x_1 - \bar{x} =$	10,6	8,6	49,6	56,4	11,4	2,4	20,4	25,6	-
$(x_1 - \bar{x})^2 =$	113	74	2460	3180	130	6	416	656	-
$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 =$	7035								

V. Forgács: 40 mm hosszú, szálkás cser. $\bar{x} = 107,37$

$$\begin{aligned}x_1 &= && 68 & - & 133 & 43 & 128 & 129 & 102 & 135 & 121 \\x_1 - \bar{x} &= && 39,37 & - & 25,63 & 64,37 & 20,63 & 21,63 & 5,37 & 27,63 & 13,63 \\(x_1 - \bar{x})^2 &= && 1540 & - & 660 & 4140 & 429 & 470 & 29 & 767 & 186 \\ \sum (x_1 - \bar{x})^2 &= && 8221\end{aligned}$$

A fenti adatok ismeretében összehasonlítható az összes forgácstípusok hajlítószilárdsági értékeinek átlaga.

I-II. 18 mm hosszú, lapkás nyár és 40 mm hosszú, lapkás nyár összehasonlítása.

$$\begin{aligned}s_d &= \sqrt{\left(\frac{1}{8} + \frac{1}{9}\right) \cdot \frac{16\ 880 + 76\ 130}{8 + 9 - 2}} = \sqrt{\frac{17}{72} \cdot \frac{93\ 110}{15}} = \\ &= \sqrt{0,236 \cdot 6210} = \sqrt{1461} = 38,2 \\ t &= \frac{294,1 - 238}{38,2} = \frac{56,1}{38,2} = 1,468\end{aligned}$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 9 + 8 - 2 = 15$

A 95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,131$ /táblázatból/.

A két érték közötti eltérés tehát nem szignifikáns.

I-III. 18 mm hosszú, lapkás nyár és 40 mm hosszú, szálkás nyár összehasonlítása.

$$\begin{aligned}s_d &= \sqrt{\left(\frac{1}{8} + \frac{1}{9}\right) \cdot \frac{16\ 880 + 55\ 380}{8 + 9 - 2}} = \sqrt{\frac{17}{72} \cdot \frac{72\ 260}{15}} = \\ &= \sqrt{0,236 \cdot 4830} = \sqrt{1140} = 33,8 \\ t &= \frac{238 - 229,6}{33,8} = \frac{8,6}{33,8} = 0,256\end{aligned}$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 8 + 9 - 2 = 15$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,131$ /táblázatból/.

A két érték közötti eltérés tehát nem szignifikáns.

II-III. 40 mm hosszú, lapkás nyár és 40 mm hosszú, szálkás nyár összehasonlítása.

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9}\right) \cdot \frac{76\,130 + 55\,380}{9 + 9 - 2}} = \sqrt{\frac{2}{9} \cdot \frac{131\,510}{16}}$$
$$= \sqrt{0,222 \cdot 8230} = \sqrt{1830} = 35,2$$

$$t = \frac{294,1 - 229,6}{35,2} = \frac{64,5}{35,2} = 1,835$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 9 + 9 - 2 = 16$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,120$ /táblázatból/.

A két érték közötti eltérés nem szignifikáns.

III-IV. 40 mm hosszú, szálkás nyár és 40 mm hosszú, szálkás bükk összehasonlítása.

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{8}\right) \cdot \frac{55\,380 + 7035}{9 + 8 - 2}} = \sqrt{\frac{17}{72} \cdot \frac{62\,415}{15}}$$
$$= \sqrt{0,236 \cdot 4160} = \sqrt{983} = 31,4$$

$$t = \frac{229,6 - 145,6}{31,4} = \frac{84,0}{31,4} = 2,57$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 9 + 8 - 2 = 15$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,131$ /táblázatból/.

A két érték közötti eltérés tehát szignifikáns.

IV-V. 40 mm hosszú, szálkás bükk és 40 mm hosszú, szálkás cser összehasonlítása.

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{8} + \frac{1}{8}\right) \cdot \frac{7035 + 8221}{8 + 8 - 2}} = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot \frac{15\,256}{14}}$$
$$= \sqrt{0,25 \cdot 1090} = \sqrt{273} = 16,5$$

$$t = \frac{145,6 - 107,37}{16,5} = \frac{38,23}{16,5} = 2,32$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 8 + 8 - 2 = 14$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,145$ /táblázatból/.

A két érték közötti eltérés tehát szignifikáns.

Ez a számítás kiegészítésre szorul, mert figyelmen kívül hagyja a térfogatsúlyt. A térfogatsúly figyelembevételével nyert értékeket a 14. táblázatban közöljük. A táblázatban nem közvetlenül a hajlítószilárdság értékei vannak összehasonlítva, hanem a sokkal fontosabb tájékoztatást nyújtó alkalmassági számot vetjük figyelembe, amelyet úgy nyertünk, hogy a hajlítószilárdság átlagát osztottuk a próbadarabok tényleges térfogatsúlyával.

14. táblázat

Az alkalmassági szám, különböző forgácstípusok esetében

A forgácstípus megnevezése	Térfogatsúly kg/m ³	Hajlítószi- lárdság kg/cm ²	Alkalmassági szám
1.	2.	3.	4.
18 mm hosszú, lapkás nyár	508	238,00	0,468
40 mm hosszú, lapkás nyár	593	294,10	0,496
40 mm hosszú, szálkás nyár	578	229,60	0,396
40 mm hosszú, szálkás bükk	583	145,60	0,249
40 mm hosszú, szálkás cser	599	107,37	0,179

A 14. táblázat alapján megállapítható volt, hogy a forgács mérete és formája befolyásolja a hajlítószilárdság, különösen pedig az alkalmassági szám értékeit. A táblázat adatai arra mutatnak, hogy a forgács formája nagyobb mértékben befolyásolja a hajlítószilárdságot, mint a forgács mérete. Így pl. látható, hogy lapkás forgácsok jobb szilárdságot adtak, mint a szálkás forgácsok. A nyár lapkás, 40 mm hosszú forgácsból készült lapok alkalmassági száma 0,496, szemben a nyár szálkás, 40 mm hosszú forgácsból készült lapokéval, amelynek értéke 0,396. Összehasonlítva a 40 mm hosszú, lapkás nyár forgácsot a 18 mm hosszú, lapkás forgáccsal látható, hogy a hosszabb forgács alkalmassági száma /0,496/ magasabb, mint a rövidebb forgácsé /0,468/.

A fafaj befolyásának szempontjából vizsgálva a 13. és 14. táblázatok adatait, megállapítható volt, hogy az egyes fafajokból készült lapok hajlítószilárdsági értékei között jelentős az

eltérés. A matematikai statisztikai ellenőrzés ugyancsak ezt mutatta ki. Tovább vizsgálva megállapítható volt, hogy a legmagasabb hajlítószilárdsággal a nyár forgácsból készült lapok rendelkeztek, majd a bükk és a cser forgácsból készültek következtek. Természetesen ez csak a vizsgált térfogatsúlyra vonatkoztatható, azonos méretű és formájú /40 mm hosszú szálkás/ forgácsok esetében.

Visszatérve a kötőanyag eloszlás egyenletességére, a nyert eredményeket a 15. táblázatban mutatjuk be.

15. táblázat

A kötőanyag eloszlás szórása, különböző forgácstípusoknál

A forgács megnevezése	S %	S _R %	PH %	AH %
1.	2.	3.	4.	5.
18 mm hosszú, lapkás nyár	63,90	26,08	89,98	37,82
40 mm hosszú, lapkás nyár	38,54	20,30	58,84	18,34
40 mm hosszú, szálkás nyár	32,24	6,90	39,14	25,34
40 mm hosszú, szálkás bükk	47,55	33,78	81,33	13,77
40 mm hosszú, szálkás cser	39,75	14,70	54,45	25,05

A 15. táblázat adatait vizsgálva megállapítható, hogy a kötőanyag felhordás szórása a 18 mm hosszú, lapkás nyár forgácsnál volt a legnagyobb. Feltűnő, hogy a 40 mm hosszú, lapkás nyár forgács eredménye sokkal jobb volt. A 40 mm hosszú forgácsok kötőanyag felhordásának szórását vizsgálva megállapítható, hogy a szórás kb. azonos nagyságú volt, a bükk forgács kivételével. Ha nemcsak az átlagos szórásokat, hanem azok alsó és felső határát is vizsgáljuk, látható, hogy ezek kb. egybeestek. Itt ugyancsak a bükk forgács mutatott eltérést, mivel felső határa elég magas volt.

Megállapítható még, hogy aránylag a legegyenletesebb kötőanyag eloszlás a 40 mm hosszú, szálkás nyár forgácsnál volt tapasztalható, amelynél az összes mérési adatok közül a legalacsonyabb átlagos szórást nyertük.

A kötőanyag-felhordás szórását vizsgálva szükséges annak a matematikai statisztikai ellenőrzése, hogy vajon az egyes forgácstípusok esetében volt-e jelentős eltérés? Ezért a legnagyobb érték /18 mm hosszú, lapkás nyár forgácsnál/ kiugró voltát kell megvizsgálni a Cochran-próba segítségével.

A számításnál a %-os szórást vettük figyelembe. A számítás-hoz szükséges szórás négyzetek a 16. táblázatban találhatóak.

16. táblázat

A kötőanyag-felhordás szórása

Forgácstípus	%-os szórás	Szórás négyzet
1.	2.	3.
18 mm hosszú, lapkás nyár	63,90	4100
40 mm hosszú, lapkás nyár	38,54	1485
40 mm hosszú, szálkás nyár	32,24	1040
40 mm hosszú, szálkás bükk	47,55	2260
40 mm hosszú, szálkás cser	39,75	680

$$g = \frac{4100}{4100 + 1485 + 1040 + 2260 + 1680} = \frac{4100}{10\ 565} = 0,389$$

Az egyes értékek kilenc mérésből adódtak és így a szabadságfok: $f = n-1 = 9-1 = 8$

Az összehasonlítandó csoportok száma: $r = 5$

A valószínűségi szint: 95 %

A fenti adatokkal $g = 0,5$ /nomogramból/.

Mivel a számított érték ennél kisebb, az eltérés nem szignifikáns.

A kötőanyag-felhordási kísérlet matematikai statisztikai kiértékelésének eredményeképpen az alábbiak állapíthatók meg:

1. A kötőanyag-felhordás szórását azonos mértékűnek lehet tekinteni a különböző forgácstípusoknál, mivel szignifikáns eltérés nem mutatható ki.

2. A hajlítószilárdság és a kötőanyag-felhordás szórása között általában nincs szignifikáns eltérés, tehát igazoltnak vehető az a feltevés, hogy a hajlítószilárdság szórása függvénye a kötőanyag-felhordás egyenletességének.

3. Az egyes fafajok esetében a hajlítószilárdság értékének eltérése szignifikáns, azonos térfogatsúly mellett. A hajlítószilárdság tehát a fafaj függvénye.

4. Azonos fafajnál a forgácsolás mérete és a forma hatására vonatkozóan a vizsgálatok, az adatok kis száma miatt, eddig nem adtak egyöntetű választ.

Nyár, cser és bükk forgácsokkal a térfogatsúly szerepének vizsgálatára végzett kísérlet eredményei

Nyár forgáccsal végzett kísérlet

A térfogatsúly hatásának tisztázására nyár forgáccsal végzett kísérletek eredményei a 17. táblázatban és a 3. ábrán találhatóak.

17. táblázat

Nyár forgácsból készült lapok vizsgálati eredményei

Térfogatsúly kg/m ³		Hajlítószi- lárdság kg/cm ²	Vízfelvé- tel 1/2 óra után %	Vastagsági da- gadás 1/2 óra után %	Alkalmassági szám
Terv	Tényleges				
1.	2.	3.	4.	5.	6.
450	508,44±38,08	131,55±38,76	85,60±33,49	30,974±18,260	0,258±0,072
600	680,00±33,32	336,55±85,34	19,65± 9,45	4,327± 1,870	0,491±0,118
750	773,70±40,80	388,10±58,82	13,43± 3,26	3,735± 1,248	0,504±0,093

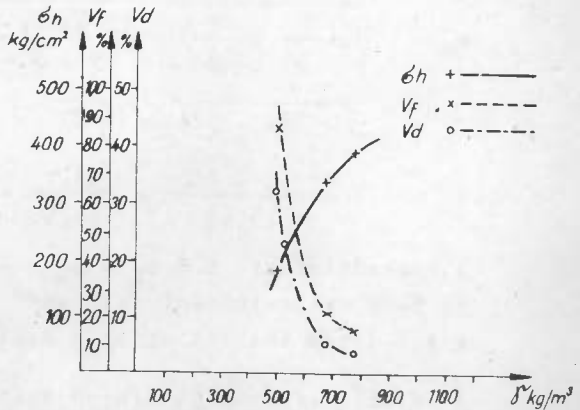
Megjegyzés: Minden adat 9 mérésből adódott.

A forgács átlagos hosszmérete: $\bar{x} = 3,4$ mm
m = 40 mm

A forgács átlagos vastagsága: $\bar{x} = 0,40$ mm
m = 0,38 mm

Az "m" értéke a felvett haranggöréből adódott, míg " \bar{x} " a számított átlag.

A 17. táblázat eredményeinek összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a térfogatsúly növekedésével a lapok tulajdonságai nagymértékben javulnak. Az is látható azonban, hogy a 600 és 750 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapok adataiban nagymértékű átfedés van, s így szükségessé válik közelebbi vizsgálatuk. Először is a térfogatsúlyt kell megvizsgálni, hogy van-e szignifikáns eltérés?



3. ábra

A térfogatsúly és az egyes fizikai-mechanikai tulajdonságok /hajlítószilárdság (σ_h), vízfelvétel (V_f), vastagsági dagadás (V_d)/ közötti összefüggés, nyár forgácsból készült homogén lapoknál

A 750 és 600 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapok összehasonlítása, a térfogatsúly szempontjából.

Az összehasonlítást a "két minta átlagának összehasonlítása" című módszer segítségével végeztük.

$$\bar{x} = 773,7$$

$x_1 =$	820	741	800	766	797	745	780	815	700
$x_1 - \bar{x} =$	46,3	32,7	26,3	7,7	23,3	28,7	6,3	41,3	73,7
$(x_1 - \bar{x})^2 =$	2140	1065	690	59	540	822	40	1700	5420
$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 =$	12 476								

$$\bar{y} = 680$$

$y_1 =$	656	679	622	717	692	690	670	674	720
$y_1 - \bar{y} =$	24	1	58	37	12	10	10	6	40
$(y_1 - \bar{y})^2 =$	575	1	3350	1460	144	100	100	36	1600
$\Sigma (y_1 - \bar{y})^2 =$	7367								

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9}\right) \cdot \frac{12\,476 + 7367}{9 + 9 - 2}} = \sqrt{\frac{2}{9} \cdot \frac{19\,843}{16}} =$$

$$= \sqrt{0,222 \cdot 1241} = \sqrt{276} = 16,62$$

$$t = \frac{773,7 - 680}{16,62} = \frac{93,7}{16,62} = 5,64$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 9 + 9 - 2 = 16$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,120$ /táblázatból/.

A két érték közötti eltérés tehát szignifikáns.

A hajlítószilárdsági adatok összehasonlítása a 750 és 600 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapoknál.

$$\bar{x} = 388,1$$

$$x_1 = \quad 314 \quad 487 \quad 406 \quad 358 \quad 393 \quad 346 \quad 485 \quad 314 \quad 390$$

$$x_1 - \bar{x} = \quad 74,1 \quad 98,9 \quad 17,9 \quad 30,1 \quad 4,9 \quad 42,1 \quad 96,9 \quad 74,1 \quad 1,9$$

$$(x_1 - \bar{x})^2 = 5490 \quad 9781 \quad 320 \quad 905 \quad 24 \quad 1770 \quad 9350 \quad 5490 \quad 4$$

$$\sum (x_1 - \bar{x})^2 = 33\,134$$

$$\bar{y} = 336,55$$

$$y_1 = \quad 183 \quad 366 \quad 322 \quad 416 \quad 318 \quad 434 \quad 432 \quad 338 \quad 220$$

$$y_1 - \bar{y} = \quad 153,55 \quad 39,45 \quad 11,55 \quad 79,45 \quad 18,55 \quad 97,45 \quad 95,45 \quad 1,45 \quad 116,55$$

$$(y_1 - \bar{y})^2 = 23\,500 \quad 11\,555 \quad 212 \quad 6300 \quad 344 \quad 9500 \quad 9100 \quad 2 \quad 13\,500$$

$$\sum (y_1 - \bar{y})^2 = 74\,613$$

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9}\right) \cdot \frac{33\,134 + 74\,613}{9 + 9 - 2}} = \sqrt{\frac{2}{9} \cdot \frac{107\,747}{16}} =$$

$$= \sqrt{0,222 \cdot 7320} = \sqrt{1625} = 40,5$$

$$t = \frac{388,1 - 336,55}{37,2} = \frac{51,55}{37,2} = 1,27$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 9 + 9 - 2 = 16$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,120$ /táblázatból/.

A két érték közötti eltérés tehát nem szignifikáns.

A vízfelvételi vizsgálat eredményeinek összehasonlítása 600 és 750 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapoknál.

$$\bar{x} = 19,65$$

$$x_1 = \quad 39,2 \quad 19,6 \quad 27,8 \quad 12,8 \quad 11,4 \quad 12,1 \quad 20,9 \quad 16,5 \quad 16,6$$

$$x_1 - \bar{x} = \quad 19,55 \quad 0,05 \quad 8,15 \quad 6,75 \quad 8,25 \quad 7,55 \quad 1,25 \quad 3,10 \quad 3,05$$

$$(x_1 - \bar{x})^2 = \quad 380 \quad 0 \quad 66 \quad 45 \quad 68 \quad 57 \quad 2 \quad 9 \quad 9$$

$$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 = 636$$

$$\bar{y} = 13,43$$

$$y_1 = \quad 11,7 \quad 16,0 \quad 17,9 \quad 13,8 \quad 14,1 \quad 13,9 \quad 8,3 \quad 9,9 \quad 15,3$$

$$y_1 - \bar{y} = \quad 1,73 \quad 1,57 \quad 3,47 \quad 0,37 \quad 0,67 \quad 0,47 \quad 5,13 \quad 3,53 \quad 1,87$$

$$(y_1 - \bar{y})^2 = \quad 3 \quad 2 \quad 12 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 26 \quad 13 \quad 4$$

$$\Sigma (y_1 - \bar{y})^2 = 60$$

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9}\right) \cdot \frac{636 + 60}{9 + 9 - 2}} = \sqrt{\frac{2}{9} \cdot \frac{696}{16}} =$$

$$= \sqrt{0,222 \cdot 43,5} = \sqrt{9,66} = 3,11$$

$$t = \frac{19,65 - 13,43}{3,11} = \frac{6,22}{3,11} = 2,00$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 9 + 9 - 2 = 16$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,120$ /táblázatból/.

A két érték közötti eltérés tehát nem szignifikáns.

A vastagsági dagadási vizsgálat eredményeinek összehasonlítása a 600 és 750 kg/m³ térfogatsúlyu lapoknál.

$$\bar{x} = 4,33$$

$$x_1 = \quad 8,5 \quad 5,60 \quad 4,89 \quad 2,06 \quad 2,47 \quad 2,32 \quad 6,25 \quad 3,32 \quad 3,39$$

$$x_1 - \bar{x} = \quad 4,22 \quad 1,27 \quad 0,56 \quad 2,27 \quad 1,86 \quad 2,01 \quad 1,92 \quad 1,01 \quad 0,94$$

$$(x_1 - \bar{x})^2 = \quad 17,8 \quad 1,6 \quad 0,3 \quad 5,1 \quad 3,4 \quad 4,0 \quad 3,7 \quad 1,0 \quad 0,9$$

$$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 = 37,8$$

$$\bar{y} = 3,74$$

$y_1 =$	4,90	3,84	6,02	3,73	5,03	2,62	2,35	2,55	2,58
$y_1 - \bar{y} =$	1,16	0,10	2,28	0,01	1,29	1,12	1,34	1,19	1,16
$(y_1 - \bar{y})^2 =$	1,3	0	5,2	0	1,8	1,2	1,9	1,4	1,3

$$\Sigma (y_1 - \bar{y})^2 = 14,1$$

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9}\right) = \frac{57,8 + 14,1}{9 + 9 - 2} = \sqrt{\frac{2}{9} \cdot \frac{51,9}{16}} =$$

$$= \sqrt{0,222 \cdot 3,24} = \sqrt{0,72} = 0,85$$

$$t = \frac{4,33 - 3,74}{0,85} = \frac{0,59}{0,85} = 0,695$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 9 + 9 - 2 = 16$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,120$ /táblázatból/.

A két érték közötti eltérés tehát nem szignifikáns.

A fenti vizsgálatok eredményeképpen megállapítható, hogy a térfogatsúly növelése egy bizonyos határig a tulajdonságok gyors javulását eredményezi. Ezen határ túllépése esetén viszont a térfogatsúly növekedése nem eredményez jelentős különbséget a fizikai-mechanikai tulajdonságokban, ámbár a tulajdonságok javulnak.

Ennek a határértéknek a pontos megállapításához nagyobb számú vizsgálat elvégzése szükséges.

Cser forgáccsal végzett kísérlet

A térfogatsúly hatásának vizsgálatára cser forgácsból készült lapok mérési eredményei a 18. táblázatban és a 4. ábrán találhatóak.

18. táblázat

Cser forgácsból készült lapok vizsgálati eredményei

Térfogatsúly kg/m ³		Hajlítószi- lárdtság kg/cm ²	Vizfelvétel 1/2 óra után %	Vastagsági dagadás 1/2 óra után %	Alkalmassági szám
Terv	Tényleges				
1.	2.	3.	4.	5.	6.
450	459,30±38,42	44,38±13,60	70,60± 3,20	30,70±6,19	0,097±0,027
600	623,50±22,78	129,00±43,18	51,70± 5,20	16,92±7,99	0,206±0,069
750	748,20±39,44	183,11±32,98	23,26± 5,17	7,50±3,50	0,245±0,053
900	870,40±41,48	349,20±30,94	11,30±10,40	5,02±2,96	0,402±0,041

Megjegyzés: Minden adat 9 mérésből adódott.

A forgács átlagos hosszmérete: $\bar{x} = 36,7$ mm

m = 30 mm

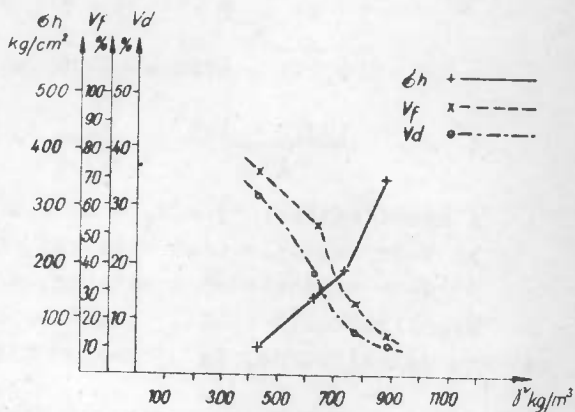
A forgács átlagos vastagsága: $\bar{x} = 0,47$ mm

m = 0,30 mm

Az "m" érték a felvett haranggörbéből adódott, míg " \bar{x} " a számított átlag.

A 18. táblázat adataiból megállapítható, hogy a cser forgácsból készült lapok tulajdonságai a térfogatsúly növekedésével javulnak, azonban a 650-750 és a 750-900 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapok egyes adatainál átfedés mutatkozik, így ezeknek közelebbi vizsgálata szükséges.

A 600 és 750 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapoknál a hajlítószi-



4. ábra

A térfogatsúly és egyes fizikai-mechanikai tulajdonságok /hajlítószi-
lárdtság, vizfelvétel, vastagsági da-
gadás/ közötti összefüggés, cser for-
gácsból készült homogén lapoknál

lárdságban és a vastagsági dagadásban, míg a 750 és 900 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapoknál a vízfelvételen és a vastagsági dagadásban van átfedés.

A 750 és 600 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapok hajlítószilárdsági értékeinek összehasonlítása.

$$\bar{x} = 183,1$$

$x_1 =$	241	144	153	204	187	236	201	161	121
$x_1 - \bar{x} =$	57,9	38,1	30,1	20,9	3,9	42,9	17,9	22,1	62,1
$(x_1 - \bar{x})^2 =$	3350	1450	910	435	15	1840	320	488	3850
$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 =$	12 656								

$$\bar{y} = 129$$

$y_1 =$	138	189	104	62	124	141	73	158	172
$y_1 - \bar{y} =$	9	60	25	67	5	12	56	29	43
$(y_1 - \bar{y})^2 =$	81	3600	625	4460	25	144	3140	840	1840
$\Sigma (y_1 - \bar{y})^2 =$	14 760								

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9}\right) \cdot \frac{12\ 658 + 14\ 760}{9 + 9 - 2}} = \sqrt{\frac{2}{9} \cdot \frac{27\ 418}{16}} =$$

$$= \sqrt{0,222 \cdot 1720} = \sqrt{382} = 19,6$$

$$t = \frac{183,1 - 129}{19,6} = \frac{54,1}{19,6} = 2,76$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 9 + 9 - 2 = 16$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,120$ /táblázatból/.

99 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,921$ /táblázatból/.

Megállapítható tehát, hogy a két érték eltérése 95 %-os szinten szignifikáns, de 99 %-oson már nem szignifikáns.

A 600 és 750 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapok vastagsági dagadási értékeinek vizsgálata.

$$\bar{x} = 16,9$$

$x_1 =$	26,4	19,6	30,8	12,3	16,5	7,3	14,8	11,7	12,8
$x_1 - \bar{x} =$	9,9	3,3	13,9	4,6	0,4	9,6	2,1	5,2	4,1

$$(x_1 - \bar{x})^2 = \quad 98 \quad 11 \quad 193 \quad 21 \quad 0 \quad 92 \quad 4 \quad 27 \quad 16$$

$$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 = 462$$

$$\bar{y} = 7,5$$

$$y_1 = \quad 8,0 \quad 12,5 \quad 6,8 \quad 4,0 \quad 9,5 \quad 7,2 \quad 6,8 \quad 10,5 \quad 2,2$$

$$y_1 - \bar{y} = \quad 0,5 \quad 5,0 \quad 0,7 \quad 3,5 \quad 2,0 \quad 0,3 \quad 0,7 \quad 3,0 \quad 5,3$$

$$(y_1 - \bar{y})^2 = \quad 0,25 \quad 25,0 \quad 0,49 \quad 12,20 \quad 4,0 \quad 0,09 \quad 0,49 \quad 9,0 \quad 28,0$$

$$\Sigma (y_1 - \bar{y})^2 = 79,52$$

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9}\right) \cdot \frac{462 + 79,52}{9 + 9 - 2}} = \sqrt{\frac{2}{9} \cdot \frac{541,52}{16}} =$$

$$= \sqrt{0,222 \cdot 33,9} = \sqrt{7,53} = 2,75$$

$$t = \frac{16,9 - 7,5}{2,75} = \frac{8,4}{2,75} = 3,05$$

A szabadságfok : $f = n_1 + n_2 - 2 = 9 + 9 - 2 = 16$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,120$ /táblázatból/.

99 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,921$ /táblázatból/.

99,9 %-os valószínűségi szinten: $t = 4,015$ /táblázatból/.

Megállapítható, hogy a két érték eltérése 95 és 99 %-os valószínűségi szinten szignifikáns, de 99,9 %-oson már nem szignifikáns.

A 750 és a 900 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapok vízfelvételi eredményeinek összehasonlítása.

$$\bar{x} = 23,3$$

$$x_1 = \quad 23,8 \quad 27,2 \quad 26,9 \quad 12,3 \quad 27,5 \quad 19,5 \quad 26,0 \quad 21,6 \quad 16,7$$

$$x_1 - \bar{x} = \quad 0,5 \quad 3,9 \quad 3,6 \quad 11,1 \quad 4,2 \quad 3,8 \quad 2,7 \quad 1,7 \quad 6,6$$

$$(x_1 - \bar{x})^2 = \quad 0,25 \quad 15,2 \quad 12,9 \quad 123,0 \quad 17,6 \quad 14,4 \quad 7,3 \quad 2,9 \quad 44,5$$

$$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 = 238,05$$

$$\bar{y} = 11,3$$

$y_1 =$	8,5	17,7	15,2	9,1	36,9	6,3	7,1	21,9	8,9
$y_1 - \bar{y} =$	2,8	6,4	3,9	2,2	25,6	5,0	4,2	10,6	2,4
$(y_1 - \bar{y})^2 =$	7,8	40,8	15,2	4,8	652,0	25,0	17,6	112,0	5,7

$$\Sigma (y_1 - \bar{y})^2 = 878,9$$

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9}\right) \cdot \frac{238,05 + 878,9}{9 + 9 - 2}} = \sqrt{\frac{2}{9} \cdot \frac{1116,95}{16}} =$$

$$= \sqrt{0,222 \cdot 69,9} = \sqrt{15,5} = 3,94$$

$$t = \frac{23,3 - 11,3}{3,94} = \frac{12}{3,94} = 3,05$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 9 + 9 - 2 = 16$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,120$ /táblázatból/.

99 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,921$ /táblázatból/.

99,9 %-os valószínűségi szinten: $t = 4,015$ /táblázatból/.

A két érték eltérése 95 és 99 %-os szinten szignifikáns, de 99,9 %-oson már nem szignifikáns.

A 750 és a 900 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapok vastagsági dagadásai értékeinek összehasonlítása

$$\bar{x} = 7,5$$

$x_1 =$	8,0	12,5	6,8	4,0	9,5	7,2	6,8	10,5	2,2
$x_1 - \bar{x} =$	0,5	5,0	0,7	3,5	2,0	0,3	0,7	3,0	5,3
$(x_1 - \bar{x})^2 =$	0,25	25,0	0,49	12,2	4,0	0,09	0,49	9,0	28,0

$$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 = 79,52$$

$$\bar{y} = 5,02$$

$y_1 =$	2,1	10,3	5,5	3,3	8,1	2,7	2,7	8,9	11,6
$y_1 - \bar{y} =$	2,9	5,3	0,5	1,7	3,1	2,3	2,3	3,9	6,6
$(y_1 - \bar{y})^2 =$	8,4	28,0	0,25	2,89	9,6	5,3	5,3	15,1	43,5

$$\Sigma (y_1 - \bar{y})^2 = 118,34$$

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9}\right) \cdot \frac{79,52 + 118,34}{9 + 9 - 2}} = \sqrt{\frac{2}{9} \cdot \frac{197,86}{16}} =$$

$$= \sqrt{0,222 \cdot 12,4} = \sqrt{2,76} = 1,66$$

$$t = \frac{7,5 - 5,02}{1,66} = \frac{2,48}{1,66} = 1,49$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 9 + 9 - 2 = 16$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,120$ /táblázatból/.

A két érték eltérése tehát nem szignifikáns.

A fenti összehasonlító táblázatokból megállapítható, hogy a különböző térfogatsúlyok mellett nyert és statisztikailag vizsgált adatok között nincs szignifikáns eltérés.

A vízfelvétel és a vastagsági dagadás értékeinek vizsgálatánál nyert eredmények azt mutatják, hogy egy adott térfogatsúly felett erősen leredukálódik ezen értékek csökkenésének üteme. Ezt a jelenséget minden fafajnál meg lehet figyelni, tehát ez általános érvényűnek tekinthető.

Bükk forgáccsal végzett kísérlet

A bükk forgáccsal végzett kísérletek eredményei a 19. táblázatban és az 5. ábrán találhatóak.

A 19. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a 450-600 és a 600-750 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapoknál a hajlítószilárdsági értékekben átfedés mutatkozik.

A vízfelvételi értékekben a 450-600 kg/m³, a vastagsági dagadás értékekben a 450-600 és a 750-900 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapoknál mutatkozik átfedés.

Látható még, hogy az 1200 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapoknál a vízfelvétel és a vastagsági dagadás mértéke közel azonos a 900 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapoknál nyert értékekkel.

19. táblázat

Bükk forgácsból készült lapok vizsgálati eredményei.

Térfogatsúly kg/m ³		Hajlítási- lárdság kg/cm ²	Vizfelvétel 1/2 óra után %	Vastagsági dagadás 1/2 óra után %	Alkalmassá- gi szám
Terv	Tényleges				
1.	2.	3.	4.	5.	6.
450	518,1±32,5	54,1±20,6	76,9±14,0	11,20±2,20	0,104±0,035
600	624,0±26,0	117,0±65,5	61,5±1,5	12,60±1,40	0,186±0,097
750	684,1±15,0	149,0±48,0	43,1±4,8	7,40±1,80	0,218±0,097
900	875,0±37,4	421,4±84,0	16,6±10,2	5,92±5,60	0,478±0,099
1050	960,0	430,0	4,0	1,00	0,480
1200	1200,0±28,3	493,6±7,0	13,2±6,5	10,60±2,50	0,40 ±0,60

Megjegyzés: A 450 és 900 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapok adatai kilenc értékelt mérésből, a 750 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapok adatai hat értékelt mérésből, a 600 és 1200 kg/m³ térfogatsúlyu lapok adatai három értékelt mérésből, az 1050 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapok adatai egy értékelt mérésből származnak.

A forgács átlagos hosszmérete: $\bar{x} = 36,1$ mm

$m = 39$ mm

A forgács átlagos vastagsága: $\bar{x} = 0,293$ mm

$m = 0,27$ mm

Az "m" értéke a haranggörbéből adótt, míg " \bar{x} " a számított átlag.

A 19. táblázat adataiban mutatkozó említett átfedések miatt szükséges az egyes értékek közelebbi megvizsgálása.

A 600 és a 450 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapok hajlítási-
lárdsági értékeinek összehasonlítása.

$$\bar{x} = 117$$

$$x_1 = \quad 181 \quad 100 \quad 70$$

$$x_1 - \bar{x} = \quad 64 \quad 17 \quad 47$$

$$(x_1 - \bar{x})^2 = 4070 \quad 289 \quad 2200$$

$$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 = 6559$$

$$\bar{y} = 54,1$$

$$y_1 = 53 \quad 60 \quad 90 \quad 35 \quad 64 \quad 55 \quad 31 \quad 45$$

$$y_1 - \bar{y} = 1,1 \quad 5,9 \quad 35,9 \quad 19,1 \quad 9,9 \quad 0,9 \quad 23,1 \quad 9,1$$

$$(y_1 - \bar{y})^2 = 1 \quad 35 \quad 1285 \quad 364 \quad 98 \quad 1 \quad 530 \quad 82$$

$$\Sigma (y_1 - \bar{y})^2 = 2396$$

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{8}\right) \cdot \frac{6559 + 2396}{3 + 8 - 2}} = \sqrt{\frac{11}{24} \cdot \frac{8955}{9}} =$$

$$= \sqrt{0,458 \cdot 995} = \sqrt{455} = 21,4$$

$$t = \frac{117 - 54,1}{21,4} = \frac{62,9}{21,4} = 2,94$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 3 + 8 - 2 = 9$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,262$ /táblázatból/.

99 %-os valószínűségi szinten: $t = 3,250$ /táblázatból/.

A két érték eltérése 95 %-os valószínűségi szinten szignifikáns, de 99 %-oson már nem szignifikáns.

A 750 és 600 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapok hajlítószilárdsági értékeinek összehasonlítása.

$$\bar{x} = 149$$

$$x_1 = 115 \quad 229 \quad 159 \quad 66 \quad 140 \quad 185$$

$$x_1 - \bar{x} = 34 \quad 80 \quad 10 \quad 83 \quad 9 \quad 36$$

$$(x_1 - \bar{x})^2 = 1156 \quad 6400 \quad 100 \quad 6890 \quad 81 \quad 1290$$

$$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 = 16 \quad 017$$

$$\bar{y} = 117 \quad \Sigma (y_1 - \bar{y})^2 = 6559 \quad n_2 = 3$$

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{6} + \frac{1}{3}\right) \cdot \frac{16 \quad 017 + 6559}{6 + 3 - 2}} = \sqrt{\frac{3}{6} \cdot \frac{22 \quad 576}{7}} =$$

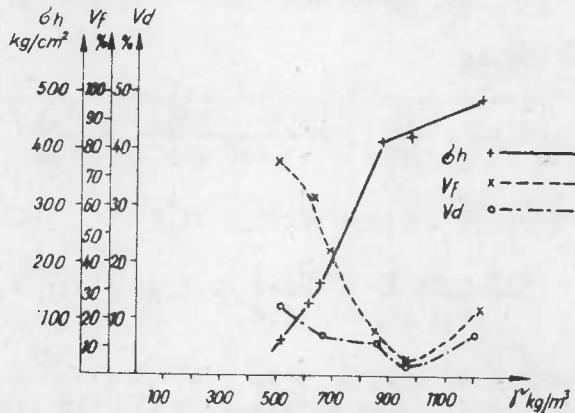
$$= \sqrt{0,5 \cdot 3212} = \sqrt{1606} = 40,2$$

$$t = \frac{149 - 117}{40,2} = \frac{32}{40,2} = 0,796$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 6 + 3 - 2 = 7$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,365$ /táblázatból/.

A két érték eltérése tehát nem szignifikáns.



5. ábra

A térfogatsúly és egyes fizikai-mechanikai tulajdonságok /hajlítószilárdság, vízfelvétel, vastagsági dagadás/ közötti összefüggés, bükk forgácsból készült homogén lapoknál

A 450 és a 600 kg/m³ térfogatsúlyu lapok vízfelvételi értékeinek összehasonlítása.

$$\bar{x} = 76,9$$

$$x_1 = \quad 54,0 \quad 79,2 \quad 72,0 \quad 69,0 \quad 79,0 \quad 94,2 \quad 85,5 \quad 89,2$$

$$x_1 - \bar{x} = \quad 22,9 \quad 2,3 \quad 4,9 \quad 7,9 \quad 2,1 \quad 17,3 \quad 8,6 \quad 12,3$$

$$(x_1 - \bar{x})^2 = \quad 521 \quad 5 \quad 24 \quad 62 \quad 4 \quad 299 \quad 74 \quad 151$$

$$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 = 1140$$

$$\bar{y} = 61,5$$

$$y_1 = \quad 62,5 \quad 60,0 \quad 62,0$$

$$y_1 - \bar{y} = \quad 1,0 \quad 1,5 \quad 0,5$$

$$(y_1 - \bar{y})^2 = \quad 1,0 \quad 2,25 \quad 0,25 \quad \Sigma (y_1 - \bar{y})^2 = 4,5$$

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{8} + \frac{1}{3}\right) \cdot \frac{1140 + 4,5}{8 + 3 - 2}} = \sqrt{\frac{11}{24} \cdot \frac{1144,5}{9}} =$$

$$= \sqrt{0,458 \cdot 127} = \sqrt{58,2} = 7,65$$

$$t = \frac{76,9 - 61,5}{7,65} = \frac{15,4}{7,65} = 2,01$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 8 + 3 - 2 = 9$

95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,262$ /táblázatból/.

A két érték eltérése tehát nem szignifikáns.

A 450 és a 600 kg/m³ térfogatsúlyu lapok vastagsági dagadási értékeinek összehasonlítása.

Tekintettel arra, hogy a magasabb térfogatsúlyok felé a vastagsági dagadás értéke általában csökken, megállapítható, hogy az eltérés nem szignifikáns, mivel a 600 kg/m³ térfogatsúlyu lapok vastagsági dagadása nagyobbak mutatkoztak, mint a 450 kg/m³ térfogatsúlyu lapoké.

A 750 és a 900 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapok vastagsági dagadási értékeinek összehasonlítása.

$$\bar{x} = 7,4$$

$$x_1 = \quad 9,5 \quad 5,0 \quad 6,3 \quad 6,5 \quad 8,0 \quad 9,0$$

$$x_1 - \bar{x} = \quad 2,1 \quad 2,4 \quad 1,1 \quad 0,9 \quad 0,6 \quad 1,6$$

$$(x_1 - \bar{x})^2 = \quad 4,4 \quad 5,7 \quad 1,2 \quad 0,8 \quad 0,4 \quad 2,5$$

$$\Sigma (x_1 - \bar{x})^2 = 15,0$$

$$\bar{y} = 5,9$$

$$y_1 = \quad 6,5 \quad 3,0 \quad 4,0 \quad 2,0 \quad 3,0 \quad 4,5 \quad 9,8 \quad 2,0 \quad 18,5$$

$$y_1 - \bar{y} = \quad 0,6 \quad 2,9 \quad 1,9 \quad 3,9 \quad 2,9 \quad 1,4 \quad 3,9 \quad 3,9 \quad 12,6$$

$$(y_1 - \bar{y})^2 = \quad 0,4 \quad 8,4 \quad 3,6 \quad 15,2 \quad 8,4 \quad 1,9 \quad 15,2 \quad 15,2 \quad 158,0$$

$$\Sigma (y_1 - \bar{y})^2 = 226,3$$

$$s_d = \sqrt{\left(\frac{1}{6} + \frac{1}{9}\right) \cdot \frac{15 + 226,3}{6 + 9 - 2}} = \sqrt{\frac{5}{18} \cdot \frac{241,3}{13}} =$$

$$= \sqrt{0,278 \cdot 18,7} = \sqrt{5,21} = 2,29$$

$$t = \frac{7,4 - 5,9}{2,29} = \frac{1,5}{2,29} = 0,655$$

A szabadságfok: $f = n_1 + n_2 - 2 = 6 + 9 - 2 = 13$

A 95 %-os valószínűségi szinten: $t = 2,150$ /táblázatból/.

A két érték eltérése tehát nem szignifikáns.

A 900 és az 1200 kg/m³ térfogatsúlyu lapok vastagsági dagadási értékeit összehasonlítva megállapítható, hogy az 1200 kg/m³ térfogatsúlynál a vastagsági dagadási értékek magasabbak, mint a 900 kg/m³ térfogatsúlynál. A vízfelvételi értékeket összehasonlítva megállapítható, hogy azok közel azonosak.

A bükk lapokkal nyert eredményeket vizsgálva megállapítható, hogy egy bizonyos térfogatsúlynál nagyobb tömörítés esetében a hajlítózsilárdság értéke ugrásszerűen emelkedik, hasonlóan a cser lapoknál tapasztalt jelenséghez. Megállapítható továbbá, hogy egy bizonyos határon túli növelése a térfogatsúlynak nem jelenti a fizikai-mechanikai tulajdonságok javulását, sőt egyeseknél romlás mutatkozik /vastagsági dagadás, vízfelvétel, alkalmassági szám/.

Nyár, cser és bükk forgácsból, közel azonos forgács alakítás mellett, a térfogatsúly szerepének tisztázására készült lapok eredményeinek összehasonlító vizsgálata.

A három különböző fafaj adatait együttesen vizsgálva megállapítható, hogy az egyes fizikai-mechanikai tulajdonságok a térfogatsúly növekedésével együtt javulnak.

Megállapítható azonban, hogy a cser és a bükk forgács esetében igen jelentős ugrás tapasztalható a hajlítózsilárdság értékében. Ez a jelentős növekedés mindkét fafaj esetében a 900 kg/m³ tervezett térfogatsúlyu lapoknál mutatkozott meg. Ez a jelenség feltétlenül függ a lapok térfogatsúlyának a fafaj térfogatsúlyához viszonyított arányától, azaz a tömörítéstől. Ha ezt a jelenséget így vizsgáljuk, megállapítható, hogy a nyár forgácsból készült lapoknál is fennáll.

Ha a lapok tényleges térfogatsúlyát a fafaj saját térfogatsúlyával osztjuk, megkapjuk a tömörítési tényezőt. A fafaj saját térfogatsúlyánál nagyobb térfogatsúlyu lapok tömörítési tényezőit az alkalmassági számokkal együtt a 20. táblázatban közöljük.

20. táblázat

A tömörítési tényező és az alkalmassági szám kapcsolata a fafaj saját térfogatsúlyánál magasabb térfogatsúlyon

Fafaj	Lap térfogatsúly	Fafaj térfogatsúly	Tömörítési tényező	Alkalmassági szám
1.	2.	3.	4.	5.
Nyár	680	500	1,36	0,491
Bükk	875	730	1,20	0,478
Cser	850	850	1,00	0,402

Megjegyzés: A lap térfogatsúlya 10 % nettó nedvességtartalomra, a fafaj térfogatsúlya légszáraz állapotra vonatkozik. A térfogatsúly kg/m^3 -ben van megadva.

A 20. táblázat adataiból megállapítható, hogy kb. azonos tömörítési tényező esetében a lapok alkalmassági száma is kb. azonos.

Ha azt vizsgáljuk, hogy a fafaj saját térfogatsúlyánál kisebb térfogatsúlyu lapok milyen eredményt mutatnak, az eredmény hasonló lesz.

A tömörítési tényező és az alkalmassági szám viszonyát ez esetben jellemző adatokat a 21. táblázatban közöljük.

21. táblázat

A tömörítési tényező és az alkalmassági szám kapcsolata a fafaj saját térfogatsúlyánál alacsonyabb térfogatsúlyon

Fafaj	Lap térfogatsúly	Fafaj térfogatsúlya	Tömörítési tényező	Alkalmassági szám
1.	2.	3.	4.	5.
Nyár	508	500	1,01	0,258
Bükk	684	730	0,93	0,218
Cser	748	850	0,88	0,245

Megjegyzés: A térfogatsúly kg/m^3 -ben van megadva.

A 20. és a 21. táblázatok adatait vizsgálva megállapítható, hogy a tömörítési tényező jelentős mértékben befolyásolja a lapok hajlítószilárdságát, minden fafaj esetében.

Megállapítható, hogy a tömörítési tényező növekedésével a lapok hajlítószilárdsága nő.

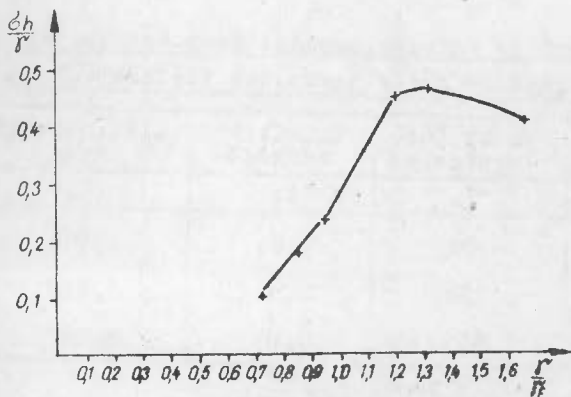
Annak megállapítására, hogy ez a növekedés folyamatos-e, a bükk forgácsból hosszabb sorozatot készítettünk, amelynek eredményei a 22. táblázatban és a 6. ábrán vannak összefoglalva.

22. táblázat

A hajlítószilárdság és az alkalmassági szám kapcsolata a tömörítési tényezővel, bükk forgácsból készült lapoknál

Fafaj térfogatsulya	A lap térfogatsulya	Tömörítési tényező	Hajlítószilárdság	Alkalmassági szám
1.	2.	3.	4.	5.
730	518	0,71	54,1	0,104
730	624	0,85	117,0	0,186
730	684	0,93	149,0	0,218
730	875	1,20	421,4	0,478
730	960	1,31	430,0	0,480
730	1208	1,65	493,6	0,407

Megjegyzés: A térfogatsúly kg/m^3 -ban, a hajlítószilárdság kg/cm^2 -ben van megadva.



6. ábra

A tömörítési tényező és az alkalmassági szám közötti összefüggés, bükk forgácsból készült homogén lapoknál

A 22. táblázatból megállapítható, hogy a térfogatsúly, azaz a tömörítési tényező növekedésével a lapok hajlítószilárdsága nő. Ha azonban az alkalmassági számot vizsgáljuk, megállapítható, hogy egy bizonyos határ után már nem mutatkozik növekedés, sőt csökkenés jelentkezik. Ez arra mutat, hogy kb. 1,5-szeresnél nagyobb tömörítés alkalmazása már nem célszerű. A legkedvezőbb értékek az 1,2-1,3-szoros tömörítési érték mellett mutatkoznak. Így ennek a használata a legcélszerűbb.

A hajlítószilárdság mellett döntő szerepe van a vízfelvétel és a vastagsági dagadás értékeinek is. A tömörítési tényező ezek értékeit is jelentősen befolyásolja. Ha megnézzük a 19. táblázat adatait, látható, hogy a vízfelvétel és a vastagsági dagadás értékel egyaránt csökkennek egy bizonyos határig, ezután azonban ismét nőni kezdenek. Ez ugyancsak azt mutatja, amit a hajlítószilárdsági értékek vizsgálatánál is láttunk, hogy a tömörítési tényező értékét csak egy bizonyos határig érdemes növelni.

A vízfelvétel és a vastagsági dagadás értékeit a különböző fajok szempontjából vizsgálva megállapítható, hogy azonos tömörítési tényező esetében ezek az értékek is kb. azonosak. Erre vonatkozó adatok találhatóak a 23. táblázatban.

23. táblázat

Vizállóság különböző fajoknál, közel azonos tömörítés mellett

Fafaj	Tömörítési tényező	Vízfelvétel %	Vastagsági dagadás %
1.	2.	3.	4.
Nyár	1,36	13,40	4,30
Bükk	1,20	16,60	5,90
Cser	1,00	11,30	5,02

A mérési eredmények alapján levonható végső következtetések

Az elvégzett vizsgálatok eredményei alapján az alábbi végső következtetések vonhatók le:

1. Az utánapritási vizsgálat eredményei alapján a kalapácsos daráló betéteinek célszerű lyukmérete a forgács hosszának 1,5-2-szerese, szélessége pedig legalább 6 mm. A forgács frakcionálására használt szita lyukmérete pedig legalább a forgács hosszának $1/3$ -a legyen.

2. A fenyő forgács esetében reprodukálható a forgács-alakítás és a hajlítózilárdság közötti összefüggést megadó Klauditz-féle görbe.

3. Azonos körülmények közötti gyártás esetében, a különböző forgácstípusoknál a kötőanyag-felhordás szórása azonosnak tekinthető.

4. Igazoltnak vehető az a feltevés, hogy a hajlítózilárdság szórása függvénye a kötőanyag-felhordás egyenletességének.

5. A hajlítózilárdság értékeinek eltérése nem szignifikáns különböző fafajok esetében, de csak azonos térfogatsúly mellett.

6. A fafaj saját térfogatsúlyához viszonyított tömörítési tényező nagymértékben befolyásolja a kész-termék fizikai-mechanikai tulajdonságait. Ennek legkedvezőbb értéke büknél 1,2-1,5 között van.

7. Különböző fafajok esetében az azonos tömörítésű forgácslapok azonos alkalmassági számmal rendelkeznek.

II.

A FÜRÉSZIPARI GŐZÖLŐKAMRÁK OPTIMÁLIS TERMELÉSI FELTÉTELEIRE VONATKOZÓ TECHNOLÓGIAI KUTATÁSOK^{x/}

GIPPERT LÁSZLÓ

Bevezetés

Egyes irodalmi megállapítások szerint a fa gőzölése a faanyagok könnyebb megmunkálhatóságát segíti elő. A fa ligninjének és cserzőanyagainak részleges destrukciója, illetve vegyi átalakulása miatt a gőzölt fában vöröses elszíneződés következik be, fafajonként változóan. Más megállapítások viszont ennek ellentmondóak. Ismeretesek olyan kutatási eredmények is, amelyek kétségbevonják a gőzölés fanemesítő hatását.

A gyakorlat általában ragaszkodik a gőzöléshez és a gőzölt fa felhasználást előnyösebbnek tartja, mint a gőzöletlenét. A gyakorlat ezt a kialakult állásfoglalását azzal indokolja, hogy a gőzölt fa kevésbé dagad, zsugorodik és vetemedik, továbbá szinhatása is sokkal kellemesebb.

Tekintettel azonban arra, hogy a gőzölés technológiai keresztülvitele távlatilag számottevő beruházást igényelne és maga a technológia is költséges, felmerült annak a szüksége, hogy tudományos alapon tisztázzuk, indokolt-e a gőzölés technológiájának fenntartása, avagy javasolható-e az ipar felé a gőzölés elhagyása és a gőzöletlen fűrészáru nagyobb mértékű felhasználása?

A faanyagok gőzölését az alábbi célok elérésére használják:

1. Gőzölés, hámozás, illetve késelés előtt a furnérgyártásban, valamint hajlítás előtt a hajlított butorgyártásban, a fa képlékenységének javítása céljából.

^{x/}1960. évben végzett kutatás.

2. Gőzölés, a fában levő feszültségek kiegyenlítésére szárításkor és ezzel egyidejűleg esetleg előszárítás.
3. Gőzölés, mint az átitatás és telítés előkezelése.
4. Gőzölés, a fűrészáru egyes fizikai tulajdonságainak javítása céljából.

Kutatásunk kizárólag a 4. alatti gőzölésre vonatkozik.

A fűrészáru gőzölése különösen egyes fafajok esetében terjedt el. Egyes szakírók szerint a gőzölés a fa minőségét javítja. A gőzölt bükk alaktartóbb és vetemedésre irányuló kisebb mérvű hajlamossága folytán célszerűbben feldolgozható.

A jól és helyes technológiával gőzölt bükkfának külső jele az átható vöröses szín.

A gőzölési folyamatnál a fa megtartja higroszkopikus tulajdonságait, tehát azt a képességét is, hogy a higroszkopikus övezetben végbemenő nedvesség változások hatására dagadjon, illetve zsugorodjék. Erősen túlzott az a feltételezés, hogy a gőzölés által kémiai alkotóelemek oly mennyiségben távoznak a fából, hogy azáltal a gőzölt fa fizikai és mechanikai tulajdonságai lényegesen megváltoznak. A kioldott anyagok mennyiségileg igen kicsinyek, a fa abszolút száraz súlyának mintegy 1-2 %-át tehetik ki. A gőzölés alatt atmoszféra nyomás mellett, kb. 100°C hőmérsékletben a fa alkotóelemeinek csak kismértékű kilugozódása megy végbe, amikor is hangyasav és az ecetsav is kiválik. Nagyobb gőznyomásnál és egyben magasabb gőzölési hőmérsékletnél a hatás gyorsabban jelentkezik. 3 atmoszféránál nagyobb, tehát 140°C fölötti hőmérsékletű gőzt azonban felhasználni gőzölés céljára nem célszerű, mivel e hőmérsékleten már megkezdődik a fa gyors felbomlása. Ilyen magas hőmérsékleten nagyobb fokú elszíneződés figyelhető meg, amely a gőzölési időtől függ és a fa kezdődő kémiai elbomlásának kísérő jelensége. Ezzel egyidejűleg a fa belsejében sejt-összeroppanások és repedések keletkeznek, rendkívül erős zsugorodás megy végbe.

A gőzöléssel elért minőség javulás, valamint a gőzölt fa jobb állékonytsága - egyes szakírók szerint - az anyagtéren figyelhető meg, ahol egyáltalán nem olyan egyenletesen megy végbe a természetes szárítás és a feszültségek ébredése is nagyobb, mint ahogy azt általában feltételezzük. Ez arra vezethető vissza, hogy a mi körülményeink között az atmoszférikus légnedves-

ség gyakran nem olyan magas, mint az a vastag kemény fák szárításakor az egyensúlyi nedvesség /14-16 %/ végett kívánatos lenne.

A szárítás folyamán különösen erősen zsugorodó bükkfában igen könnyen repedések és a fűrészáru vetemedését okozó feszültségek lépnek fel. Nem meglepő tehát, hogy az ember kereste a lehetőségeket e hiányosság kiküszöbölésére. Hogy milyen mértékben sikerült a fűrészárugőzöléssel ténylegesen a faanyagok fizikai-mechanikai tulajdonságait javítani és hogy célszerű-e a gőzölés technológiáját erre tekintettel fenntartani, arra ad választ e kutatási munkánk.

A gőzölésről általában. A gőzölésnél fellépő folyamatok

Az eddig végzett kutatások értékelése

Feltételezések szerint a gőzölés fontos szerepet játszik a faanyag megmunkálásánál és a fa nemesítésénél. A gőzölés főként a bükk, dió és körtefa esetében terjedt el. A gőzölés széles elterjedése és nagy jelentősége ellenére az ezzel kapcsolatos folyamatokat és tulajdonság változásokat csak részben vizsgálták tudományos alapon. A gyakorlatban még sok pontot illetően bizonytalanság uralkodik. Ennek következtében a legcélszerűbb gőzölési feltételekről /mint pl. a gőznyomás és a gőzölési időtartam/ igen eltérő adatok állnak rendelkezésre. Figyelemre méltóak az Angliában végzett kritikai vizsgálatok /Forest Products Research Laboratory/, bükkfa gőzölését és szárítását illetően. Itt abból indultak ki, hogy az európai kontinensen a bükkfát megmunkálás előtt, többnyire három-négy napig gőzölik, atmoszférikus nyomás mellett. Ennek a következő előnyökkel kell járnia:

1. A fa teljes sterilizálása.
2. A szín javulása.
3. Esetleges száradás.
4. Gőzölés után a mesterséges szárítás megkönnyítése és meggyorsítása.
5. A gőzölést követő szárításnál a károsodások csökkenése.
6. A megmunkálási tulajdonságok javulása.
7. A zsugorodás, illetve dagadás csökkenése.

Egy sor kutatás azonban azt mutatja /Kollmann/, hogy a gőzsel való kezelés a bükkfa általános minőségi tulajdonságait nem befolyásolja említésre méltóan. Egyenként a következőket tapasztalták.

- ad 1. A fa teljes sterilizálása úgy is elérhető, ha 100°C és 100 % relatív légnedvesség mellett egy pár órán át gőzlik. Két vagy három napos gőzölés tehát a csirátlanítás céljából felesleges. Külön csirátlanítás általában csak rendkívüli esetekben szükséges. Ha azonban a bükkfa gyors felfűrészelés után, bemáglyázott állapotban kerül természetes vagy mesterséges szárításra, a külön csirátlanítás felesleges. A gőzölés azonban nem akadályozza meg a fa későbbi fertőződését, tehát nem jelent immunitást.
- ad 2. A bükkfa színe már 6 órás gőzölés után vöröses, kb. 24 óra után kimondottan vörös, tovább gőzölés esetén a színe egyre sötétedik.
- ad 3. A gőzölés alatti száradás mértéke a gőzölt deszkák kezdeti nedvessége és vastagsága szerint változik, és általában csak a rosttelítettségi határérték felett következik be. Közvetlenül a gőzölő kamrából való kivétel után azonban a fa felülete jelentősen kiszárad és az anyag kimondottan száraznak tűnik. Ez a száradás azonban értéktelen és a belső rétegre nem terjed ki.
- ad 4. Angliában májusban gőzölt és gőzöletlen deszkákat szárítottak természetesen uton. Már egy hónap múlva a nedvességkülönbség csak alig több mint 2 % volt és gyakorlatilag a szükséges szárítási időtartam mindkét esetben ugyanaz volt. A gőzölt anyag azonban szemmel láthatóan valamivel nagyobb hajlandóságot mutatott a vetemedésre és kajszulásra.
- ad 5. A mesterséges faszárítás előtti 24 órás gőzölés, ha a szárítás a jól bevált előírás szerinti 12 % végnedvességre történt, a szárítási időtartamban egy kevéssel több, mint 5 % megtakarítást eredményezett. Ennél hosszabb gőzölés az össz-szárítási időtartamot éppen a külön gőzölési szakasz mértékével növelte.

ad 6. A gőzölt fa kereszt irányu fűrészelésénél és hornyolásánál pontosan úgy viselkedik, mint a gőzöletlen, gyalulásnál és kezelésnél azonban vannak különbségek. A vágási ellenállás lassan, de folyamatosan egyértelműen csökken a gőzölési periódus időtartamával. A gőzölt fa felületi részei a gépi megmunkálás után kevésbé mutatnak szálkásodást, azonban a fa egészében nézve valamivel érdesebb. Üzemi tapasztalat szerint a gőzölt fa sokkal gyorsabban tompítja a szerszám-éleket, mint a gőzöletlen.

ad 7. A gőzölt fa higroszkópikus egyensulya valamivel alacsonyabb, mint a gőzöletlené, a dagadás-zsugorodás okozta mértváltások azonban gyakorlatilag ugyanakkorák.

Az előbbieket összefoglalva: a kutatások eredményeként feltelezhető, hogy a bükkfa gőzölés folyamán sterilizálódik és esztétikai szempontból javul. Egyéb előnyök a gőzöléssel nem járnak.

A fa felmelegedése

A gőzölés kezdeti szakaszában a fa felmelegszik és igyekszik környezetének hőmérsékletét felvenni. Hőcsere lép fel a forró gőz és a hideg fa között. A hőmérséklet emelkedése és eloszlása a fában függ az odavezetett gőz hőmérsékletétől, a fa kezdeti hőmérsékletétől, hővezetési tényezőjétől, fajhőjétől és térfogat-súlyától. A három utoljára említett tényező - többé-kevésbé bonyolult módon - függ a fa nedvességétől.

A gőzölésnél a fa a hőkiegyenlítődési állapot elérésétől kezdve melegszik. A hőmérséklet emelkedés a hőbefogadással függ össze, amely a térfogat egységre számítva egyenlő a fajhő és a térfogat szorzatával, míg a hő továbbterjedése a mindenkori hőmérséklet-különbségen kívül a hővezetési tényezőtől is függ, amely a nedvességgel növekszik. A hőmérséklet-változás alakulása a Furie-elmélet segítségével követhető. Ez ugyan pontosabban véve csak homogén anyagokra érvényes, azonban a gyakorlat céljaira az inhomogén fára is használható, közelítő értékeket ad. A számítás szempontjából alapvető fontossága a α -nak, a hővezetőképességének az ismerete, amely $\alpha = \frac{\lambda}{e \cdot \rho}$ képlettel számítható,

ahol: λ = a hővezetési tényező (kcal/mh^o)
 c = fajhő (kcal/kg^o)
 γ = térfogatsúly (kg/m³)

A nedvességtartalom változása a gőzölés alatt

Ha élő-nedves vagy sok szabad vizet tartalmazó fát atmoszférikus nyomás mellett gőzölünk, akkor először száradás megy végbe. A forrponton levő gőzhőmérséklet hatása alatt a szabad víz párologni kezd és megfordítva; a tulszáraz fa nedvességet vesz fel a gőzből. Az anyag mindkét esetben tartós kiegyenlítődési állapot elérésére törekszik, amely a rost-telítettségi határon következik be. Szigoruan nézve természetesen nem lehet rost-telítettségi értékről beszélni, mivel a higroszkopikus állapot mindig ingadozásokat mutat. Ez az ingadozás a szokásos hőmérsékletnél meglehetősen tetemes. Mennyiségileg bizonyítható, hogy a fa szerkezetében előforduló finom kapillárisok /pl. áttörések, nyílások a sejtfalban/ a rost-telítettségi határértékek táján is tartalmaznak szabad vizet. A hőmérséklet emelése mellett azonban a kapillárisok befolyása csökken és ennek következtében emelkedő hőmérséklettel a fa nedvességtartalma valóban egyre inkább a rost-telítettségi ponthoz közeledik.

Gyakorlatilag a kérdést igen bonyolulttá teszik azok a kondenzációs jelenségek, amelyek azonnal fellépnek, ha a gőzölt fát a gőzölőből kivesszük. Közvetlen a gőzölés megkezdése után, amikor a hidegfa a forró gőzzel érintkezik, szintén elkerülhetetlenek az ilyen kondenzációs jelenségek. Ha a kondenzvizet a gőzölőből nem vezetik el, akkor az egyensúlyi fanedvesség üzemi gőzölésnél 40 % nedvességtartalom körül áll be. Ha a gőzöléskor képződő kondenzátumot folyamatosan eltávolítjuk, kísérleteink szerint ugyanaz a nedvességtartalom áll be. Ezek szerint a kondenzviz szerepe a higroszkópos egyensúlyi állapot kialakulásában nem jelentős.

A dagadási tulajdonságok változása a gőzölésnél

Különbséget kell tennünk a gőzölés alatti dagadás és a gőzölésnek a későbbi dagadási tulajdonságokra való hatása között.

A dagadást okozó vizet a sejtfalak a gőzölésnél igen gyorsan felveszik. 10° C hőmérséklet emelkedésre F. Kollmann a dagadási sebesség növekedését 0 és 1 atü. közötti nyomáson 1,5-szeresre számította ki.

A gőzölés alatti dagadás alakulásánál fontosabb az a kérdés, hogy változnak-e a későbbiekben a dagadási tulajdonságok a gőzölés következtében? C.G. Schwalbe és W. Ender a dagadási képesség gőzöléssel elérhető csökkenését mutatták ki. Ők kétségtelenül megállapították, hogy ez a javulás gyakorlatilag csak a szijácsban említésre méltó, a gesztben ezzel szemben nem. F. Kollmanntól származó adatok szerint a gőzölésnek, a gőznyomásnak és az időnek önmagában véve felmérhető hatása van a dagadásra. Már a szokásos, kereken 100° C melletti gőzölés kb. 12 %-os dagadású csökkenést eredményez. A 0 atü és 1 atü gőznyomás között gyakorlatilag nincs különbség, mivel az utóbbi esetben a dagadás csökkenés 13 %, a különbség tehát mindössze 1 %.

Ezek az értékek azonban gyakorlatilag alig eredményeznek számbavehető méretváltozásokat, amire az alábbi példa utal:

A bükk hurirányú dagadása	11,8 %
A bükk sugárirányú dagadása	5,8 %
Átlag:	$17,6:2 = 8,8 \%$
Rost-telítettségi határ:	30 %
Dagadás 1 vizeztartalmu fokra:	$8,8:30 = 0,293\%$

A gyakorlatban /pl. a butoriparban/ a várható nedvesség ingadozás maximum 4 % /8 %-ról 12 %-ra/.

Ezek szerint 1 m-es bükk faanyag hur- /és sugárirányú dagadása 8-12 %

fanedvesség változásakor: gőzöletlen	11,72 m/m
gőzölt	10,31 m/m
különbség	$1,41 \text{ m/m} /$

amely gyakorlatilag elhanyagolhatóan csekély.

A mechanikai tulajdonságok változása

Amíg a fa alkotórészei ki nem oldódnak és ezzel súlyvesztés nem lép fel, a nyomószilárdságra a gőzölésnek nincs számottevő befolyása. Magasabb nyomású gőz alkalmazásánál azonban

elkerülhetetlenek az ebből eredő anyagveszteségek. Kőrísfá esetén, 3 atü-vel történő gőzölésnél a súlyvesztés megközelítőleg négyzetesen nő a gőzölési idővel. A nyomószilárdságra egy látzólag igen szabálytalan futású görbét kapunk, csucsokkal és völgyekkel. Szigorubb vizsgálat esetén azonban nem lehet félreismerni hosszabban tartó gőzölési idő mellett az értékek közeledését a görbe eséséhez. Mivel azonban a nyomószilárdság a fa térfogatsúlyával arányos, a $\Delta G(\%)$ súlyvesztéséből és az eredeti nyomószilárdságból számítható egy a ΔG súlyvesztéséget okozó gőzölési időtartam után σ_{dB_2} nyomószilárdság csökkenés.

A számított görbe mutatja, hogy a nyomószilárdság milyen esése lenne várható, ha a tulajdonságok semmiféle szórással nem rendelkeznének.

Kémiai folyamatok gőzölés alatt

Emelkedő gőznyomással és növekedő gőzölési idővel a fa színe egyre sötétebb lesz. Az eredetileg fehéres-sárga fa 3 atü melletti, 120 perces gőzölés után sötétbarna színt kap. Ez a jelenség száraz hővel való kezelés esetén is fellép. Az irodalomban ismételten utalnak a barna elszíneződésnek, mint a fabomlás kísérő jelenségének a jelentőségére. Biztosnak tekinthető, hogy a gőzölésnél mindenek előtt a gyanták és a zsírok kilugozódása megy végbe. Emellett esetleg már néhány különösen rövid láncú szénhidrogén részecske is távozik, majd hidrolitikus folyamatok jönnek létre, amelyek annál energikusabbak, minél magasabb a hőmérséklet és a nedvességtartalom.

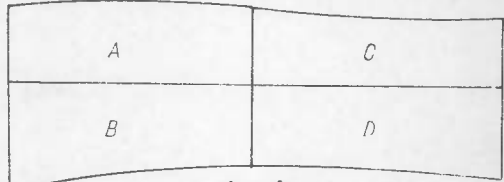
Már mérsékelt hőmérséklet emelkedése mellett figyelemre méltó a pentozánok gyors csökkenése. Magasabb hőmérsékleteken a cellulóz is erősen bomlik, míg az elemzéssel megállapítható lignin - bizonyos körülmények között - súly %-ban növekszik. Az előbbieket alapján feltételezhető, hogy először - bizonyos mértékben már 100°C alatt - ecetsav és hangyasav keletkezik. Erre mutat a gőzölésnél fellépő tipikus szag és a kondenzátum pH értékének gyors esése is. A savak együttes hatására 100°C felett a könnyen hasadó pentozán részek hidrolizálódnak. Emelkedő hőmérséklettel a pentozánok furfurollá történő átváltozására is sor kerül.

Módszertani rész

A fűrészlemez-ipar mintegy 60 000 m³ bükk gömbfát dolgoz fel fűrészárúvá, parkettléccé és egyéb terméké. A termelvények egy része gőzölt állapotban jut el a továbbfeldolgozó iparhoz. Világszerte vitatott kérdés azonban a gőzölés és annak értéke. Ezért kellett foglalkoznunk azzal, vajon szükség van-e egyáltalán gőzölésre, és ha igen, milyen legyen a gőzölés helyes technológiája? A kutatás célja tehát kettős:

- a/ tisztázni az optimálisnak látszó gőzölési technológiát;
- b/ megvizsgálni, vajon egyáltalában célszerű és gazdaságos-e a termelt bükk fűrészárut gőzölni a fa nemesítés érdekében?

A kutatási munkánk elvégzéséhez szükséges fűrészárut viszonylagosan egységes anyagból választottuk ki. Fűrészáru vastagságának 40 mm-t választottunk, amely megfelelt a kívánt próbatestek kialakításához. A munkadarabokat különös gonddal válogattuk ki. Ügyeltünk arra, hogy a vizsgálatokban a huzott és a nyomott övezet egyenlő arányban szerepeljen. A kialakított anyagok méretei: hosszúság 120 cm, szélesség 23-32 cm. Ezeket az anyagokat négy



1. ábra

részre vágtuk, a két-két átlós irányu anyagot kívántuk megvizsgálni. Ezeket a negyedeket A, B, C és D jelzéssel láttuk el. Az A és a D jelűeket gőzöltük, míg a B és C jelűeket gőzöletlenül hagytuk, összehasonlító vizsgálat céljából /1. ábra/.

Az egyes tényezők vizsgálati módszerei

a/ A fa felmelegedési időtartamának megállapítása

A vizsgálatok előtt több üzemben előtanulmányt végeztünk, a hőmérséklet megállapítására vonatkozóan. Méréseink szerint 93-97° C között ingadozott a hőmérséklet. Az intézeti kísérleti gőzölő berendezésben az üzemi állapotot állítottuk be. A 40 mm

vastag fűrészáru 20° C-ról 97° C-ra folyamatosan és fokozatosan 3 óra alatt melegítettük be.

A felmelegedés idejének számításához Vorreiter nyomán az alábbi matematikai összefüggést alkalmaztuk:

$$Z = \frac{\ln\left(\frac{16}{\pi^2} \sin \frac{\pi x}{b} \sin \frac{\pi y}{h}\right) - \ln\left(\frac{t_i - t_w}{t_a - t_w}\right)}{\pi^2 \left(\frac{a_r}{b^2} + \frac{a_t}{h^2}\right)}$$

$$Z = \frac{\ln 16 - \ln 9,87 + \ln \sin \frac{3,14-10}{20} + \ln \sin \frac{3,14 \cdot 2}{4} - \ln(90-100)}{9,87 \left(\frac{0,00064}{0,04} + \frac{0,00058}{0,0032}\right)}$$

$$= \underline{\underline{1,56^h}}$$

ahol:

- Z = a felmelegedési idő órákban
- b = 20 cm, a fa sugármenti szélessége
- h = 4 cm, a fa érintőleges vastagsága
- a_r = 0,00064 m²/óra sugármenti hőátadási tényező
- a_t = 0,00058 m²/óra érintőleges hőátadási tényező
- t_a = 10° C a fa kezdeti hőfoka
- t_w = 100° C a gőzölőkamra hőfoka
- t_i = 90° C a kívánt hőmérséklet a fa belsejében.

Bár a fenti számítás meghatározott felmelegítési időt eredményez, a gőzölési kísérleteknél kénytelenek voltunk ettől eltérni. Termóelemmel történt, szurópróbaszerű ellenőrzéseknél ui. azt tapasztaltuk, hogy a képlettel számított időtartam alatt a gőzben levő fűrészáru belső részei nem melegednek fel a kívánt 90°-os hőmérsékletre, hanem a fa belsejében ténylegesen mérhető hőfok ennél jóval alacsonyabb. Figyelembevettük továbbá, hogy a

gőzölési kísérletek laboratóriumi berendezésen folytak, gondos ellenőrzés mellett, ezzel szemben az üzemekben alkalmazott technológiáknál, különösen a hőmérséklet biztosítása tekintetében üzemi gőzölőkben a felmelegedés időszaka lényegesen meghosszabbodik.

Az előbb ismertetett elgondolások alapján arra kellett törekednünk, hogy a kísérleteket az üzemi körülményeknek megfelelően paraméterekkel végezzük és ezért felmelegítési /és egyben lehítési/ periódusnak 3 óra időtartamot választottunk. Ez az időtartam szükséges ahhoz, hogy az üzemi gőzölőkben a fa belsejében a 90° hőmérséklet ténylegesen bekövetkezzék.

A termóelem elhelyezését a faanyagban a 2. ábra mutatja.

Technológiai szempontból igen fontosnak tartjuk a gőzölés utáni lehítés szakaszát is. A lehítés fokozatossága éppen olyan fontos, mint a felmelegítésé. A lehítés fokozatosságának elhagyása meghibásodásokhoz vezethet, növekszik a repedések száma. Ugyanis a száradás feltételeinek változása fokozza a fán belüli nedvesség-gradienseket, így belső feszültségek jönnek létre, melyek repedésekben nyernek kiegyenlítődést. A lehítés időtartamát egyezőnek vettük a felmelegedés időtartamával.

b/ A fa nedvességének szerepe a gőzöléskor

Ha az élő-nedves, tehát a nagy mennyiségű szabad vizet tartalmazó fát gőzöljük, akkor a fa igyekszik szabad vizének egy részét leadni. Ez a vízleadás annál gyorsabb, minél nagyobb a fa víztartalma és minél közelebb áll a hőmérséklet a forrponthoz. Elméletileg ennél az állapotnál a fa víztartalmának annyira kell csökkennie, hogy megközelítse a rost-telítettségi állapotot. Ha pedig kiszáradt fát gőzölünk, annak végső nedvességi foka a rost-telítettségi határnak megfelelő egyensúlyi állapotba kell jusson.

A gyakorlatban a bükk fűrészáru gőzölése esetén a jelenség bizonyos mértékben eltér az elmélettől. Kutatásaink során 32 esetben vizsgáltuk és hasonlítottuk össze a gőzölés előtti és gőzölés utáni fa nedvességtartalmakat. A vizsgálatoknál a kiszáritásos eljárást alkalmaztuk.

c/ A gőzölési időtartam helyes megválasztása

A faanyag gőzölés időtartamának helyes szabályozása céljából elsősorban az anyag vastagságát kell figyelembe venni. Ezért

a gőzlőbe csak azonos vastagságu anyagot szabad egyidőben gőzlés céljára bevinni. Ugyanilyen megfontolás szerint az anyagnak megközelítőleg azonos nedvességűnek kell lennie.

A jelenlegi előírások szerint a többféle vastagságu anyag gőzlési ideje 37-72 óráig tart. Kutatásaink során hat órás lépcsőkben 8 széria gőzlést végeztünk, és ezek szerint 48 óra volt a leghosszabb gőzlési időnk. A 8 széria gőzlésből választottuk ki a 40 mm-es bükk fűrészáru gőzléséhez szükséges optimális időtartamot.

A gőzlés idejének meghatározását J. Kisser és A. Steininger mikroszkópikus módszere alapján végeztük. A vizsgálat alapja, hogy a gőzlés hatására a bélsugar parenhimákban felhalmozott keményítőszemcsék kristály szerkezete szétesik, illetve elmállik. A gőzlés hatásfoka annál jobb, a keményítő szemcsék kristály szerkezetének, minél nagyobb %-a omlik össze. Ilyenkor ez százalékosan 95-100 % közé esik. Jellemző, hogy a keményítő szemcsék kristály szerkezetének szétmállása csak vizgőz jelenlétében jön létre. Ha ui. a bükk fűrészárut mesterséges szárításnak vetjük alá /pl. 100° C hőmérséklet mellett/, ebben az esetben a keményítőszemcsék szétmállása nem következik be. Az ilyen irányú vizsgálatok alkalmából egy esetben sem sikerült ezt a jelenséget megállapítani, ami pedig gőzléskor minden esetben kimutatható volt.

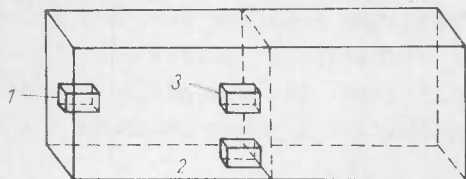
A vizsgálatokról az alábbi módszert alkalmaztuk:

A nyolcféle gőzlési széria egy-egy bükkpallójából három helyről vettünk mikrotom-metszésre megfelelő mintaanyagot /3. ábra/

Pallóvégről középről /1/

Pallóhossz felénél kettévágott pallószélről /2/

Pallóhossz felénél pallóközépről /3/



3. ábra

A mintaanyagokon vacuum alatt langyos vizet szivattunk át és abban áztattuk 1-2 napig. Minden egyes mintaanyagból sugár irányú metsze-

teket készítettünk, azokat jóddal kezeljük. Dokumentálás céljából néhány metszetről mikroszkópikus felvételt készítettünk,

Ortholux mikroszkópon át, Agfa Superpan normálfilmre, Exacta Warex fényképezőgéppel.

A gőzölés idejének meghatározását 6 órás gőzölési időszakokra vonatkoztatva vizsgáltuk, a leírt módszerrel. Ezeket a vizsgálatokat dr. Filló Zoltán tud. munkatárs végezte.

d/ A gőzölés okozta elszíneződés vizsgálata

A gőzölt fa színe a gőzölés következtében sötétebbé válik. Így a platánfa vöröses-barnás csikoltságot kap, a juhar kékeslila lesz, a cseresznye és a bükk megvörösödik. A diófa színe is sötétebbé válik.

A gőzölt bükkre jellemző vörhenyes szín biztosítása végett kívánatos, hogy a fa egész tömegében minél több nedvességet tartalmazzon. A gőzölésnél az álgeszt és a szijács közötti színkülönbség is eltűnik. Az álgeszt éppen olyan jól átgőzölődik, akár csak a szijács réteg és sötétebb elszíneződést kap. A gőzölt bükkfánál egyik legalapvetőbb követelmény, hogy a vörös szín mind a szijácsban, mind az álgesztben egyöntetű és a fa teljes keresztmetszetében egyenletes legyen.

A szín megállapítását fotometrikus eljárással végeztük, Pulfrich-féle fotométerrel. A fafelületről visszavert fény színkép eloszlását hat színszűrő és bárium-fehér lap segítségével határoztuk meg.

e/ A gőzölés összefüggése a fa nedvességtartalmával

A gőzölésnek alávetett fával szemben általában követelmény, hogy nagy mennyiségű szabad vizet tartalmazzon. A gőzölőkamrák kapacitásának növelése érdekében azonban célszerű lenne a bükk fűrészáru gőzölését egész évre kiterjeszteni. Ebben az esetben a gőzölendő fűrészárúnak egy része /az év második felében/ már a rost-telítettségi határon aluli nedvességtartalommal rendelkezne.

Kutatásaink során kísérletet végeztünk rost-telítettségi határ alatti nedvességtartalmu bükkfa gőzöléssel. Megállapítottuk, hogy a gőzölés folyamán a száraz fa a rost-telítettség határáig, sőt azon felüli vízfelvételre is képes. Ez a megfigyelés teszi érthetővé a száraz bükkfa gőzölésekor észlelt színváltozást.

A száraz bükkfa gőzölése esetén a nedves bükkéhez hasonló szín érhető el. Az eredményt úgy értük el, hogy a gőzölési időt meghosszabbítottuk. A felmelegítési és a lehütési időt nem változtattuk. A kísérletek céljából 3 széria gőzölést készítettünk, összesen 58 próbatestet alakítottunk ki.

A gőzölt faanyag vizsgálat módszerei

a/ Térfogatsúly

A gőzölés alatt a fában kilugozódási folyamat megy végbe. Ez a folyamat a faanyag térfogatsúlyában különösebb változást nem hoz létre. A gőzölt bükkfa térfogatsúlya, a gőzöletlen bükkfa térfogatsúlyához viszonyítva, számottevő különbséget nem mutat. A kutatás céljára 1500 db próbatestet alakítottunk ki és vizsgáltunk meg. A vizsgálatokat a 13 315 sz. szabványelőírás szerint végeztük.

b/ Nyomószilárdság

A gőzölt bükk fűrészáru fizikai és mechanikai tulajdonságai megváltozása mértékének foka függ a gőzölés időtartamától és a gőzölő kazánban uralkodó nyomás nagyságától, illetve a hőfoktól. A magasabb hőmérsékleten /135° C-on/, illetve 3 atü nyomáson történő gőzölés a fa fizikai és mechanikai tulajdonságait nagymértékben befolyásolja. A bükkfa fűrészáru 100° C körüli gőzölésénél ezeket a tulajdonság változásokat ilyen mértékben kimutatni nem lehet. Kutatásaink során a tulajdonságok változásának kimutatására a nyomószilárdság vizsgálatát választottuk. E vizsgálatra 1500 db próbatestet készítettünk. A vizsgálatokat a 6786 sz. szabvány előírásai szerint végeztük.

c/ A gőzölt fa zsugorodása és dagadása

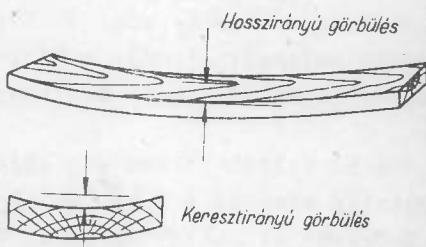
Mind a külföldi, mind a hazai irodalomban sokfelé találkozhatunk azzal a felfogással, hogy a fa a gőzölés folytán többé már nem dagad vagy zsugorodik, tehát alaktartóbb lesz. Ez a felfogás téves. A gőzölt fa megtartja higroszkópikus tulajdonságait. A zsugorodás, illetőleg dagadás reverzibilis folyamat és mindkét értelemben fennáll, valahányszor nedvességváltozás következik be. E jelenséget azonban a hiszterézis miatt nem lehet

szimmetrikusan reverzibilisnek tekinteni. Mindenesetre téves azt állítani, hogy a jól gőzölt és kiszáradt fa nedvesség felvételre már nem képes és többé nem is dagad.

A zsugorodás és dagadás kérdésének tisztázására a bükkfa gőzölésére 650 db próbatestet alakítottunk ki és vizsgáltunk meg a 13 313-14. sz. szabvány szerint.

d/ Vetemedési vizsgálat

A gőzölt faanyagról a feldolgozó iparnak az a véleménye, hogy "nyugodtabb", mint a gőzöletlen. A fának gőzölés útján bekövetkezett némi puhulása a fatestben levő feszültségeket feltehetően mérsékli, mert ha a fa rostjai megpuhulnak, a fa lineáris méret változása inkább lehetővé válik. A gőzölt és gőzöletlen bükkfa ilyen értelmű vizsgálata érdekében 60 cm hosszú, 10 cm széles és 10 mm vastag próbalapokat készítettünk. Ezeket a lapokat, vízszintesen elhelyezve természetes klimatikus viszonyoknak tettük ki és közben két héten keresztül regisztráltuk a hosszirányú és keresztirányú vetemedést, a siktól való eltérés megállapításának útján /4. ábra/.



4. ábra

Ezeket a lapokat, vízszintesen elhelyezve természetes klimatikus viszonyoknak tettük ki és közben két héten keresztül regisztráltuk a hosszirányú és keresztirányú vetemedést, a siktól való eltérés megállapításának útján /4. ábra/.

A vizsgálatok értékelése

A gőzölési folyamat vizsgálati eredményei

a/ A fa felmelegedési időtartamának megállapítása

A bükk fűrészárúnak a gőzölőkamrába való berakása és a gőzölő berendezés lezárása után a gőz adagolása lassan, fokozatosan történt. A fa felmelegedési ideje alatt a gőz lassu adagolása igen fontos szerepet játszik a gőzölés jó technológiájában. A gőzölés beindításánál a hirtelen hőhatás következménye nagyfokú bűtü, valamint felületi repedések keletkezése. Mint már ismère-

tes, ezek a repedések a belső feszültség kiegyenlítődésének következményei. A hő hatására a fa belső és felületi hőmérsékletének különbsége következtében a fa felületéről párolgás indul meg. E párolgás nagysága függ a kazánban uralkodó hőmérséklet és a fa hőmérséklete közötti különbség nagyságától. Minél nagyobb a hőmérséklet különbség, annál nagyobb feszültség lép fel a fában, mely repedésekhez vezet, illetve repedésekben egyenlítődik ki. E megfontolás alapján arra kell törekedni, hogy a fa, lassu felmelegedéssel teljes keresztmetszetében felmelegedjék, továbbá hogy a hőközlő közeg és a fa hőmérséklete között kicsi legyen az eltérés. Az a megállapításunk, hogy a gyors hőközlés következménye, ha nem is a kamra egész rakományán, de a gőzbeáramlás környezetében feltétlenül tapasztalható volt. A lassu felmelegedésnél a hideg fát érő gőz a fán lecsapódik, vagyis a felületét először nedvesíti, majd a hő folyamatos emelése következtében a faanyag is felmelegszik anélkül, hogy azon meghibásodás történne.

A fa felmelegedése a gőzölésnél igen nagyfontosságú. Vizsgálataink alapján a felmelegítés legkedvezőbb idejét bükk anyagra 3 órában állapítottuk meg. Különösen ügyelni kell a felmelegedés fokozatosságára. A szükséges értéket úgy kaptuk meg, hogy a fa kezdeti hőmérséklete és a kívánt hőmérséklet közötti hőfok különbséget osztottuk 180-nal. Így megkaptuk, hogy percenként hány fokkal kell emelni a fa hőfokát. Ez számokban kifejezve pl:

$$\text{A fa kezdeti hőfoka} = 20^{\circ} \text{C} = t_1$$

$$\text{A fa kívánt hőfoka} = 96^{\circ} \text{C} = t_2$$

$$\text{A fa felmelegedési ideje 3 óra} = 180 \text{ perc}$$

$$\text{A percenkénti hőfok változás} = \frac{t_2 - t_1}{180} = \frac{96 - 20}{180} = 0,42^{\circ} \text{C perc}$$

A gyakorlatban az üzem e kis hőmérséklet változást percenként végrehajtani nem tudja, ezért annak tizszerese, azaz tizpercenkénti hőemelés javasolható. Így az előbbi példában 10 percenként 4,2 C^o-kal kell a gőzölőkamra hőfokát emelni.

A javasolt 3 órás felmelegítési idő megállapításához, a Vorreiter-féle számítási módszertől eltérően, termoelemekkel történő méréseket végeztünk. A termoelemekkel történő mérések

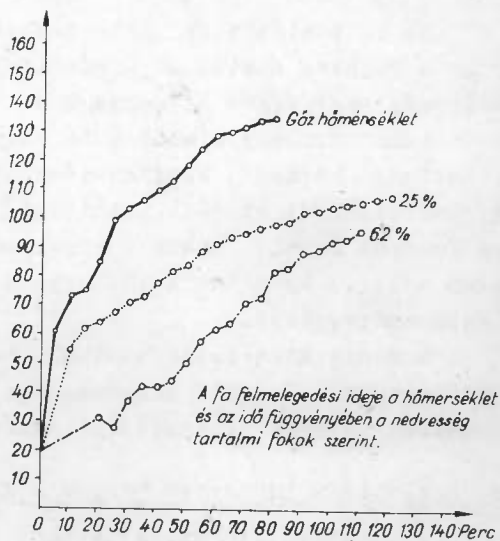
tapasztalata azt mutatta, hogy a számított 1,56 óra = 93 perc idő a fa hőmérsékletének 90°-os felmelegítéséhez csak akkor elegendő, ha a gőztérben legalább 130°-os hőmérséklet uralkodik. Számos méréssel azonban megállapítottuk, hogy az üzemi gőzölők hőmérséklete 93-95° C között ingadozik. A laboratóriumi berendezésben végzett termoelem mérések is azt igazolták, hogy 40 mm és ennél vastagabb fűrészáru belsejének 90°-ra történő felmelegítéséhez legalább 2,5 - 3 óra időtartam szükséges.

A termoelemmel végzett mérések eredményeit az 5. ábra szemlélteti, 25-62 %-os kezdeti fa nedvességi anyagra vonatkozóan.

b/ A nedvesség hatása a gőzölés során

A különböző idők mellett végzett gőzölésnek a nyersfa viztartalmának csökkenésére vonatkozó sorozatvizsgálatok eredményeit az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat



5. ábra

Gőzölési idő órákban								
	6	12	18	24	30	36	42	48
kezdeti nedvesség tartalom %	76,5	73,9	77,-	76,-	69,-	67,-	68,-	70,-
végnedvesség tartalom %	57,-	51,3	45,3	49,1	49,3	45,7	40,7	43,6
különbség %	19,5	22,6	31,7	26,9	19,7	21,3	27,3	26,4

Az 1. táblázatban ismertetett mérés sorozat azt igazolja, hogy a gőzölés alatt, a - gőzölési időtől függően - nedvesség változás megy végbe a faanyagban. Az idő függvényében vizsgálva a folyamatot, egy bizonyos idő után megközelítjük a fa rost-telítettségi határát. Megfigyeléseink vannak arra az esetre is, ha a gőzölőkamrába rost-telítettségi határ alatti nedvesség tartalmu faanyag kerül. Ekkor a gőzölendő faanyag vizet vesz fel egészen addig, amíg nem kerül egyensúlyba a környezetében uralkodó légparaméterekkel.

A fenti kísérletsorozatból megállapítható, hogy a gőzölt bükkanyag kiegyenlítő fanedvessége a gőzölési idő függvényében közeledik a rost-telítettségi határérték felé.

c/ A gőzölési időtartam helyes megválasztása.

A gőzölési idő vizsgálatánál azt az optimális gőzölési időt kerestük, mely alatt a faanyag teljes keresztmetszetében gőzöltnek mondható. A gőzölés időtartama legfőképpen a gőzölés alatti hőfoktól, illetve nyomástól függ. Minél kisebb a nyomás, annál hosszabbnak kell lennie a gőzölési időnek. Hazai viszonylatban a bükk fűrészáru gőzölésére magas nyomást nem alkalmaznak, a kamra hőmérséklete pedig általában $93-95^{\circ}\text{C}$. A faanyag gőzölési időtartamának szabályozása érdekében az anyag vastagságát és annak kezdeti nedvességállapotát kell figyelembe venni. Ezért egy kamra-töltéshez közel azonos vastagságú anyagot kell berakni, amelyhez azonos felmelegedési és gőzölési idő szükséges.

Egyes kutatók, a gőzölési idő kiszámítására - tájékoztató adatként -, az anyag vastagságának minden cm-ére 18 órai, mások viszont 6 órai időtartamot jelölnek meg.

Elterjedt a gyakorlatban, hogy a fa gőzölési időtartamát a gőzölőből kifolyó kondenzvíz színe szerint határozzák meg. A gőzölés kezdetén a víz tiszta és színtelen, bizonyos idő múltán zavaros és sötét színűvé válik, később újból fokozatosan tiszta és világos színű lesz. Ekkor tekintik a gőzölést befejezettnek.

Vizsgálataink során a felmelegedési idő és a lehűtési idő között kondenzvíz mintákat vettünk a gőzölőből. Az elfolyó kondenzvízből a mintákat minden óra kezdetén, 100 g-os edénybe fogtuk fel. A vizsgált kondenzvíz kémiai analízise azt bizonyítja, hogy abban túlnyomó részben hangyasav található, ezért a vizsgálá-

latokat a hangyasav tartalom megállapítására végeztük. A vizsgálatok eredményét a 6. ábra tünteti fel. A kondenzvizben levő hangyasav azonban nem okoz a kondenzvizben színváltozást, mert a felfogott víz a gőzölés egész időtartama alatt nem mutatott szemmel látható színváltozást. A kondenzviz színváltozása alapján a gyakorlatban elterjedt meghatározási módszer értéke tehát kétségbevonható. Valószínű, hogy egyes esetekben az üzemi gőzöléseknél a kondenzviz valamiféleképpen szennyeződik és ez okozza a színváltozást.



6. ábra

A kutatás során a gőzöltség fokát a már leírt J. Kiss és A. Steininger módszerrel állapítottuk meg.

A 6 óráig gőzölt mintadarabokon még csak a keményítőszemcsék szétmállásának kezdeti állapota figyelhető meg. A 12 és 18 óráig gőzölt anyag vizsgálata a keményítőszemcsék fokozott szétmállását mutatja. A 24 óráig gőzölt anyagnál a szemcsé szétmállás már erőteljes, egyre több apró törmelék szemcsé figyelhető meg a bélsugár parenhima sejtjében. A keményítőszemcsék szétmállása, részbeni feloldása erőteljes. A vizsgálati anyag teljes keresztmetszetében a leírt képet mutatja, ezért ipari szempontból gőzöltnek tekinthető. /L. 7. és 8. ábra./

A 30-48 óráig terjedő gőzölésnek kitett vizsgálati anyagban a keményítő már teljesen szétmállott, legfeljebb igen apró részecskék figyelhetők meg a parenhimasejteken belül, nagyrésztük teljesen feloldódott. Ez a jelenség a sejt tartalmának jód-vizes kezelése hatására mikroszkópban jól látható kékes, lilás elszíneződésében nyilvánul meg. /L. 9. ábra./

A vizsgálatok alapján tehát megállapítható volt, hogy 40 mm vastag anyag, üzemi körülmények között 24 óra alatt teljesen gőzöltnek tekinthető. Más vastagságú anyag gőzölési idejének meghatározására F. Kollmann átszámítási képletének használata javasolható. Eszerint:

$$z_2 = z_1 \left(\frac{a_2}{a_1} \right)^2$$

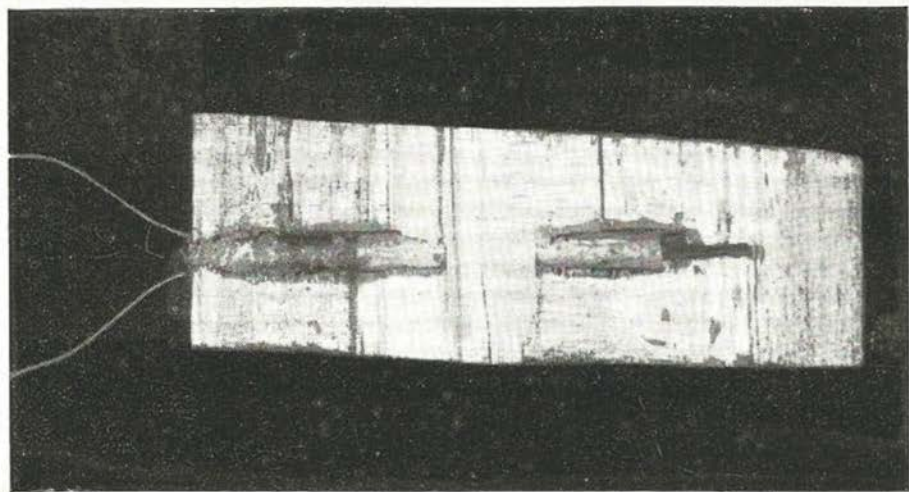
ahol: z_1 = az ismert gőzölési idő órákban
 a_1 = a faanyag ismert vastagsága
 z_2 = a keresett gőzölési idő órákban
 a_2 = a gőzölendő anyag vastagsága.

Ha a 40 mm vastag anyag gőzölési idejét 24 órának vesszük, a számított értékek a 2. táblázat szerint alakulnak.

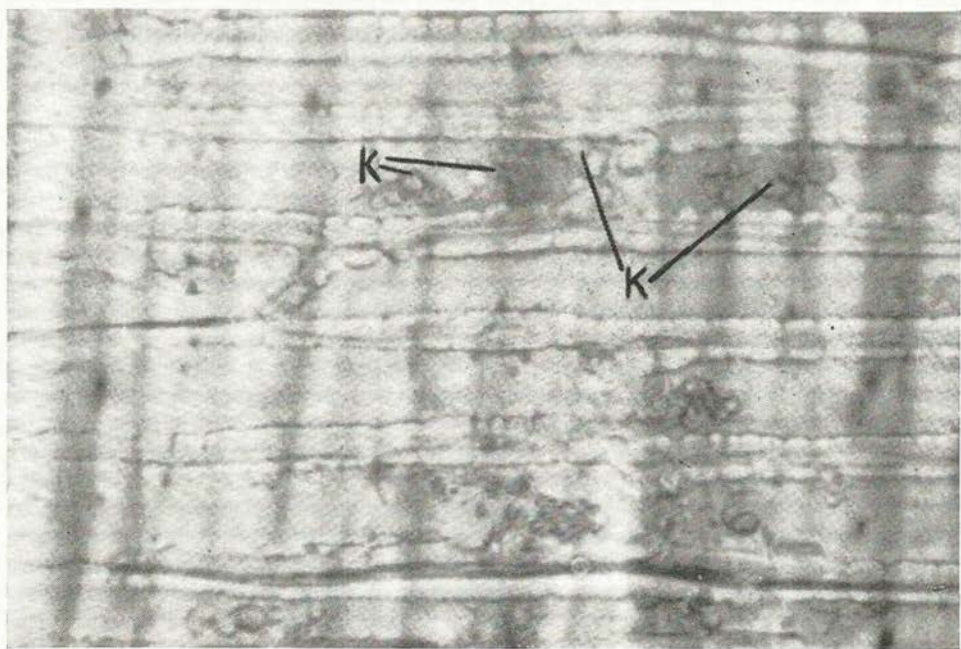
2. táblázat

Vastag	25	40	50	60	70	80	90	100
gőzölési idő	15	24	37,5	54	74	96	135	150

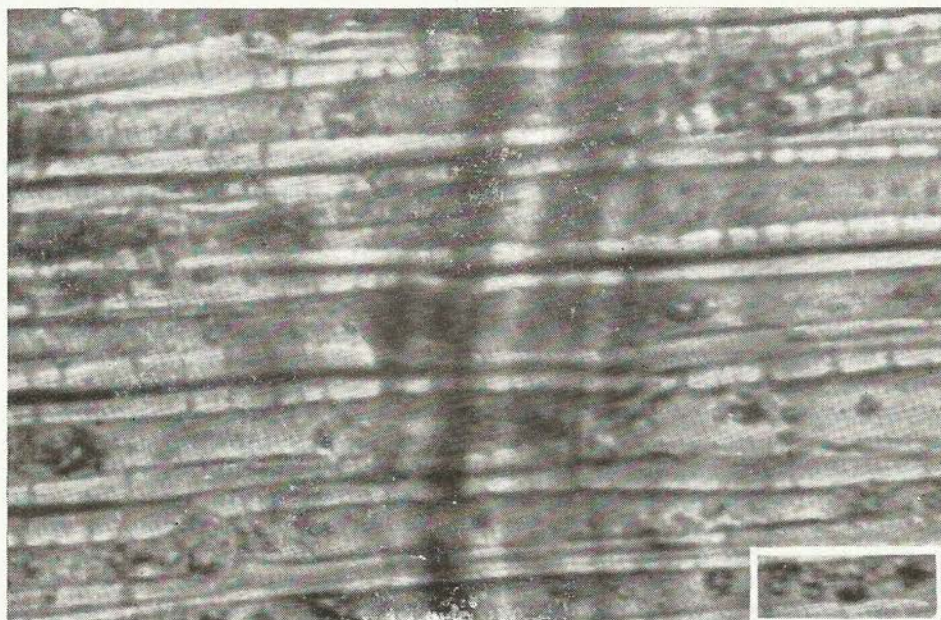
A vizsgálatok azt eredményezték, hogy a gyakorlatban szokásos, a kondenzvíz színváltozásán alapuló módszer nem fogadható el a gőzöltség fokának meghatározására. Javasolható a Kisser- és Steininger-féle módszer, amely egyben lehetőséget nyújt arra, hogy a gőzölési idők, a jelenleg szokásos időkkel szemben csökkenthetők legyenek. Ennek az érvényesítésére szabványosítás szükséges.



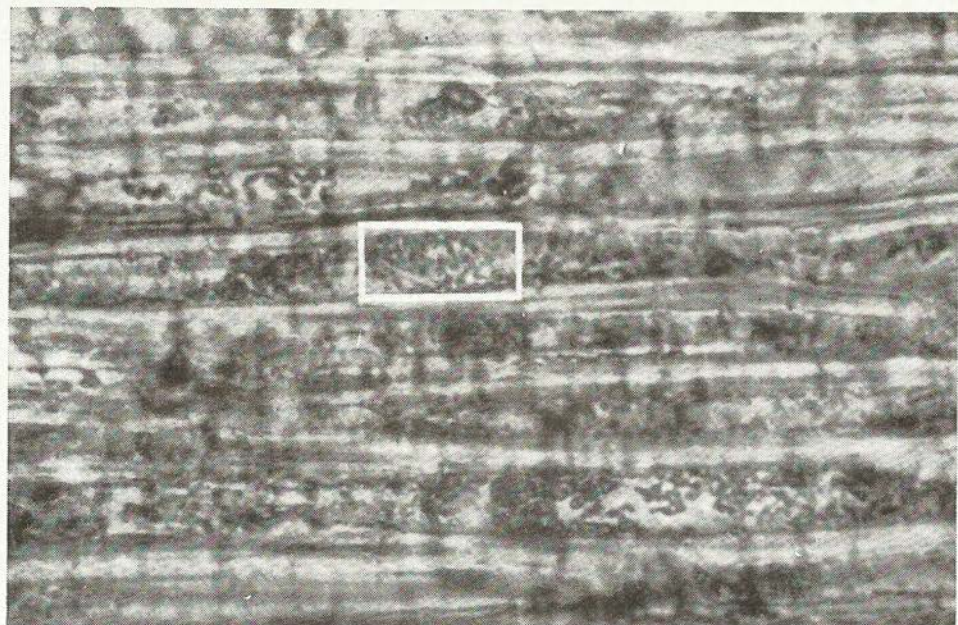
2. ábra



7. ábra



8. ábra



9. ábra

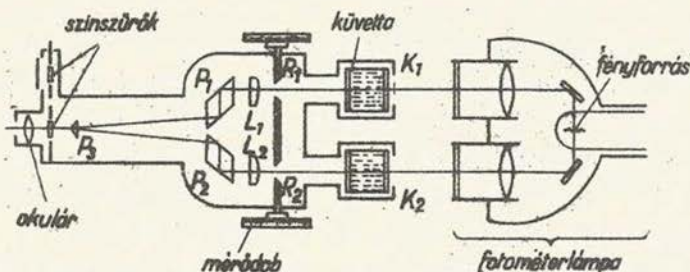
d/ A gőzölt fa színe és a gőzölés jósága

A gőzölt fa színe a gőzölés idejétől és a gőznyomás nagyságától függ, az idő függvényében sötétedik. A vizsgálataink során végzett gőzölés eredményeként, a gőzölési időtől függően a gőzölés kezdetén világos barna, majd sötétebb-sötétebb színárnyalatokban folytatódó színsort kapunk.

e/ A gőzölés összefüggése a fa nedvességtartalmával

Annak a sokat vitatott kérdésnek az eldöntésére, hogy a szabadvizet nem tartalmazó száraz fa gőzölése mennyiben lehetséges, kísérletsorozatot végeztünk, és pedig olyan nedvességtartalommal, amely a fűrészüzemekben készletezett 40 mm-es és annál vastagabb fűrészárura jellemző, az év második felében. Elektromos nedvességmérővel történt nedvesség felvételek szerint az ilyen fűrészáru nedvességtartalma 26,7 - 28,9 % között változik. Azért választottuk a vizsgálatnak ezt a módszerét, mert feltételeztük, hogy a gőzölő kapacitás elégtelensége miatt, felfűrészelés után a gőzölendő fűrészárut esetleg egy ideig gőzöletlen állapotban tárolnunk kell.

Miután a felhasználók részéről általában az az észrevétel merül fel, hogy a száraz fa gőzölése nem biztosítja a kívánt színhatást, a szín-összehasonlítást Pulfrich-féle fotométerrel végeztük /10. ábra/.



10. ábra

A kísérletek alatt arra törekedtünk, hogy a gőzölés alatt álló faanyag nedvességtartalma a rost-telítettségi határérték fölé kerüljön, ezért a gőzölés idejét a nedvességtartalom mérésének alapján 6 órával meghosszabbítottuk. Így pl. 24 órás gőzö-

lési idő helyett $24 + 6 = 30$ óra gőzölési időt alkalmaztunk. Így sikerült elérni, hogy a gőzölt anyag nedvességtartalma a kamrából való kiszedés után minden esetben a rost-telítettségi határérték felett 30-40 % nedvességtartalom között volt. Ezt a jelenséget azért vizsgáltuk, mert mind az elméleti, mind a gyakorlati tapasztalatok szerint a jó színhatás előfeltételének kellett tekintenünk.

A Pulfrich-féle fotométeren végzett mérési eredményeket a 3. táblázat mutatja.

3. táblázat

Rostok állása a fényforráshoz viszonyítva merőlegesen

Szinszűrők száma	7	8	9	10	11	12
Nedves fa	47,1	32,6	26,6	49,6	33,4	26,6
Száraz fa	46,5	35,0	30,7	51,2	35,0	30,8

Rostok állása a fényforráshoz viszonyítva párhuzamosan

Szinszűrők száma	7	8	9	10	11	12
Nedves fa	37,8	24,8	19,6	42,5	25,4	19,4
Száraz fa	31,9	21,7	17,6	36,3	21,5	17,7

A 3. táblázatban feltüntetett részben a nedves, részben a száraz fára vonatkoztatott adatok egybevetése döntő módon bizonyítja, hogy a száraz fa gőzölésekor a nedves fáéval azonos színhatás érhető el a gőzölési idő némi meghosszabbítása segítségével, ha a száraz fa nedvességtartalmát rost-telítettségi határértékre, vagy néhány %-kal a fölé állítjuk be.

A nedvességtartalomnak az emelése vízben áztatás útján is elérhető. Ilyen irányú kísérleteket is végeztünk. Ebben az esetben szükségtelen a gőzölési idő meghosszabbítása. Miután azonban ez a módszer gyakorlatilag nehezen valósítható meg, az előző módszer hozható javaslatba.

E vizsgálatok eredménye annyiban nagy jelentőségű, mert a gőzölés időszakos volta megszüntetésének lehetőségére utal, utat

mutat a gőzölés egész év folyamán történő alkalmazására. Ez pedig a rendelkezésre álló gőzölő kapacitás lényeges növekedését jelenti.

A gőzölt faanyag vizsgálati eredményei

a/ Térfogatsúly

A térfogat súlyvizsgálatához kialakított próbatestek száma összesen 1468 db, melyből 734 db gőzöletlen és 734 gőzölt volt. Az összehasonlítás a nagyszámu adat következtében hü képet adott arra nézve, hogy a gőzöléssel /100° C alatt/ a fa térfogatsulya milyen nagyságrendben változik. Ez a vizsgálat bizonyítja azt a tényt, hogy gőzöléssel a fából igen kismennyiségű anyag lugoódik ki, ami a térfogatsulyt számbavehető mértékben nem befolyásolja.

A vizsgálati eredmények összevont értékeit a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat

A gőzölt és gőzöletlen bükkfa térfogatsulyának összehasonlító vizsgálati eredményei

Próbatest száma	Térfogatsúly		Különbség	
	gőzöletlen g/cm ³	gőzölt g/cm ³	tényleges g/m ³	%
1468	610	602	- 8	- 1,31

Az elvégzett 1468 vizsgálat nem adott egyértelmű eredményt. A gőzölt és gőzöletlen bükk anyag térfogatsulyában mutatkozó különbségek nem mutatnak törvényes összefüggést a gőzölési idővel, hanem attól függetlenül egyszer pozitív, egyszer negatív értékűek. A vizsgálatok kiértékelésénél azonban figyelembe kell venni a fa térfogatsulyában mutatkozó ingadozásokat, amelyek a fa inhomogén szöveti szerkezetén alapulnak. Feltehető, hogy a mérési eredményekben mutatkozó ingadozás ezzel függ össze.

Az összes mérés eredményeképpen 1,31 % térfogatsúly csökkenés mutatható ki és így megállapítható, hogy a gőzlésnek a fa térfogatsúlyára nincs gyakorlatilag is érzékelhető hatása.

b/ Nyomószilárdsági vizsgálatok

A szilárdság változásának vizsgálatára a nyomószilárdsági próbát választottuk, miután ez a próba a mellék igénybevételektől viszonylag legfüggetlenebbül végezhető el. Összesen 1380 db próbatestet alakítottunk ki, melyek részben gőzöletlen, részben gőzölt állapotba kerültek vizsgálatra. A próbatestek kialakítása a térfogatsúly meghatározására kialakított próbatestekkel együttesen történt, az ott leírt módszer szerint. A vizsgálatok összesített eredményét az 5. táblázatban foglaltuk össze:

5. táblázat

A gőzölt és gőzöletlen bükkfa nyomószilárdságának összehasonlító vizsgálati eredményei

Próbatest száma	Nyomószilárdság		Különbség	
	gőzöletlen kg/cm ²	gőzölt kg/cm ²	tényleges kg/cm ²	%
1380	456	435	21	- 4,6

Az 5. táblázatban közölt vizsgálati eredmények minden esetben egyértelműek. A gőzlési idő függvényében /üzemi körülmények között/ törvényszerű összefüggést megállapítani nem lehet, ami ebben az esetben is a faanyagokra jellemző heterogenitással függ össze. Szilárdság csökkenés 0,9 - 10,2 % értékek közt volt megállapítható, 4,6 %-os átlagértékkel.

A vizsgálatok levonható tanulsága szerint a gőzléssel elérhető fa lágyítás gyakorlati szempontból nem számottevő, mert megmunkáláskor a lágyulás feltüntetett határértékek közti beállása az anyag megmunkálhatóságában érzékelhető különbséget nem okoz. Kimondhatjuk tehát, hogy a bükk fűrészárúnak az üzemekben szokásos gőzlési folyamata a faanyagmegmunkálás szempontjából különösebb előnnyel nem jár.

c/ A gőzölt fa zsugorodása, dagadása

A zsugorodással és dagadással kapcsolatban a metodikai részben közölt módszer szerint 1344 db próbatestet vizsgáltunk meg. Külön vizsgáltuk a zsugorodást a próbatestek leszárításával kapcsolatban, majd ugyanazoknak a próbatesteknek a nedvesítése útján megállapítottuk a dagadást. Az összes nyert értéket súlyra vonatkoztattuk és a próbatestek nagyságában mutatkozó eltérések kiküszöbölése céljából százalékkéntekben fejeztük ki. A vizsgálatokat 6 órás gőzölési periódusra vonatkoztatva külön-külön végeztük, mind a hur- és sugár irányu zsugorodásra, mind a dagadásra vonatkozólag.

A vizsgálati eredményeket a 6. táblázatban közölt számok tükrözik.

6. táblázat

I. széria 6 órás gőzölésnél (%)

Nedvességtartalom:	81,5	24,2	20,3	17,3	16,1	20,9	100,0
Viszonyítási alap:	15,4 % nedvességtartalom						
Gőzölt hur irányu:	6,77	3,28	2,04	0,99	0,69	1,56	2,99
Gőzöletlen " :	6,56	4,27	2,41	0,96	0,74	1,29	2,29
Különbség:	0,21	1,01	- 0,37	0,03	- 0,05	0,27	0,70
Gőzölt sugár irányu:	2,59	1,73	1,12	0,35	0,39	2,08	6,43
Gőzöletlen " :	2,45	1,89	1,15	0,29	0,25	2,39	5,61
Különbség:	0,14	- 0,09	- 0,03	0,06	0,14	- 0,31	0,82

II. széria 12 órás gőzölésnél

Nedvességtartalom:	89,2	25,5	20,2	16,0	16,4	20,3	105,0
Viszonyítási alap:	15,4 % nedvességtartalom						
Gőzölt hur irányu:	7,06	3,58	1,94	0,88	0,40	1,68	3,43
Gőzöletlen " :	6,83	3,88	2,00	1,01	0,50	1,28	2,49
Különbség:	0,23	- 0,30	- 0,06	- 0,13	- 0,10	0,40	0,94
Gőzölt sugár irányu:	2,63	1,80	1,18	0,33	0,30	3,00	6,49
Gőzöletlen " :	2,46	1,66	1,20	0,35	0,22	2,36	5,97
Különbség:	0,17	0,14	- 0,02	- 0,02	0,08	0,64	0,52

III. széria 18 órás gőzölésnél

Nedvességtartalom:	83,4	26,4	20,4	17,6	16,2	20,8	92,8
Viszonyítási alap:	15,6 % nedvességtartalom						
Gőzölt hur irányu:	6,52	4,00	1,88	0,89	0,32	0,73	1,84
Gőzöletlen " :	5,86	3,85	2,09	1,04	0,49	1,42	2,72
Különbség:	0,66	0,15	-0,21	-0,15	-0,07	-0,69	-0,88
Gőzölt sugárirányu:	2,35	1,89	1,22	0,41	0,31	2,91	5,83
Gőzöletlen " :	2,66	1,84	1,29	0,56	0,35	2,41	5,63
Különbség:	-0,31	0,05	-0,07	-0,15	-0,04	0,50	0,20

IV. széria 24 órás gőzölésnél

Nedvességtartalom:	87,3	25,5	20,4	17,6	16,4	21,3	89,5
Viszonyítási alap:	15,6 % nedvességtartalom						
Gőzölt hur irányu:	7,12	3,79	2,04	0,92	0,50	1,67	3,11
Gőzöletlen " :	5,55	3,62	2,01	0,96	0,57	1,76	3,09
Különbség:	1,57	0,17	0,03	-0,04	-0,07	-0,09	0,02
Gőzölt sugár irányu:	2,58	1,72	1,05	0,37	0,42	1,94	5,63
Gőzöletlen " :	2,50	1,73	1,23	0,42	0,36	2,24	5,07
Különbség:	-0,08	-0,01	-0,18	-0,05	0,06	-0,30	0,56

V. széria 30 órás gőzölésnél

Nedvességtartalom:	93,0	26,9	21,4	18,2	16,7	21,5	102,4
Viszonyítási alap:	15,5 % nedvességtartalom						
Gőzölt hur irányu:	7,05	3,74	2,00	0,88	0,51	1,71	4,00
Gőzöletlen " :	6,40	3,72	2,11	0,91	0,48	1,66	3,30
Különbség:	0,65	0,02	-0,11	-0,03	0,03	0,05	0,70
Gőzölt sugár irányu:	2,68	1,88	1,22	0,38	0,39	1,80	5,33
Gőzöletlen " :	2,39	1,66	1,17	0,38	0,26	2,02	4,97
Különbség:	0,29	0,22	0,05	0,00	0,13	-0,22	0,36

VI. széria 36 órás gőzölésnél

Nedvességtartalom:	91,5	26,0	20,1	17,2	16,2	20,8	104,0
Viszonyítási alap:	15,4 % nedvességtartalom						
Gőzölt hur irányu:	7,42	3,94	1,97	0,68	0,91	1,50	3,48
Gőzöletlen " :	6,47	3,84	2,07	0,74	1,09	2,44	4,18
Különbség:	0,95	0,10	-0,10	-0,06	-0,18	-0,94	-0,70
Gőzölt sugár irányu:	2,72	1,88	1,20	0,38	0,45	2,21	6,13
Gőzöletlen " :	2,52	1,66	1,21	0,35	0,44	1,20	5,14
Különbség:	0,20	0,22	-0,01	0,03	0,01	1,01	0,99

VII. széria 42 órás gőzölésnél

Nedvességtartalom:	90,5	26,4	20,4	17,5	16,4	21,2	100,0
Viszonyítási alap:	15,4 % nedvességtartalom						
Gőzölt hur irányu:	7,28	3,68	1,98	0,84	0,49	1,69	3,59
Gőzöletlen " :	6,39	3,68	2,05	1,11	0,57	2,87	4,24
Különbség:	0,89	0,00	-0,07	-0,27	-0,08	-1,18	-0,65
Gőzölt sugár irányu:	2,84	2,13	1,32	0,50	0,51	2,58	5,21
Gőzöletlen " :	2,58	1,66	1,39	0,54	0,34	1,42	3,94
Különbség:	0,26	0,47	-0,07	-0,04	0,17	1,16	1,27

VIII. széria 48 órás gőzölésnél

Nedvességtartalom:	92,7	26,0	20,4	17,7	15,9	20,8	104,8
Viszonyítási alap:	15,0 % nedvességtartalom						
Gőzölt hur irányu:	7,66	3,79	1,94	1,00	0,53	1,52	3,48
Gőzöletlen " :	6,44	3,67	2,02	0,96	0,84	2,02	3,98
Különbség:	1,22	0,12	-0,08	0,04	-0,31	-0,50	0,44
Gőzölt sugár irányu:	2,66	1,72	1,44	0,37	0,27	2,06	6,07
Gőzöletlen " :	2,56	1,67	1,24	0,40	0,39	1,84	4,95
Különbség:	0,10	0,05	0,20	-0,03	-0,12	0,22	1,12

A gőzölt és a gőzöletlen bükk fűrészáru zsugorodása, illetve dagadása között mutatkozó különbségek nem egyértelműek. A feltüntetett 112 adatból 62 pozitív előjelű, 50 pedig negatív előjelű. Ez annyit jelent, hogy 62 mérés sorozatnál a gőzölt bükk fűrészáru zsugorodása, illetve dagadása nagyobb volt, mint a gőzöletlené, 50 esetben pedig kisebbnek mutatkozott. Ha azonban az eltérések nagyságrendűségét szemléljük, megállapítható, hogy azok a fa bármilyen tulajdonságánál tapasztalható szórás értékeken belül esnek. Fentiek alapján tehát megállapítható az is, hogy a gőzölt és gőzöletlen bükk zsugorodása, illetve dagadása között nincs törvényszerű különbség. A gőzöléshez fűzött ama feltételezés tehát, hogy a gőzölt fa kevésbé "mozog", tudományos vizsgálatokkal nem igazolható. Ezek a megállapítások teljesen egybevághóak a vetemedéssel kapcsolatban végzett vizsgálatok megállapításaival.

d/ Vetemedési vizsgálatok

A vetemedési vizsgálatot 32 próbatesttel végeztük, melyek közül tizenhatot gőzölt, tizenhatot gőzöletlen állapotban vizsgáltunk, a már megadott módszer szerint. A kiértékelésnél azt vettük figyelembe, hogy a próbadarabok átlós középpontja mekkora összmozgást végzett a vizsgálati időszak alatt. A naponta észlelt változások értékét tehát összegeztük és a középpontnak a hossz- illetve keresztirányra vonatkoztatott összmozgás értékét hasonlítottuk össze a gőzölt, valamint a gőzöletlen próbatestekre vonatkozóan. A vizsgálati eredményeket a 7. táblázat tünteti fel.

7. táblázat

Gőzölt és gőzöletlen bükk fűrészáru vetemedésének összehasonlító vizsgálati eredményei

Hosszirányu mozgás		Keresztirányu mozgás	
gőzöletlen	gőzölt	gőzöletlen	gőzölt
mm	mm	mm	mm
26,6	26,8	18,4	18,4

A 7. táblázathán közölt vizsgálati eredmények szinte megdöbbentően egyezők. Sem a hosszirányu, sem a keresztirányu mozgásban számottevő eltéréseket nem lehetett megállapítani, sőt a keresztirányu mozgás mérésadatai a gőzöletlen és gőzölt bükk esetében numerikusan is tökéletesen egybevágoak. Ez azt bizonyítja, hogy alaptalan az a feltevés, hogy a gőzölt bükk fűrészáru kevésbé "mozog". A vizsgált feltételek között ugyanis, amikor a vizsgálati darab szabad fekvése következtében a feszültségek kiegyenlítődése lehetővé vált, a gőzölt és gőzöletlen fűrészáru vetemedése közt semmiféle eltérés nem volt megállapítható.

A vizsgálati eredmények összefoglalása

a/ A technológia szempontjából

A lefolytatott vizsgálatokból megállapítható, hogy a gőzölés technológiájában alkalmazott paraméterek tekintetében a gőzölési idő módosítható, mert 40 mm vastag anyag - üzemi körülmények között -, 24 óra alatt, teljes mértékben átgőzölhető. A többi vastagságok gőzölési idejét Kollmann adatai szerint lehet számítani. A gőzölési időt minden körülmények közt 3 óra alatt egyenletes felmelegedési időnek kell megelőznie és ugyanannyi lehütési időnek kell követnie. A vizsgálatok tanulsága szerint ui. üzemi körülmények között ennyi idő szükséges ahhoz, hogy a fa belsejében a gőzöléshez szükséges hőmérséklet ténylegesen kialakuljon.

A vizsgálatok további tanulsága, hogy a gőzölés a nedvességtartalomtól kevésbé függ, mint azt feltételeztük, mert a gőzölés technológiája lehetőséget nyújt arra, hogy a kívánatos nedvességtartalmat a fában létrehozzuk. Ehhez az szükséges, hogy rost-telítettségi határ alatti fanedvesség esetén a gőzölés idejét 6 órával meghosszabbítsuk. Ez, a gőzölési időtartam 25 %-át teszi ki és vastagabb fűrészáru gőzölése esetén is 25 %-kal vehető figyelembe. Ez a felismerés lehetővé teszi, hogy a gőzölés műveletét a jelenlegi szakaszos, periodikus üzemeltetés helyett az év egész szakára vagy legalább is nagy részére kiterjesszük.

Az anyag átgőzöltségének megállapítása az üzemekben szokásos módon, a kondenzvíz színváltozása /elszineződése, illetve elszíntelenedése/ alapján nem bizonyult elfogadhatónak. Az ez idő szerinti szóbanforgó irányi megállapításokat figyelembe véve, az átgőzölést kizárólag Kisser-Steininger-féle próbával lehet, kétséget kizárólag megállapítani.

b/ A faanyag tulajdonságait tekintve

Az elszineződés, párhuzamosan az átgőzölés mértékével, minden esetben bekövetkezik; az ezirányu általános megállapítások tehát helytállóak. A gőzölt fa egyéb fizikai tulajdonságaiban azonban a vizsgálattal nem sikerült a feltételezett változásokat megállapítani, sőt ellenkezőleg: a vizsgálat azt igazolja, hogy a feltételezett változások kizárólag szubjektív okokon alapulnak.

A térfogatsúlyban semmiféle törvényszerű változás nem volt kimutatható, annak ellenére, hogy a vizsgálatok nagy számu próbatesttel készültek. A nyomószilárdság változása egyértelmű: a gőzölt faanyag szilárdsága minden esetben csökkent. A csökkenés mértéke azonban a gyakorlat szempontjából nem jelentős, mert a gyakorlatban alkalmazott megmunkálási módszereknel nem is érzékelhető. Semmi esetre sem jelent pl. energia megtakarítást.

A fizikai tulajdonságok változása területén gondosan vizsgáltuk a dagadást, zsugorodást és az ennek következtében beálló vetemedést. A vetemedési vizsgálatok szinte megdöbbentően azonos értékeket adtak és így megállapítható, hogy semmi ok sincsen annak feltételezésére, hogy a gőzölt fa "nyugodtabban" viselkedik.

A gőzölt fa sterilitására vonatkozóan külön vizsgálatok elvégzése szükségtelen volt. Általában tudott és sokszor bizonyított dolog ugyanis, hogy a fa anyaga, bár közvetlenül gőzölés után steril, ez azonban nem jelenti a további fertőzés veszélyének kiküszöbölését. Ezért ennek a sterilitásnak a gyakorlat szempontjából nem nagy a jelentősége, mert a gőzölt fa a felhasználás kapcsán éppen úgy fertőződhet, mint a gőzöletlen.

Mindent összegezve: a gőzölt fában a színhatástól eltekintve, nem sikerült olyan változást kimutatni, amely a gőzölésnek a létjogosultságát kellőképpen alátámasztaná.

Javaslat

A népgazdaság faipara évente 26 000 m³ fűrészárut gőzöl és ennek 1 m³-re vonatkozó költsége kb. 100.-- Ft-ot tehet ki. Ezt a költséget még bérköltségek, amortizációs költségek stb. is terhelik. A vizsgálatok alátámasztják az alkalmazott gőzölési technológiának perspektivikusan történő elhagyását. Mielőtt azonban ebben végleges állásfoglalás történhetne, a kérdés nagy horderejére tekintettel, szükségesnek látszik a kísérlet folytatása, üzemi szinten. Ezért javasoljuk, hogy 1961-ben a butoriparban tegyünk próbát pl. 500 db szekrénnel oly módon, hogy az eddig gőzölt bükkből készült butorelemeket gőzöletlen bükkből gyártsuk le és figyeljük meg az így készített butorelemek viselkedését. Ha a gőzöletlenek használhatósága egyenértékűnek bizonyul a gőzölt bükkemek használhatóságával, akkor konkrétan lehet javasolni a gőzölés fokozatos elhagyását. Ebben az esetben célszerűnek látszik majd a gőzölés helyett a mesterséges szárítás szélesebb körű bevezetése, melynek fanemesítő hatása ma már tudományosan is igazoltnak mondható.

III.

OPTIMÁLIS FÜRÉSZPENGE-TIPUSOK

BOBOK LÁSZLÓ

Fogalom meghatározások

A forgácsolás kérdésének tárgyalása előtt szükséges a munkával kapcsolatos egyes fogalmak tisztázása, annál inkább, mert a magyar szakirodalomban a faforgácsolással kapcsolatos meghatározások nem egységesek. A legfontosabb fogalmak a következők:

Előtolási ut vagy előtolás = e . A munkadarab elmozdulása a szerszám irányában /esetleg a szerszám elmozdulása a munkadarab irányában/ egy körfordulás vagy járat alatt.

Pillanatnyi szerszámsebesség = $c = r \omega \left(\sin \gamma + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2 \gamma \right)$
m/mp

r = meghajtócsap körpályájának sugara /m/

$\omega = \frac{n \pi}{30}$ = a meghajtócsap szögsebessége /1/mp/

n = fordulatszám/perc

γ = tetszőlegesen felvett szögérték

$\lambda = \frac{r}{l}$ = meghajtósugár és meghajtókar viszonya /m/

$2 r = H$ = járatmagasság.

A számítás egyszerűsítése érdekében megengedhető a zárójeles második tag elhanyagolása, feltételezve, hogy $l = \infty$ és így $\lambda = 0$. Ebben az esetben a pillanatnyi szerszámsebesség mértéke a sinus értéknek megfelelően változik, tehát

$$c = r \cdot \omega \cdot \sin \gamma$$

Átlagos szerszámsebesség = keresztfűrészre $v = \frac{2 \cdot H \cdot n}{60}$ n/mp

= körfűrészre $v = \frac{2 \cdot r \cdot \pi \cdot n}{60}$ m/mp.

Előtolási sebesség = v' . Az előtolás az idő függvényében kifejezve.

Résbősség = b . A szerszám által lehasított forgács helyének szélessége, a vágás síkjára merőlegesen mérve

$$b = a + 2s$$

a = a fűrészlap vastagsága,

s = az egyoldali terpesztés mértéke.

Vágás-sík: a vágás iránya és az előtolás iránya által meghatározott sík.

Melloldal: a munkaeszköz azon felülete, amelyen a forgács lefut.

Hátoldal: a munkaeszköz azon része, mely forgácsoláskor a vágásrés fenékhátoldalához a legközelebb fekszik.

Mellszög = γ : az a szög, melyet a melloldal a szerszámélelől a vágásirányra bocsátható merőlegessel bezár, illetve körfűrésznél a melloldal és a szerszámélhez huzott érintőre bocsátott és a szerszámélen átmenő merőleges által bezárt szög.

Élszög-ékszög = β : a mell- és a hátoldal közötti szög.

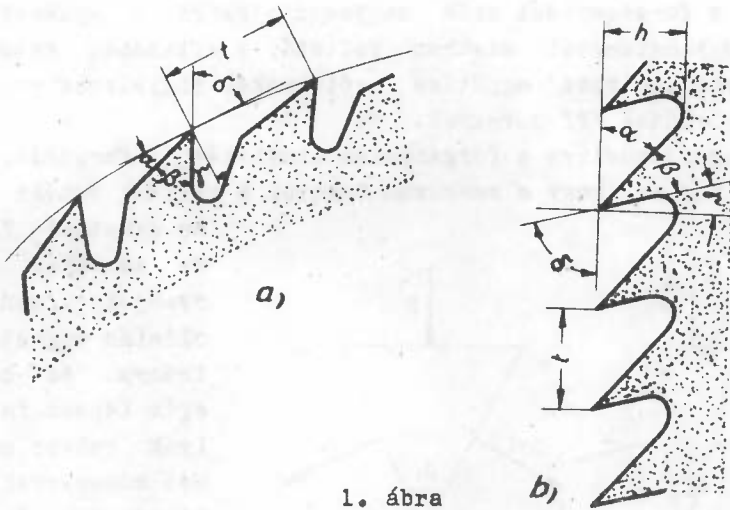
Hátszög = α az a szög, melyet a hátoldal a szerszám élén áthaladó érintővel bezár.

Vágásszög = δ : az ékszög és hátszög együttes értéke.

Fogtávolság vagy fogosztás = t ; a fűrészpengén elhelyezett fogak csucsainak távolsága, egymástól körfűrész-pengéknél a fogcsucsokat érintő egyenesen, körfűrész-lapoknál a fogcsucsokat érintő köríven mérve.

Fogmagasság = h ; keresztfűrész-lapoknál a fogcsucson átmenő érintő és a foglapokon átmenő érintő közötti távolság, körfűrész-lapoknál a fogcsucs és a fogcsucsothoz a lap középpontjával összekötő sugárra merőlegesen a foglaphoz huzott érintő közötti távolság.

Fogüreg = v ; a fűrészpengék fogazata között a fog kialakítása érdekében eltávolított pengeanyag térfogata.



1. ábra

A forgácsolás műveletének alapvető összefüggései

Általános rész

A forgács leválasztásánál erőhatást kell kifejteni, a fában levő kohéziós erők legyőzésére, a fának, mint rugalmas anyagnak a forgácsolóerők hatására fellépő deformációja leküzdésére, valamint a forgácsolás közben fellépő surlódások leküzdésére, melyeket az előbb említett deformáció tesz jelentőssé.

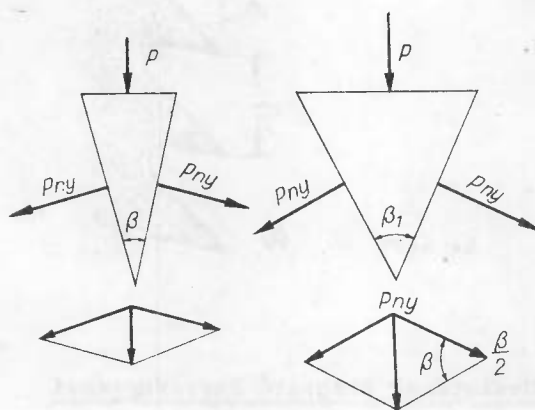
Az említett elsődleges közvetlen hatások mellett azonban más erőhatások is fellépnek, melyek a fűrészelés kinetikájából adódnak azáltal, hogy:

- a/ A forgácsokat a forgácsoló szerszám apró elemekre összezúzva /pl. fűrészpor/ választja le;
- b/ a fogüregben a forgácsselemek fűrészelés közben tömörülnek, ami nagymértékben emelheti a forgácsolási erőszükségletet, továbbá meghatározhatja a teljesítmény alakulását is.

A fenti erőhatásokat elemeire bontva vizsgálni mindezig nem sikerült, sőt a számos befolyásoló tényező változó jellege miatt nem volt lehetséges matematikailag sem megbízhatóan meg-

tározni a forgácsolási erők nagyságát. Ezért a gyakorlatban a szerszám behatásával szemben fellépő, s általában tapasztalat útján megállapított együttes erőt szokás figyelembe venni, melyet vágóerőnek /P/ neveznek.

Leegyszerűsítve a forgácsolás elméletét, a forgácsolás fel-fogható úgy is, hogy a szerszám behatol a nálánál puhább anyagba és ékhatást fejt ki.



2. ábra

Ha az éket a fába nyomjuk, annak két oldalán meghatározott irányú és nagyságú erők lépnek fel, melyek vektor analitikai módszerrel meghatározhatók. Nagyságukat az az erő szabja meg, amely az éket a fába nyomja, irányuk az ék oldalaira merőleges /2. ábra/.

Az ék oldalain azonos nyomóerőt annál kisebb erővel lehet létrehozni, minél kisebb az ékszög és minél kisebb a fa ellenállása az ékhatással szemben.

Mivel

$$\sin \frac{\beta}{2} = \frac{P}{2} : Pny = \frac{P}{2 Pny}, \text{ amiből}$$

$$P = 2 Pny \cdot \sin \frac{\beta}{2}$$

A P erő értéke azonos Pny erőt feltételezve a beta szög sinusértékétől függ, illetve annak megfelelően változik. Így a fába hatoló éket vizsgálva a feltételezhető legkisebb nyomóerő akkor lép fel, ha beta = 0°. Ezzel ellentétben a beta szög növekedésével, azonos Pny értékek mellett, a P értéke nő.

Miután a fa inhomogén, a hasítással szembeni ellenállása a rostokhoz viszonyított különböző irányokban változó. A legkisebb ellenállás a hasítással szemben rostirányban mutatkozik. Fentiek értelmében tehát rostirányban történő hasítással 0° ékszögű ék-

kel volnának a P vágóerők a legkisebb értékűek. Ez az eset a gyakorlatban azonban sosem valósítható meg.

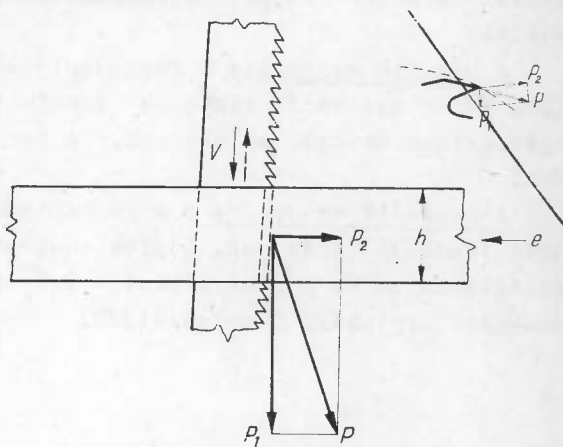
Ismeretes, hogy a fa megmunkálható hasítással és forgácsolással. Ha a megmunkáláskor az említett ékhatás érvényesül, abban az esetben a fa, legalább is rostirányban, a szerszám hatására hasad és forgácsolás nélküli megmunkálásról van szó.

Sajnos, ezt a megmunkálást a szerszámélekek a szerszámtesthez való csatlakozása ritkán teszi lehetővé, ezért többnyire olyan eset adódik, amikor a hatóerő az ék tengelyvonalával nem párhuzamos, hanem azzal szöveget zár be. Ez az eset áll fenn pl. fűrészeléskor. Ekkor a fa elemi részeinek egymástól való elválasztása már nem kizárólag hasítással történik, mert a ferdén ható ék, az oldalain fellépő erők nagyságrendi különbözősége miatt, a fa elemi részeit mozgási irányában kitérdezi, forgácsot termel. A fűrészeléssel történő famegmunkálás tehát a forgáccsal járó megmunkálás körébe tartozik.

A forgácsolást befolyásoló tényezők

Keret- valamint körfűrészben történő forgácsoláskor a P forgácsoló- illetve vágóerő két összetevő eredőjeként jön létre. Az egyik erőkomponens P_1 fő forgácsoló, illetve fő vágóerő, míg a másik P_2 az anyagot a szerszám vágóéléhez szorító un. előtoló erő. Az erő összetevők létrehozásában tehát egyrészt a forgácsoló szerszám, másrészt a vágóél felé előrehaladó faanyag vesz részt. Ennek megfelelően a keret- és körfűrészeknél a forgácsoló erő és összetevői a 3. ábrán közöltek szerint ábrázolhatók.

Annak ellenére, hogy a keretfűrész alternatív mozgású, a körfűrész pedig körforgású forgácsológép, az egyes kutatók laboratóriumi eredményei

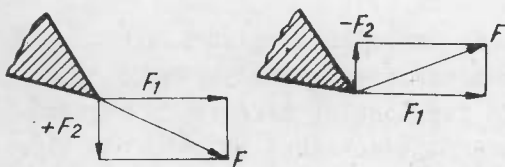


3. ábra

mindkét esetben irányadók, mivel a szerszám mozgásában fennálló fent említett különbözőség a későbbiekben tárgyalt befolyásoló tényezőkre nincs hatással.

Az erő összetevők a forgácsolás alkalmával, számos befolyásoló tényező hatásaként, különbözőképpen változnak. Az egyes befolyásoló tényezők hatásának vizsgálata legtöbb esetben nem mindkét erőkomponens megfigyelése útján történt. Sokszor teljesítmény mérések /KW/ alapján határozták meg a befolyásoló tényezők hatását, és az így nyert értékekből következtettek a két összetevő erő eredőjének, a P erőnek változására.

Egyes kutatók, viszont a vágási erők komponenseit külön-külön vizsgálták. Így pl. Kivimaa kutatásai során a P_1 erőt /F-el jelölve/ bontotta összetevőre F_1 és F_2 -re, melyek közül az F_1 -et fővágási erőnek nevezte, mivel ez határozza meg az energiaszükségletet, az F_2 -t tengely irányu erőnek, mely F_1 -re merőleges irányban hat és részben a forgácsolandó fára, részben ezzel ellentétes irányban fejt ki erőhatást /4. ábra/.



4. ábra

A befolyásoló tényezők három csoportba sorolhatók. Az első csoportba azok, melyek a forgácsolás mechanizmusától, illetve a vágási felületektől függenek. Ezek közül figyelmet érdemelnek:

a vágás iránya, a forgács vastagsága és a szerszám sebessége.

A második csoportba a forgácsoló szerszám geometriájából és állapotából származó tényezők sorolhatók. Ezek: a fűrészpenge fogszögeinek hatása, az élkopás, a terpesztés és duzzasztás hatása.

A harmadik csoportba a megmunkálendő anyag tulajdonságaiból adódó tényezők tartoznak. Legfontosabbak: a térfogatsúly, a nedvességtartalom és a hőmérséklet, melyek a fa szilárdsági tulajdonságait leginkább befolyásolják.

A forgácsolás mechanizmusából származó
befolyásoló tényezők

a/ A vágás irány befolyása a forgácsoló erőkre

A forgácsolandó faanyag szöveti felépítése nem homogén. Ez okozza, hogy a forgács képződés jellege, valamint a vágásnál fellépő ellenállás erősen változik attól függően, hogy milyen a vágás iránya, a fa rost irányához képest. Ismeretes, hogy a fa szöveti felépítésében különböző elhelyezkedésű és rendeltetésű sejtek vesznek részt. E sejtek elhelyezkedése tulnyomó részben a fa hosszirányával megegyező, kis részben arra merőleges. Ebből adódik a fa fizikai és mechanikai tulajdonságainak anizotropikus jellege, pl. az átlag 25-ször magasabb húzószilárdság a rostok irányában, mint arra merőlegesen, a kb. 40 %-kal könnyebb megmunkálhatóság rost irányban, mint arra merőlegesen, un. bütüirányban. A faanyagok anatómiai felépítése tehát döntően meghatározza a forgácsoló erők alakulását, a rost iránytól függően.

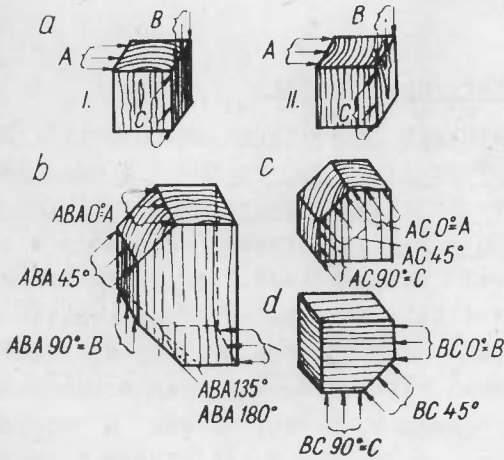
Legújabbán E.Kivimaa vizsgálta ezeket az összefüggéseket és a fő forgácsolóerő F_1 , valamint az un. nyomóerő F_2 változását, a rost iránytól függően.

A forgácsolandó anyag anatómiai felépítése következtében három alapvető vágásirány különböztethető meg. Ezek a következők:

- A/ A rost irány síkjára merőleges vágás, bütüvágás. Jellemzői: a nehéz megmunkálhatóság és a durva vágásfelület.
- B/ A vágás irány a rostok irányával párhuzamos. Jellemzői: a könnyű megmunkálhatóság és a sima vágásfelület.
- C/ A vágás irány a rostok irányára merőleges, de a rost irány síkjával párhuzamos. Jellemzői: a könnyű megmunkálhatóság, de ellentétben az előbbivel, könnyen bekövetkezhető durva vágásfelület.

A fő vágási irányokon belül, amint az 5. ábrából láthatjuk, két alapvető forgácsolás irány különböztethető meg.

Kivimaa munkájánál főleg az I. esetre tért ki, de azt állítja, hogy a II. esetben a forgácsolóerők valamivel /8-12 %/ magasabbak, aminek oka valószínűleg a bélsugarak magasabb forgácsolási ellenállása.

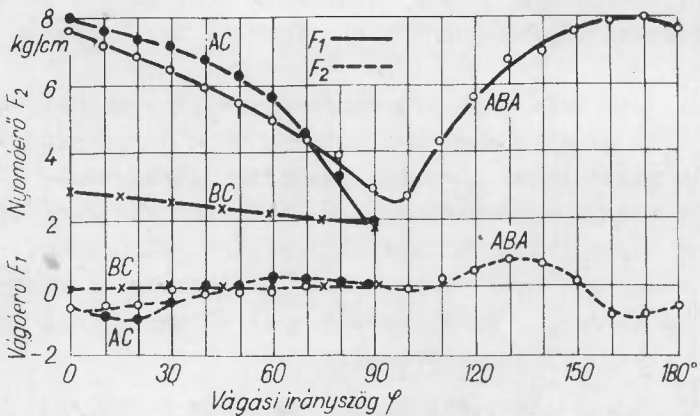


5. ábra

A vágásirányok sematikus ábrázolása

a/ Fő vágási irányok, figyelemmel az évgyűrűk helyzetére; b/ Közbenső vágás irány A és B között; c/ Közbenső vágás irány A és C között; d/ Közbenső vágás irány B és C között /E. Kivimaa után/. I. Az évgyűrűhöz tangenciális irány; II. Az évgyűrűhöz radiális irány.

A 6. ábra a forgácsoló erők változását mutatja, a fő vágási irányokban és attól φ szöggel eltérő közbenső forgácsolási irányokban.



6. ábra

A vágás irány hatása a fő vágó és nyomó erőkre
 Forgácsvastagság $\delta = 0,1$ mm; fafaj nyír; $r_{12} = 0,62$ g/cm³; $u = 11$ %, $\alpha = 10^\circ$; $\beta = 45^\circ$; $\gamma = 35^\circ$; munkaéles kés /E. Kivimaa után/.

A gyakorlatban a legfontosabb közbenső irányok az A-B közöttiek, melyek teljes változását akkor kaphatjuk meg, ha a φ szög $0^\circ - 180^\circ$ között változik. E változást tünteti fel az A-B-A görbe.

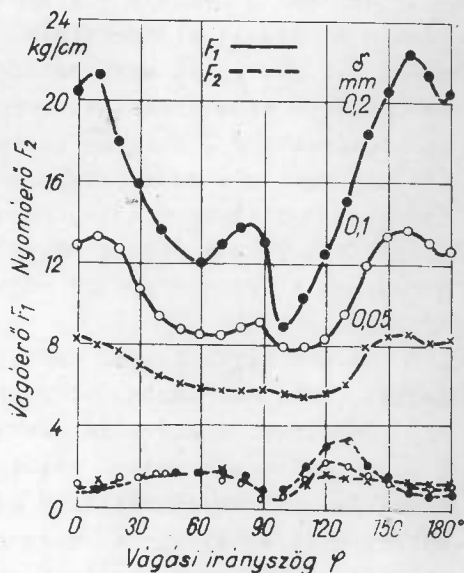
Érdekes megfigyelni, hogy az A-B-A görbe minimuma nem esik össze a B fő vágási iránnyal, mely A-hoz viszonyítva $\varphi = 90^\circ$ mellett van. A görbe minimum-pontja kb. 97° körüli amikor a vágóél már nem párhuzamosan halad a rostiránnyal, hanem azzal kb. 7° -os szöget zár be. Kivimaa magyarázata szerint a vágóél könnyebben hatol a fába, ha bizonyos szögben és nem párhuzamosan érintkezik a rostokkal, mivel ez utóbbi esetben a rostok a melloldal és az előrehaladó vágórés alja között surlódhatnak.

A 7. ábra az A-B-A vágásirányokban a forgácsoló és nyomóerők változását tünteti fel, változó forgácsvastagság mellett. Látható, hogy a fő vágási erő annál jobban függ a vágás iránytól, minél nagyobb a forgács vastagság, ugyanakkor az F_2 nyomóerő változására a forgács vastagság változás nem hat lényegesen /7. ábra/.

7. ábra

A vágási irány hatása a fő vágó- és nyomó erőkre

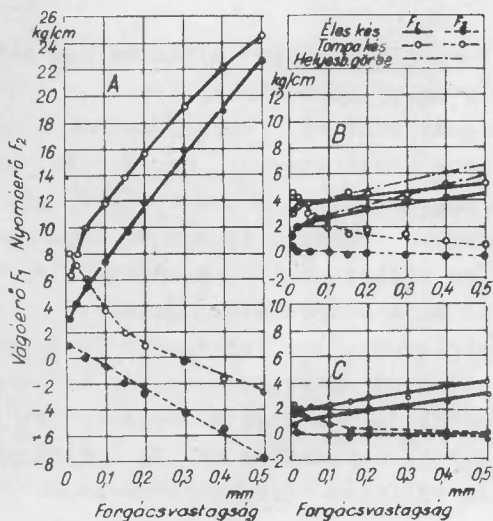
Forgácsvastagság $\delta = 0,05, 0,1$ és $0,2$ mm; fafaj nyír; $r_{12} = 0,65 \text{ g/cm}^3$; $u = 11\%$; $\alpha = 10^\circ$; $\beta = 70^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; munkaéles kés /E. Kivimaa után/.



b/ Forgács-vastagság

A forgács vastagság egyike a legfontosabb befolyásoló tényezőknél. A 8. ábra Kivimaa vizsgálati eredményeit tartalmazza. Az

un. munkaéles vágóél mellett a vizsgálatokat tompa vágóéllal is lefolytatta.



8. ábra

A forgácsvastagság és késélesség hatása a fő vágó- és nyomó erőkre A, B és C vágás irányokban. Fafaj nyír; $r_{12} = 0,63 \text{ g/cm}^3$; $u = 12 \%$; $\alpha = 10^\circ$; $\beta = 45^\circ$; $\gamma = 35^\circ$; munkaéles és tompa kés /E. Kivimaa után/.

Azoknál a forgács vastagságoknál, melyek a gyakorlati munkánál általában előfordulnak /kb. 0,025 - 0,3 mm/, a fő vágási erők F_1 görbéi az egyenestől alig térnek el, az egységes vágás szélességre vonatkoztatott forgácsolási erők arányosak a forgács vastagsággal. A 0 forgács vastagságra extrapolál görbék nem futnak azonban át a koordináta-tengely metszéspontján, hanem az ordináta tengelyt metszik, lényegesen a koordináta-tengely metszéspontja felett. Ennek magyarázata Kivimaa szerint, hogy a forgácsoláshoz szükséges fő vágási erő F_1 két különböző okból változik.

Az erő egyik része, amely a tulajdonképpeni vágáshoz szükséges, konstans marad, függetlenül a forgács vastagságától, az erő elsősorban a szerszám alakjától és élességétől függ.

Az erő másik része valószínűleg a leválasztott forgács deformálásához, összezuzásához szükséges, főleg a forgács keresztmetszetétől és ezzel a forgács vastagságától függ, s bizonyos határon belül közel lineáris függvénye annak.

Bár a faforgácsolásnál a számos befolyásoló tényező miatt "fajlagos" forgácsolási erő általános érvényű megállapítása nem

lehetséges, de egyes esetekre megállapítani feltétlen hasznos. A vonatkozó értékek közlésekor azonban minden esetben célszerű pontosan megállapítani a vágás irányát, a forgács vastagságát, valamint a fa és a szerszámok jellemző adatait.

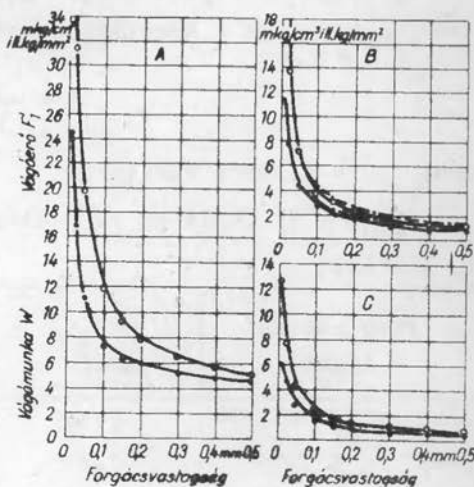
Kivimaa vizsgálatainál használt 1 x 1 cm keresztmetszetű próbatesteknél az 1 cm vágáshélességre eső F_1 fő vágási erő mm^2 -re vonatkoztatva, mint F'_1 fajlagos fő vágási erő, az alábbi egyenlőséggel fejezhető ki:

$$F'_1 = \frac{F_1}{10 \cdot \delta}, \text{ ahol } \delta \text{ a forgács vastagságát jelenti.}$$

A 9. ábra e képlettel átszámított, fajlagos fő vágási erő értékeit tünteti fel. A térfogategységre $/\text{cm}^3/$ vonatkoztatott vágási munka W /kilogrammóméter/, figyelemmel a próbatestek méretére, a következő egyenlőséggel fejezhető ki:

$$W = \frac{F_1}{10 \cdot \delta} \quad \text{kgm/cm}^3$$

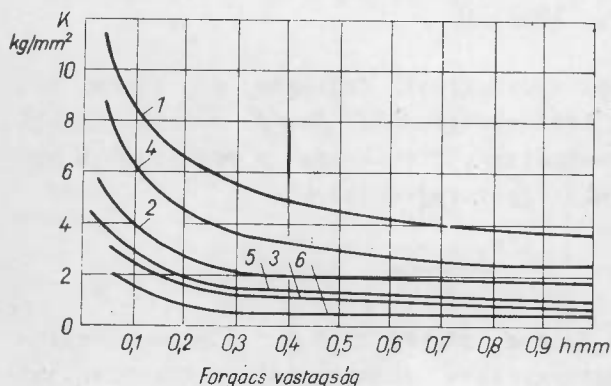
Ennek megfelelően a 9. ábra görbéi mind a fajlagos fő vágási erőt, mind a térfogategységre vonatkoztatott forgácsolási munkaszükségletet feltüntetik.



9. ábra
A forgács vastagság hatása a vágási munkára $W/\text{kg/cm}^3$, és a fő vágási erőre $F'_1/\text{kg/mm}^2/$, a fő vágási irányokban A, B és C /B. Kivimaa után/.

A gyakorlatban sokszor előforduló 0,1 mm-es forgács vastagságnak, mint látható, igen nagy a jelentősége. Ennél kisebb forgácsvastagságoknál a munkaszükséglet rohamosan nő, míg 0,2-0,3 mm forgácsvastagságok között, s attól felfelé a munka- illetve energiamegtakarítás nem lényeges.

A szovjet gépipari enciklopédia adatai is megerősítik, hogy a forgács vastagság növelése a forgácsolási erők viszonylagos csökkenéséhez vezet, de ennek hatása csak vékony forgácsoknál /0,2 mm-ig/ jelentős /10. ábra/.



10. ábra

Fajlagos forgácsolási ellenállás, a forgács vastagságtól függően.

$\delta = 60^\circ$; $u = 13\%$;
keményfa: 1 bütü-, 2 hossz-, 3 harántirányu vágás;
puhafa: 4 bütü-, 5 hossz-, 6 harántirányu vágás
/Sz.G.E. után/.

A fajlagos vágási erőt, melyet fajlagos vágási ellenállásnak /K/ neveznek a következő egyenlőség szerint számítják:

$$K = \frac{C}{h^m}$$

ahol h = forgács vastagság

C és m értékeit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Forgácsolási irány	C		m
	puhafa	keményfa	
A	2,35	3,35	0,41
B	0,92	1,5	0,42
C	0,44	0,66	0,52

Megjegyzendő, hogy az m hatványkitevő értékei a vágás különböző viszonyai között módosulnak, ezért a táblázatban közölt értékek csak tájékoztató jellegűek.

c/ Szerszám-sebesség

A fa keménysége viszonylagosan kis értékű és részben ezért a faforgácsolásnál lényegesen nagyobb a szerszám-sebesség, mint a fémek megmunkálásánál. A fa kis keménysége ellenére a nagy szerszámsebességek mellett a szerszám vágóélén magas hőmérséklet keletkezik, de a szerszám és a fa érintkezési ideje oly rövid, hogy a fa, rossz hővezető képességénél fogva, a vágóél magas hőmérsékletét nem veszi át, és így a faanyagban nem keletkezhetnek olyan kémiai reakciók, melyek a szerszámsebességek csökkentését kívánják meg. A helyesen szerkesztett szerszám üzemi hőmérséklete, annak ellenére, hogy a szerszámélek közvetlen közelében magas hőmérsékletek tapasztalhatók, viszonylag alacsony.

A nagy szerszám-sebességgel való forgácsolás igen jelentős a vágási felület jósága tekintetében. A szerszám és a faanyag közti érintkezés ugyanis olyan gyorsan megy végbe, hogy a fa bepedését okozó erők, az egyes rostok tehetetlensége következtében, nem érvényesülhetnek.

A faanyagok tulajdonságaiból következik tehát a megmunkálásra jellemző nagy szerszámsebesség, melyet nem gátol a szerszám felmelegedése és amellyel a megmunkálás minősége jól biztosítható.

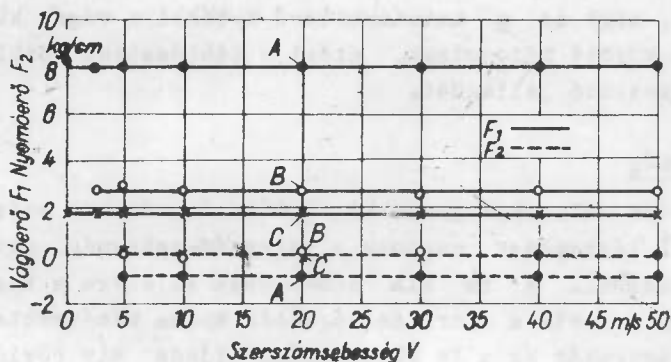
A szerszámsebesség hatása a forgácsolóerők alakulására azonban mind ez ideig egyértelműen nincs meghatározva. Egyes kutatók feltételezik, hogy az alacsony, illetve magas szerszámsebességek feltétlenül befolyásolják a vágási erő alakulását.

J. Köberle, pl. a szerszámsebességeket három csoportra osztotta:

I. alsó szerszámsebesség tartomány	5 - 20 m/mp
II. középső szerszámsebesség tartomány	20 - 60 m/mp
III. felső szerszámsebesség tartomány	60 - 100 m/mp.

Vizsgálatai alapján körfűrészre a 20 - 40 m/mp közötti szerszámsebességeket találta a legjobbaknak.

E. Kivimaa, a 11. ábrán látható összefüggést állapította meg.



11. ábra

A szerszám-sebesség hatása a fő vágó- és nyomóerőkre a fő vágási irányokban.

A, B és C forgácsvastagság $\delta = 0,1$ mm; fafaj nyír; $r_{12} = 0,61$ g/cm³; $u = 11$ %; $\alpha = 10^\circ$; $\beta = 45^\circ$; $\gamma = 35^\circ$; munkaéles kés.

Eszerint a szerszám-sebességeknek a forgácsolási erőkre gyakorlatilag befolyásuk nincs. Ennek ellenére nem von le végleges következtetést, amikor azt mondja: "Meg kell érteni, hogy a kapott értékek nem szolgáltatnak elegendő okot arra a következtetésre, hogy a szerszám-sebesség nem befolyásolja a vágási erőt semmiféle faanyag megmunkáló feladatnál. Valószínű azonban, hogy a vágási erőknek a szerszám-sebességektől való függése olyan csekély lesz a tanulmányozott eseteken kívüli alkalmakkor is, hogy ennek gyakorlati jelentősége nincs."

A fajlagos vágási erő a legtöbb nyersanyagnál függ a szerszám-sebességtől, s általában a szerszám-sebesség növekedésével csökken. Ezt elsősorban a leválasztott forgács igen kismértékű deformálása teszi lehetővé. Vannak viszont nyersanyagok, melyeknél ez a törvényszerűség nem érvényes.

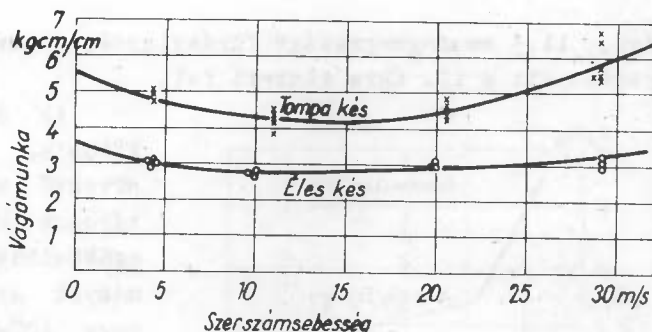
B. Thunell, a stockholmi faipari kutató intézetben lefolytatott vizsgálatait alapján arra a következtetésre jutott, hogy a fémmegmunkálásnál tapasztalt törvényszerűségeket nem lehet minden további nélkül a lényegesen magasabb szerszám-sebességgel történő faanyag-megmunkálásra alkalmazni.

Szerinte a szerszám-sebesség és forgácsolási erő közötti összefüggés honori lefutási görbét ad, melynek minimum pontja 10-15 méter/mp között van. A görbe munkaéles kés esetén /12. ábra/ eléggé lapos, tompa vágóélel végzett kísérletei /a gyakorlatban többé-kevésbé tompa vágóélellel dolgoznak/ élesen megkülönböztethető minimum-pontot eredményeztek, 15 m/mp körüli szerszám-sebességeknél.

12. ábra

A szerszám-sebesség hatása a vágási munkára.

Forgácsvastagság $\delta = 0,5$ mm; fa faj erdei fenyő; $\alpha = 30^\circ$; $\beta = 45^\circ$ /B.Thunell után/.



Fentieknek B. Thunell a következő magyarázatát adta:

A szerszám és fa között fellépő surlódó erők igen alacsony szerszám-sebességeknél befolyásolják legjobban a vágás-ellenállást, növekvő szerszám-sebességeknél ez csökken. A szerszám-sebesség további növekedésével feszültség-változások és más mechanikai jelenségek lépnek fel, melyek a vágási ellenállást növelik.

F. Kollmann véleménye szerint alacsonyabb szerszám-sebességek mellett a forgács gyakran a legkönnyebb módon, főleg hasítással keletkezik, míg magasabb szerszám-sebességeknél a vágóél minden rostot átvág, melynek következtében a forgácsolóerők növekednek.

Az eltérő megállapítások ellenére mégis leszűrhető az a vélemény, hogy a szerszám-sebességnek - bizonyos határok között - nincs lényeges befolyása a forgácsolási erők változására, s jelentősége elsősorban a vágásfelület jóságának kialakításában van.

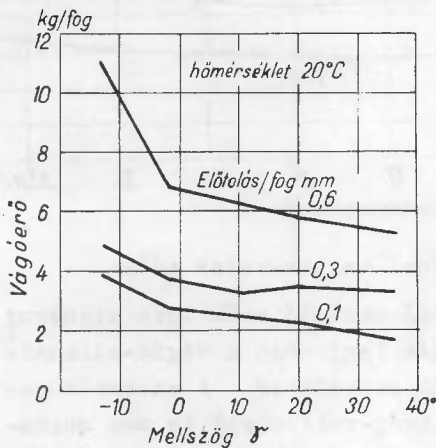
A forgácsoló szerszám geometriájából származó befolyásolási tényezők

a/ Mellszög, hátszög, ékszög

A mellszög változásának a vágási erőkre gyakorolt hatását számos kutató tette már vizsgálat tárgyává.

B. Thunell, az egy fűrészfogra eső vágóerő alakulását vizsgálta, 46 %-os nedvességtartalmu lucfenyő feldolgozásánál. A vizsgálatokhoz 2 mm vastag, 0,5 mm terpesztésű, 25 mm-es fogosz-

tásu, 11,5 mm fogmagasságu fűrészlapokat használt. A vizsgálat eredményeit a 13. ábra tünteti fel.



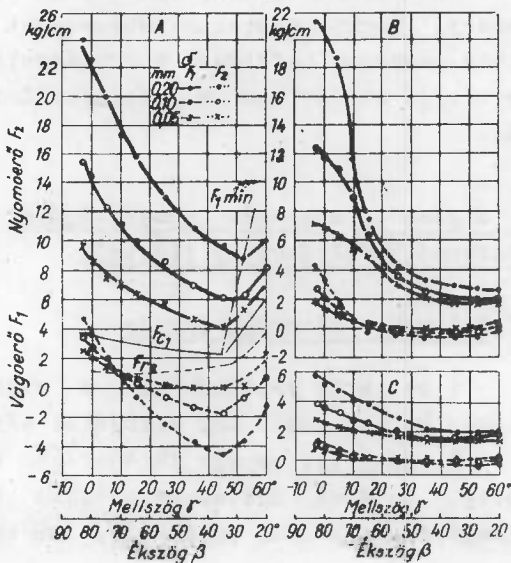
13. ábra

lett vizsgálta. A vizsgálati eredményeket a 14. ábra tünteti fel. A vizsgálati eredmények, főleg az A vágási irányban, érdekes képet mutatnak. A görbe, kb. 5-52°-os mellszög értéken felül, a vágási erők hirtelen emelkedését mutatja. Ennek magyarázata, szerző szerint az, hogy a növekvő mellszög értékekkel egyidejű-

14. ábra

A mellszög hatása a fő vágási- és nyomó erőre, a fő vágási irányokban. A, B és C.

Forgácsvastagság $\delta = 0,05$; 0,1 és 0,2 mm; fafaj nyír;
 $\rho_{12} = 0,61 \text{ g/cm}^3$; $u = 11\%$;
 $\alpha = 10^\circ$; $\beta = 83^\circ - 20^\circ$;
 $\gamma = -3^\circ - +60^\circ$; munka-
 éles kés /E.Kivimaa után/.

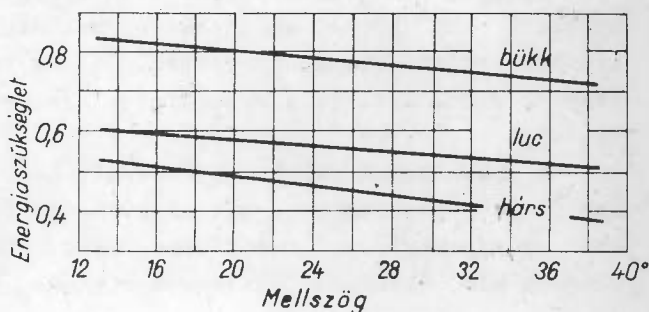


leg csökkenő ékszög következtében a vágóél olyan mértékben gyengül, hogy nem tud hosszabb ideig ellenállni a keletkező feszültségeknek. A vágóélen nem folyamatos tompulás, hanem kitöredezés következett be, annál nagyobb mértékben, minél nagyobb volt a forgács vastagság. A-B-C vágási irányokban, mivel a vágási erők lényegesen kisebbek voltak, nem következett be a vizsgálat tartama alatt a vágóélek hirtelen tompulása, mely egyidejűleg a vágóerők gyors növekedését vonta volna maga után. Minden esetre a vizsgálatok arra engednek következtetni, hogy a 45° -os mellszög mellett levő 35° -os ékszöget kritikus ékszögnek lehet nevezni.

Az F_2 erők grafikonjainál tapasztalható, hogy az összes vágási irányokban a különböző forgács vastagságok mellett keletkező vágási erő grafikonok metszik egymást, 10° körüli mellszög értéknél. Kivimaa, e pontot kritikus pontnak nevezte és ez megegyezik B. Thunell megállapításaival is, aki a mellszög alsó határát 10° körül állapította meg. Az energia megtakarításra vonatkozóan Kivimaa megállapítja: "A diagrammok arra mutatnak rá, hogy még a szóbanforgó vágási irányok esetében - kivéve speciális forgácsolási eseteket - sem érdemes nagyon nagy mellszög alkalmazásával kísérletezni, mert az energia felhasználásnál elért megtakarítás aránylag csekély, főleg kis forgács vastagságok mellett."

B. Thunell, vizsgálatai alapján arra a következtetésre jutott, hogy a vágási munka csökkenése 45° -nál nagyobb mellszög értékek esetén egész jelentéktelen, ugyanakkor kis ékszög értékek mellett jelentős nehézségekkel kell számolnunk.

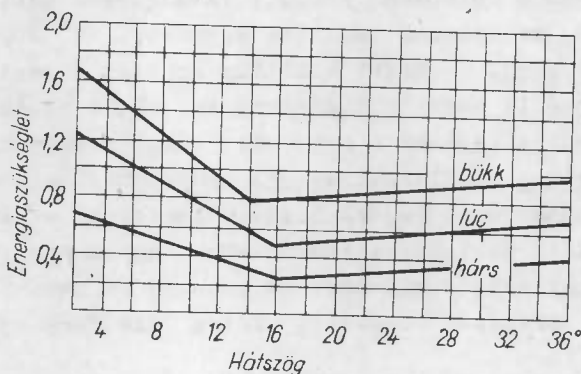
Az előzőekhez hasonló eredményeket kapott Sachsenberg, aki a KW felhasználást vizsgálta a változó mellszög függvényében, bükk, luc, és hárs fafajokra /15. ábra/.



15. ábra
A mellszög hatása az energiaszükségletre, körfűrésznel /Sachsenberg után/.

A lefolytatott kísérletek alapján a 10° -os mellszög érték minimumnak tekinthető, melyet nem ajánlatos tovább csökkenteni, főleg kis forgács vastagságoknál gyorsan megnövekedő energiafelhasználás miatt. A mellszög felső határértékének korlátot szab a szerszám anyaga, melynél a vágóélek olyan mértékben kigyengülhetnek, hogy nem tudnak ellenállni a fellépő feszültségeknek. Ez esetekben a vágóél nem fokozatosan tompul, hanem kitöredezik, maga után vonva a rohamosan növekedő energia szükségletet. A mellszög felső határértéke jelenleg kb. 45° körül van.

A hátszög változásának hatását az energiafelhasználására, Sachsenberg vizsgálatai nyomán, a 16. ábra tünteti fel.



16. ábra

A hátszög hatása az energiaszükségletre, körfűrésznél
/Sachsenberg után/

A vizsgálatokat bükk, luc és hárs fafajokra végezte. Megállapítást nyert, hogy a fafajtól függően a KW felhasználás akkor volt a legkisebb, ha a hátszög értékét $13-16^\circ$ -ra állították be.

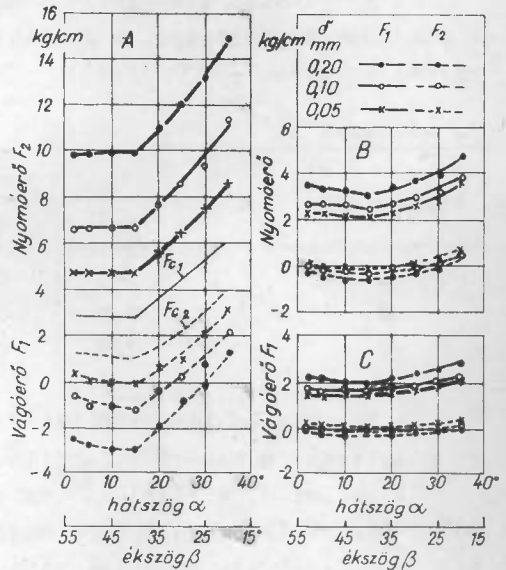
Kivimás vizsgálatainál, melyet nyolc késsel végzett, a hátszöget $2 - 35^\circ$ között változtatta, mellyel egyidejűleg az ékszög is változott és állandó értékben, 35° -on tartotta minden vizsgálatánál a mellszöget. A vizsgálatok eredményét a 17. ábra tünteti fel.

A vizsgálatok szerint 15° körüli hátszög értéknél a görbéknek minimum pontjuk van, sőt az A vágási irányban a forgácsolási erők gyors, hirtelen emelkedése tapasztalható. Ez az emelkedés ismét a kis ékszögre vezethető vissza. A 15° -os hátszög érték

17. ábra

A hátszög hatása a fő vágási- és nyomó erőre a fő vágási irányokban. A, B és C.

Forgácsvastagság $\delta = 0,05$; 0,1 és 0,2 mm; fafaj nyír;
 $r_{12} = 0,59 \text{ g/cm}^3$ /A/ és $0,52 \text{ g/cm}^3$ /B,C/; $u = 11\%$;
 $\alpha = 2-35$; $\beta = 53-20^\circ$;
 $\gamma = 35^\circ$; munkaéles kés
 /E. Kivimaa után/.



mellett, figyelemmel az állandó mellszög értékre, az ékszög 40° -os, mely már a fentebb említett okok miatt a vágási erők gyors növekedéséhez vezet. A 15° -nál nagyobb hátszög értékek melletti összefüggésekre Kivimaa vizsgálatai nem adnak kielégítő tájékoztatást. Feltételezhető, hogy a mellszög csökkentése esetén a hátszög értékeket tovább lehetne növelni anélkül, hogy a vágási erők lényegesen növekednének. Kivimaa véleménye szerint is a hátszögek növelése esetén mindaddig az értékig, amelynél az ékszög csökkenése miatt a vágóél jelentős mértékben kitöredezik, a végőreőknek csökkenniük kell. A kísérlet sorozata azonban nem volt elégséges arra, hogy ezt a határt teljes pontossággal meg lehessen állapítani. Ez idő szerint a hátszög 15° körüli határértékét helyes elfogadni.

A mell- és hátszög okozta forgácsolási erő változásra a szovjet gépipari enciklopédia is tartalmaz adatokat. A változásnak megfelelően a fajlagos vágási ellenállás értékének kiszámításához /K/ korrekciós tényezőket ad. Kiindulási alapelve, hogy a hátszög mindig nagyobb legyen 5° -nál, általában $10-15^\circ$ körüli értéket képviseljen, a korrekciós tényezőket a változó δ vágásszög / $\alpha + \beta$ / vonatkozásában adják meg.

A korrekciós tényezőket, melyek teljes mértékben igazolják a korábban mondottakat, a 2. táblázat tartalmazza, $\delta = 60^\circ$ -ot egységnek véve.

2. táblázat

Vágás irány	δ szög				
	30°	45°	60°	70°	80°
A	-	0,63	1	1,4	2,0
B	0,5	0,7	1	1,3	1,7
C	0,8	0,9	1	1,1	1,2

A korrekciós tényezők azt fejezik ki, hogy a növekvő mellszög értékkel a vágási ellenállás csökken, ellenkező esetben nő.

A mellszög, a hátszög, valamint az ékszög együttes értéke 90° . Bármelyik megváltozása maga után vonja a másik két szögérték változását is. Bizonyos határokon belül az ékszöggel kapcsolatban lefolytatott vizsgálatok arra engedtek következtetni, hogy a vágási erők 45° -os mellszög érték mellett 30 - 35 - 40° -os ékszögre vonatkoztatva nem mutattak lényeges eltérést. Kivimaa vizsgálatai minden esetben egy kritikus ékszög értékhez vezettek, mely mellett a vágóél kitöredezése következett be. Az eddigi vizsgálatok azonban nem nyújtanak elég alapot ahhoz, hogy pontosan meghatározzuk, illetve minden esetre nézve elfogadjuk Kivimaa által talált kritikus ékszög értékeket. Ennek oka az, hogy maga Kivimaa is úgy találta, hogy a kritikus ékszög értéket csak részben határozza meg a szerszám nyersanyaga, másrészt igen jelentős befolyással van rá a feldolgozott faanyag térfogatsúlya.

Mindenesetre helyes, ha a fentiekben közölt kritikus ékszög értékekre figyelemmel vagyunk és a mell-, valamint hátszögek értékét olyan biztonsággal választjuk meg, hogy az ékszög ne essen a fentebb közölt kritikus értékek alá.

b/ A kés élessége

A szovjet gépipari enciklopédia megállapítása szerint a vágóél tompulásának oka:

1. a forgácsolás következtében bekövetkező elhasználódás, amely a vágóél legömbölyödéséhez vezet,

2. a lekészülődési elhasználódás, ragasztott faanyagok forgácsolásánál.

A kés tompulását a vágóél legömbölyödési sugara φ jellemzi. A vágóél tompulása a forgácsoló erők növekedéséhez vezet. A vágóél tompulása következtében megnövekszik mind a P_1 , mind az un. P_0 / P_2 erő értéke, mely a forgácsolandó anyagra nyomást gyakorol. A P_0 nyomóerő értéke a kés élességétől függ és a következő összefüggés jellemzi:

$$P_0 = P \cdot c$$

c értékei: éles késre 0,1 - 0,3
közepes élességű késre 0,5 - 0,7
tompaélú késre 1.

A K. fajlagos forgácsolási ellenállás relativ változását, a kés élességétől függően, α_φ tényező fejezi ki, melynek értékeit a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat

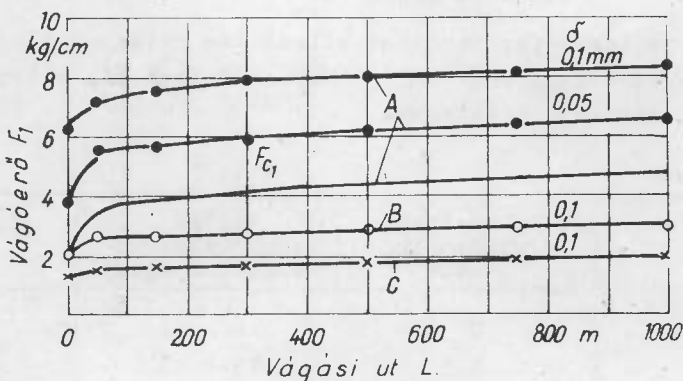
Kés	Teljesített munkaórák száma	Vágóél gömbölyödési sugara μ -ban	Helyesbitő tényező
Éles	0	2 - 10	1,0
	0,5	15 - 25	1,1
Középegés	1	26 - 30	1,2
	2	35 - 40	1,3
Eltompuló	3	41 - 45	1,4
	4	46 - 50	1,5
Tompa	6	55 - 60	1,6

A kés anyaga ötvözetlen szerszámacél, hosszirányu vágás közepes viszonyoknál /n = 4000 n/p és v = 10-15 m/p. Fafaj erdei-fenyő/. A 3. táblázatban foglalt értékek azonban csak tájékoztató jellegűek.

Sajnos mind ez ideig a vizsgálatok nem eredményeztek olyan gyakorlati és gyors eljárást, mely a kés élességének és a tompulás folyamán benne fellépő változásoknak a meghatározására szolgálna. Ismeretes, hogy a vágóél tompulása következtében a telje-

sítmény visszaesik. Elméletileg, legalább is üzemi szempontból, a vágóél akkor nevezhető tompának, ha a tompulás következtében bekövetkező teljesítmény kiesés értéke egyenlő a szerszámcseré ideje okozta teljesítménykieséssel, vagy nagyobb annál. Ezt azonban a számos befolyásoló tényező miatt előre meghatározni csak gyakorlati tapasztalatok alapján lehet.

A jó élezés után elért legfinomabb vágóél viszonylag igen hamar letompul, melynek következtében a forgácsolás megkezdésekor egy rövid ideig a vágóerők gyors növekedése figyelhető meg. Egy bizonyos tompulás, un. üzemi élesség elérése után a szerszám anyagától függően a kés viszonylag közel azonos forgácsolási erők felhasználásával dolgozik /18. ábra/.



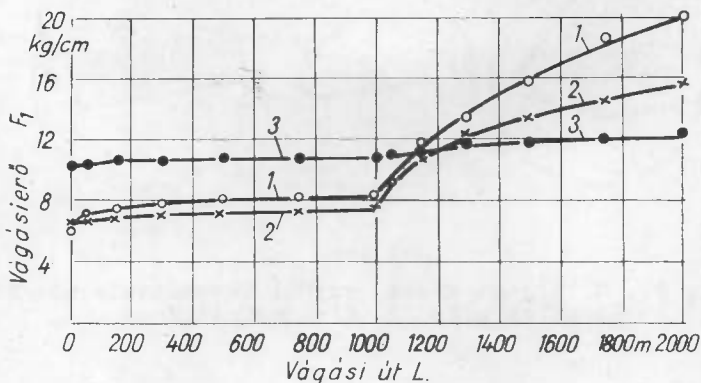
18. ábra

A vágási út L hatása a fő vágási erőre

Forgács vastagság $\sigma = 0,05; 0,1$ mm, B és C vágási irányoknál; fafaj nyír; $r_{12} = 0,64 \text{ g/cm}^3$; $u = 9\%$; $\alpha = 10^\circ$; $\beta = 45^\circ$; $\gamma = 35^\circ$ /E. Kivimaa után/.

Egész röviden és csak hozzávetőlegesen említjük meg a vágási erő és a szerszám nyersanyag közötti összefüggést. Feltételezve, hogy a szerszám nyersanyaga eléggé szilárd és szívós ahhoz, hogy ne töredezzék ki és hogy a vágási éleken fellépő igénybevételnek ellenálljon, a vágási erők a szerszám anyagától függetlenek volnának. De a szerszám anyaga, az attól függő élkialakítás és éltartóságban mutatkozó változások miatt mégis kihat a

vágási erőkre, mert a vágóél élességére és éltartósságára jelentős befolyással van a vágószerszám anyaga. E. Kivimaa vonatkozó vizsgálati eredményeit tünteti fel a 19. ábra.



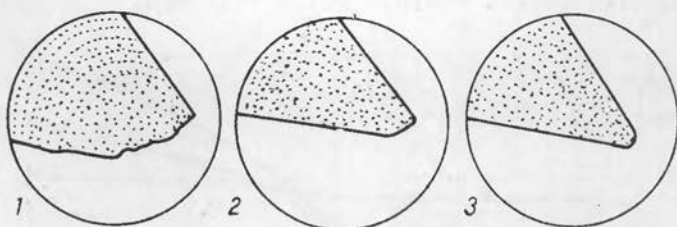
19. ábra

A vágási út L hatása a fő vágási erőre. A vágási irányban
 Forgácsvastagság δ 0,1 mm; 0-1000 m-ig; fafaj nyír;
 $r_{12} = 0,64 \text{ g/cm}^3$; $u = 9 \%$; 1000-2000 m-ig teakfa; $r_{12} =$
 $0,63 \text{ g/cm}^3$; $u = 9 \%$; $\delta = 0,025 \text{ mm}$; $v = 40/\text{mp}$; Kések:
 1. szénacél, 2. gyorsacél, 3. keményfém, $\alpha = 10^\circ$;
 $\beta = 45^\circ$; $\gamma = 35^\circ$ /E. Kivimaa után/.

A kísérletnél 1000 m vágáshosszig nyírfát, 1000-2000 méterig teakfát használtak. A tapasztalatok a következők voltak:

1. A gyengén ötvözött szénacél anyagu kés kezdetben a legélesebb volt, de már a nyírfa forgácsolásánál is gyorsabban tompult, mint a gyorsacél anyagu szerszám. A teakfa forgácsolására teljesen alkalmatlan volt.
2. A gyorsacél kés a nyírfa forgácsolására jobbnak bizonyult, de a teakfa forgácsolásánál a tompulás mértéke oly nagy volt, hogy ily kemény faanyag forgácsolására alkalmatlannak kell minősíteni.
3. A wolframkarbid anyagu szerszám, kezdetben tompább, viszont az un. üzemi élessége a legkielégítőbb. Ennek oka, hogy a wolframkarbid anyagu szerszámok jelenleg nem köszörülhetők olyan kezdeti élességű fokra, mint a gyorsacél, vagy szénacél anyagu szerszámok, ezért forgácsolás kezdetén a forgácsoló erők természetesen magasabbak.

A végzett forgácsolási munka után a vágóélek a 20. ábra szerinti képet mutatták.

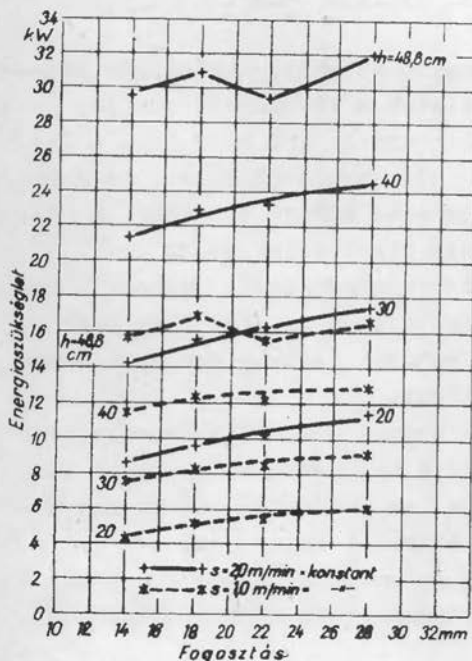


20. ábra

Az 1., 2., 3. típusu kések, vágóél keresztmetszete forgácsolás után /E. Kivimaa után/

c/ Fogosztás

A fogosztás nem elsődleges befolyásoló tényezőként lép fel, mert főleg a szerszám sebesség függvényében változó forgács vastagság révén befolyásolhatja a forgácsolási erők nagyságát. Ha elfogadjuk, hogy a forgács vastagság alsó határa 0,2 mm-nél kisebb ne legyen, a fogosztásra nézve már bizonyos megkötöttséget fogadunk el.



A forgács vastagsággal viszont nagymértékben befolyásolhatjuk a vágás felületi jóságát, melyet elsősorban a kis fogosztás és a kis forgács vastagság biztosít.

K. Bues vizsgálatai szerint keretfűrészekben az energia szükséglet emelkedő fogosztással majdnem lineárisan nő /21. ábra/.

21. ábra

Az energiaszükséglet összefüggése a fogosztással /K. Bues után/.

A kísérletek nem térnek ki a szerszám sebességre, melytől a leválasztott forgács vastagság szintén erős mértékben függ. Feltételezhető, hogy az alkalmazott előtolási sebesség és szerszám-sebesség mellett a grafikonok kezdőpontjánál a forgács vastagság az optimum alatt volt. Következtetni lehet egyrészt abból, hogy 48,8 cm-es vágás magasság mellett az optimális fogosztás 22 mm felé tolódik el, másrészt, hogy hazai és amerikai kutatások K. Bues eredményeit nem támasztják alá olyan vonatkozásban, hogy függetlenül a forgácsvastagságtól, a fogosztás növekedésével az energia felhasználás nő. Hazai kutatóink közül Barlai Ervin végzett e kérdéssel kapcsolatban vizsgálatokat, keretfűrészeken. A vizsgálat célja volt tisztázni, hogy a fajlagos ellenállás és a fogosztás között milyen viszony áll fenn, figyelembe véve, hogy nagyobb fogosztással a forgács vastagság is változik. A kísérleti fűrészlapok adatai a 4. táblázatban közöltek szerinti volt.

4. táblázat

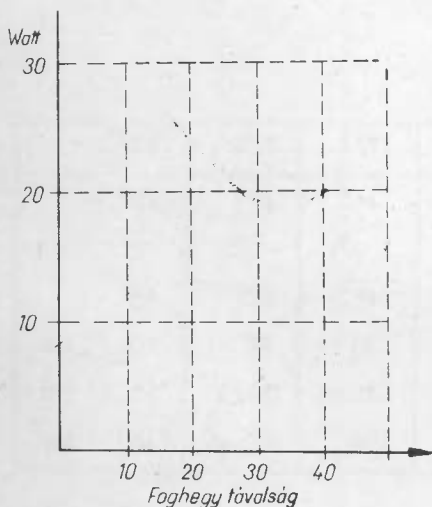
Sorozat	I/1	II/1	III/1	IV/1	V/1	VI/1
	45°	45°	45°	45°	45°	45°
	0°	0°	0°	0°	0°	0°
	45°	45°	45°	45°	45°	45°
t	15	20	25	30	35	40 mm
h	10	13,3	16,7	20	23,3	26,6 mm
ü	99	181	266	394	5.06	710 mm ²

A vizsgálatok eredményét az 5. táblázat és a 22. ábra tünteti fel.

A vizsgált esetekben a fajlagos ellenállás, kis fogosztás esetén magas volt, a minimum 30-35 mm-es fogosztási érték körül található. Nagyobb fogosztás esetén a fajlagos ellenállás ismét emelkedik. Az energia felhasználási görbe töréspontja 0,2 mm-es forgács vastagság után következett be, de sajnos, e vizsgálatok a különböző befolyásoló tényezők függvényében nem fejeződtek be, s így nem lehet végérvényes következtetést levonni.

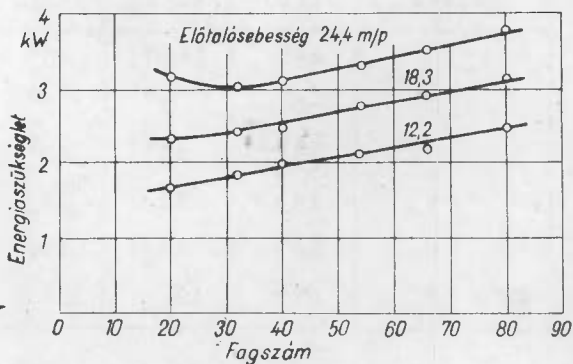
5. táblázat

Fogcsucs távolság	Előtolás járatonként	Járatonkénti fűrészpor átlag mennyiség	Hasznos energia fűrészpor cm^3 -ként	Működő fogak száma	Forgács vastagság	Kísérletek száma
mm	mm	cm^3	Watt	db	mm	db
15	3,78	4,17	0,027	25	0,151	27
20	3,78	4,29	0,024	19	0,198	21
25	3,78	4,02	0,023	15	0,252	41
30	3,78	4,11	0,019	13	0,291	36
35	3,78	4,05	0,019	11	0,344	36
40	3,78	4,31	0,020	9	0,420	24



22. ábra

Az energiaszükséglet összefüggése a fogosztással /Barlai E. után/



23. ábra

Az energiaszükséglet összefüggése a fogosztással, körfűrésznél. $K=51$ m/mp /Forest Products Research Laboratory Prinzes Risborough után/

Alátámasztja Barlai vizsgálati eredményeit a Forest Products Research Laboratory Prinzes Risborough vizsgálat sorozata, melyeket körfűrészekre végeztek, különböző előtolási sebességek mellett. Az eredményeket a 23. ábra tartalmazza.

A vizsgálatok szerint csökkenő fogszámmal az energia felhasználás lényeges mértékben csökken. Sajnos, nem ismeretesek a forgács vastagság értékei.

A fentieket, legalább is körfűrészek vonatkozásában, azóta már a gyakorlat is igazolta. Ismeretes, hogy a kevés fogosztású körfűrészeknél /pl. Wigo R.S. körfűrészek/ az energiafelhasználás jóval kevesebb /30-35%/, mint az általában használt sok fogú körfűrészeknél, azonos szerszám-sebességet és előtolási sebességet feltételezve.

Annak ellenére, hogy e kérdés még további kutatásokat igényel, mégis arra lehet következtetni, hogy a fogosztás megválasztásánál, ha más speciális előírások nincsenek, célszerű a 0,2 mm-es forgács vastagságot szem előtt tartani, melynek alapján, adott szerszám-sebesség és előtolási sebesség mellett, a fogosztás számítható.

d/ Terpesztés, duzzasztás, élezés

Terpesztésen a fűrészpengék fogainak a penge síkjából történő kihajlítását értjük, a fogmagasság 1/2, 1/3 részében jobboldalra illetve baloldalra. Célja kettős:

1. A fűrészpengék oldala és a fűrészelt fa közötti surlódás csökkentése.
2. A keletkező fűrészpor eltávolításának megkönnyítése.

A terpesztés nagysága két tényezőtől,
a fa nedvességétől és
a fafajtától függ.

A nedves fa a benne levő nedvességi különbségek és a fűrészelés következtében beálló rugalmas alakváltozás miatt a résbőség irányában dagadni kezd. Ez a jelenség fagyott és száraz fánál nem következik be, ezért a penge és fa közötti surlódás elkerülése érdekében fagyott és száraz fánál kisebb, míg nedves fa fűrészelésénél nagyobb résbőségre /terpesztésre/ van szükség.

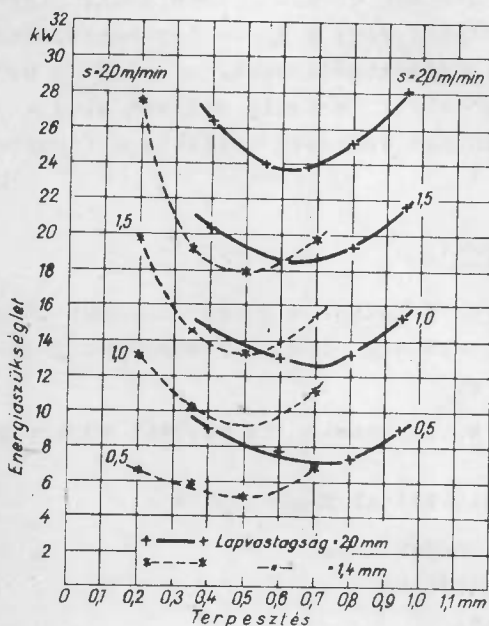
A másik tényező, mely a terpesztést befolyásolja, a fűrészpor fellazulása. A hosszurostu fák /fenyő, nyár stb./ fűrészpora nagy rostokban szakad le, fellazulása nagyobb, mint a kisebb rost hosszúságú keményfaké. Ezért a fenyőfélék, valamint a nyár fűrészeléséhez szélesebbre terpesztett pengék szükségesek, mint

a keményfák fűrészeléséhez. A szükséges terpesztés mértéke a gyakorlati tapasztalatok szerint

fenyőfák vágásánál	0,5 - 0,7 mm,
keményfák vágásánál	0,4 - 0,6 mm.

Ha a fa nedves, a nagyobbik, ha száraz vagy fagyos, a kisebbik értéket lehet használni.

Az energiaszükséglet alakulására - többek között - K. Bues végzett megfigyeléseket, melyek eredményeit a 24. ábra tünteti fel.



24. ábra

A terpesztés hatása az energiaszükségletre, különböző pengevastagságoknál és előtolási sebességnél /K. Bues után/

surlódás legyőzéséhez. Kis terpesztésnél ezzel ellentétben a surlódás leküzdéséhez szükséges energia jelentős mértékben megnő, míg a forgácsoláshoz szükséges erő viszonylag csökken. Tülnagy terpesztésnél viszont a forgácsolási erő kb. a résbősséggel arányosan nő, míg a surlódás okozta energiaszükséglet megközelítően állandó értékre áll be.

A 24. ábra szerint különböző lapvastagságoknál növekvő terpesztéssel az energiaszükséglet egyidejűleg csökken, majd ismét emelkedik. A görbe minimum pontja 1,4 mm-es fűrészpengéknél 0,5 mm, 2 mm vastagságú fűrészpengéknél 0,6 - 0,7 mm körüli. Hasonló eredményekhez jutott körfűrész-lapok vizsgálatánál M. Meyer is. Szerinte, a görbe homorú lefutása az alábbiakkal indokolható:

Megfelelő terpesztés mellett a forgácsolás közben felhasznált energia elsődlegesen a forgácsok leválasztásához kell, s csak lényegesen kisebb mértékben szükséges energiát fordítani a penge és fa közötti

A duzzasztás a vágóélnék nyomás útján történő kiszélesítése kb. a kétoldali terpesztés két hasonló mértékben. Célja a terpesztésével azonos.

A duzzasztás a fajlagos forgácsoló erőket lényegesen nem befolyásolja, viszont jelentős hatása van igénybevétel szempontjából a pengére azáltal, hogy - azonos szerszámgeometriát feltételezve - a duzzasztott pengével a fogcsucs távolság a kétszeresére növelhető, s egy fog végzi ugyanazt a munkát, mint a terpesztettből kettő. Terpesztett fogazatnál forgácsolás közben a terpesztett fogéleken jelentős mértékű oldalnyomás érvényesül, mely a kétoldali terpesztés következtében váltakozva lép fel, jelentős mértékben igénybevéve a pengét. Duzzasztásnál a penge fenti értelmű igénybevétele kedvezőbb. A forgácsolás közbeni oldalnyomások a vágóéltre egyszerre és egyforma mértékben hatnak. Ezzel szemben a vágóélnék nyomás útján történő kialakítása jelent nagy igénybevételt a penge anyagára nézve, s azért csak igen jó anyagból készült pengéket lehet duzzasztani.

A terpesztésre és duzzasztásra vonatkozó összehasonlító kutatások - F. Kollmann szerint - az alábbiakat eredményezték:

1. Energia felhasználás tekintetében a duzzasztott, illetve terpesztett pengék között nincs különbség.
2. A duzzasztott pengék vágás közben kevésbé melegednek, de a pontatlan /ferde/ pengebeállításal szemben érzékenyebbek, mint a terpesztett pengék.
3. A résbőség, duzzasztott pengéknél munka közben csökken /pl. 4700 m^3 , 16,5 cm átmérőjű rönk feldolgozásánál 0,1 mm-t/.
4. A duzzasztott penge - azonos résbőség mellett - kb. 95%-kal több fűrészport biztosít, mint a terpesztett penge. Ezt a nagyobb fogosztás következményeként a nagyobb részarányu darabos /nem por/ fűrészforgács okozza.
5. Kihozatalt tekintve, a duzzasztott és terpesztett pengével történő forgácsolás között krómozott fűrészpengéknél említésreméltó különbség nincs.

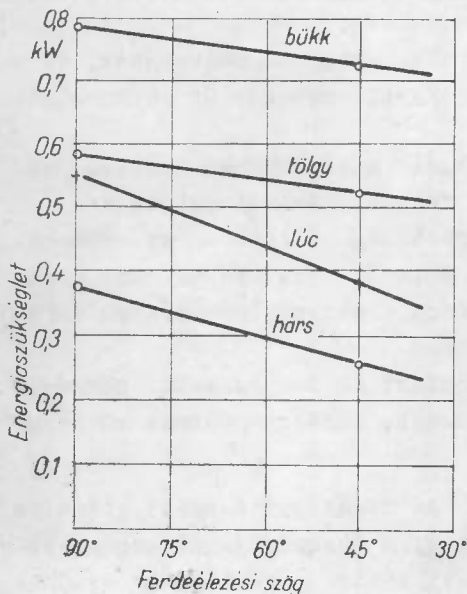
Ujabb vizsgálati eredmények e megállapításoktól bizonyos mértékben eltérnek. Így pl. Kivimaa, a duzzasztással kapcsolatban végzett több éves vizsgálati eredményeként előnyösebbnek tartja a duzzasztást a következő indokok miatt:

- a/ Csökkenthető a résbőség, ami anyagmegtakarítást jelent;
- b/ A vágásfelület minősége jobb;
- c/ Növelhető az előtolási sebesség, s ezzel a teljesítmény;
- d/ A duzzasztott fogak vágóél-tartóssága nagyobb, karbantartási munkája kevesebb;
- e/ A pengékben fellépő káros feszültségek - különösen nagy teljesítményű keretfűrészeknél - a duzzasztott pengéknél jórészt elmaradnak. A terpesztett fogazatu pengénél a kihajtogatott fogcsucok egyoldali nyomásra is igénybe vannak véve.

Bár e kérdés még nincs megnyugtatóan eldöntve, tény, hogy a finn fűrészipar jelentős mértékben kezd áttérni a duzzasztott pengékre, az amerikai fűrészipar pedig az irodalmi adatok szerint majdnem kizárólag duzzasztott pengéket használ. Ez arra figyelmeztet, hogy a jövőben nekünk is az eddigiéknél sokkal többet kell foglalkoznunk mind kutatási, mind üzemi vonatkozásban a duzzasztott pengék bevezetésének kérdésével.

A keret- és körfűrészeknél általában kétféle élezési módot különböztethetünk meg:

egyenes és
ferde élezést.



25. ábra

A ferde élezés hatása az energiaszükségletre /M. Meyer után/

Az eddigi vizsgálati eredmények arra engednek következtetni, hogy a ferde élezésnél az energiaszükséglet kisebb, mint az egyenes élezésnél. Általában azt tapasztalták, hogy az energia felhasználása fogalaktól függően 5-20%-kal kisebb, ferde élezés esetén.

M. Meyer vonatkozó megállapításait a 25. ábra tünteti fel.

Meyer szerint, kézi előtolás esetén körfűrészeknél a ferde élezés ajánlható, helyes mértéke kb. 25°. Mint a 25. ábra is mutatja, az energiateljesítmény felhasználás ferde élezéssel

csökken. Nem kielégítő azonban ferde élezés mellett a szerszám üzemideje. H. Emmerich szerint csak a forgácsolás megindulásakor volt jobb az energia felhasználás a ferdeélezés mellett, mint az egyenes élezésnél. Szerinte az energiateljesítmény felhasználás sajnos csak az első 30-35 percben alacsonyabb, majd kb. 30-35 percig azonos és ezután a ferdeélezés energiaszükséglete nagyobb, olyannyira, hogy 4-4 1/2 órás üzemidő után fűrészlap cserét kellett végrehajtani. A vágóélek felülvizsgálatánál azt tapasztalta, hogy a vágóélek ferde élezés mellett egyenletes mértékben tompultak.

További vizsgálatok arra az eredményre vezettek, hogy az egyenes élezés mindig tisztább vágásfelületet adott, mint a ferde élezés. Pl. a keményfáknál az egyenes élezésű hegyesszögű fogazat még a farkasfogazatnál is jobb vágásfelületet adott. Ugyanakkor a vizsgálatok a ferde élezésű vágóélekre állapítottak meg hosszabb üzemidőt.

A kérdés jelenleg még nincs eldöntve. Számos további vizsgálat szükséges még megfelelő végkövetkeztetés levonásához.

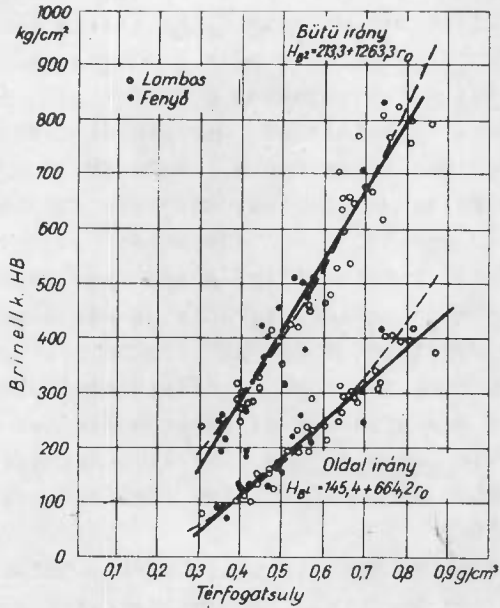
A fa tulajdonságaiból eredő befolyásoló tényezők

a/ Fafaj-térfogatsúly

Ismeretes, hogy a fa szilárdsági tulajdonságai nagymértékben változnak a térfogatsúly változásával. Így pl. a fa hajlítószilárdsága és térfogatsúlya között közel lineáris összefüggés áll fenn. A forgácsolásnál elsősorban számításba vehető fa szilárdsági értékek /keménység, nyíró- és nyomószilárdságok/ és a térfogatsúly változás között a 26-28. ábrákban közölt összefüggéseket találjuk.

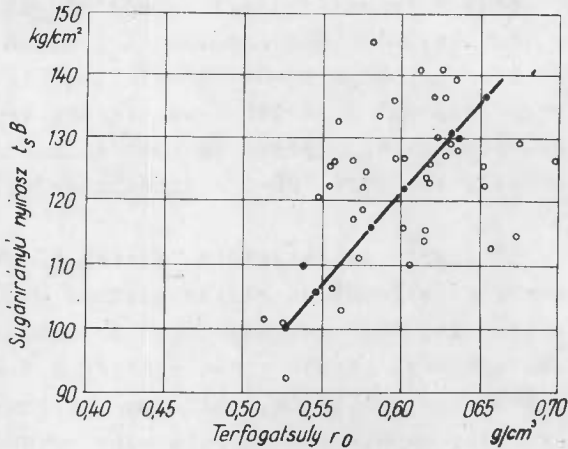
A szovjet gépipari enciklopédia adatai rámutatnak arra, hogy a fajlagos vágási ellenállás széles határok között változik még abban az esetben is, ha meghatározott fafajt azonos viszonyok között munkálunk meg. Ennek okát szintén a fafajon belüli térfogatsúly változásban találjuk, mint ez Kivimaa kísérletei alapján, pl. nyírfára vonatkoztatva világosan kitűnik a 29. ábrából.

Az egyes fafajok megmunkálhatóságának kölcsönös viszonya tehát csak bizonyos határok között érvényes és általában tájékoztató jellegű. A Szovjet gépipari enciklopédia szerint a tülevelű fafajok fajlagos forgácsolási ellenállásának nagyságát



26. ábra

Térfogatsúly és Brinell keménység közötti összefüggés /mértékek amerikai fafajokra E. Mörath 12, illetve 15% nedvességtartalomra vonatkoztatva, R. Tredelenburg és A. Ylinen után/

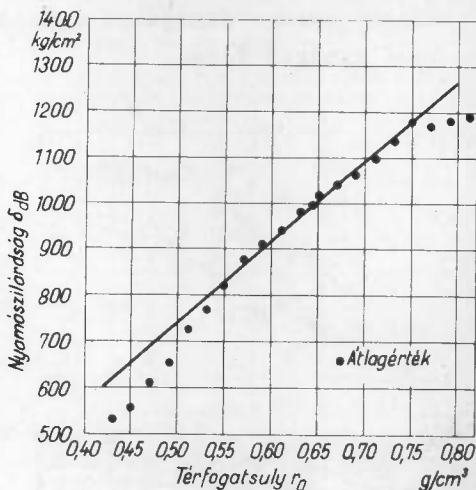


27. ábra

A térfogatsúly és a sugár irányú nyírószilárdság összefüggése. Fafaj: Kőrös /F. Kollmann után/

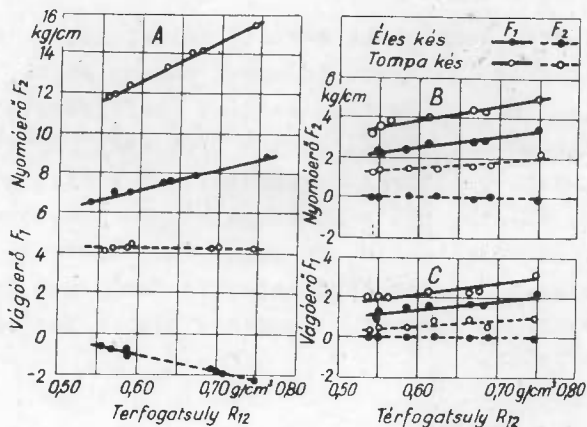
/K-t/ egységnek tekintve, más fafajok K fajlagos forgácsolási ellenállásának értékét a_n arányossági tényező útján lehet kiszámítani, melynek közepes értékei a különböző forgácsolási munkától függően a következők:

Fafaj	a_n
hárs	0,8
nyár	0,85
lucfenyő	0,9-1
erdeifenyő	1
éger	1,05
nyír	1,2-1,3
bükk	1,3-1,5
kőris, tölgy	1,5-2



28. ábra

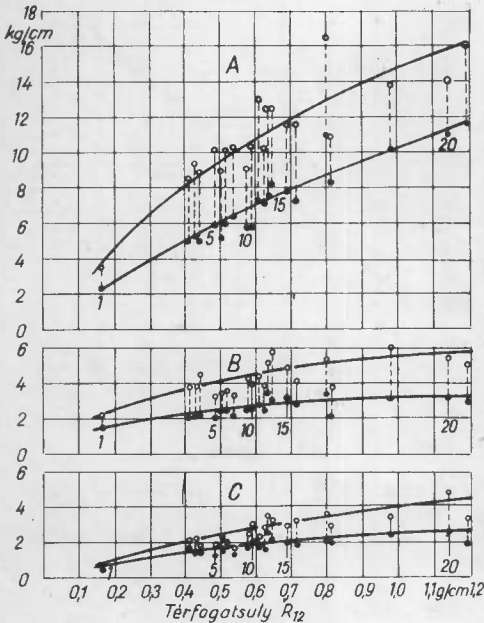
A térfogatsúly és a nyomószilárdság összefüggése. Fafaj: kőris /absz. száraz/; /F. Kollmann után/



29. ábra

A térfogatsúly hatása a fő vágási- és nyomóerőkre A, B és C vágási irányokban. r_{12} ; forgácsvastagság $\delta = 0,1$ mm; fafaj nyír; $u = 11\%$; $\alpha = 10^\circ$; $\beta = 45^\circ$; $\gamma = 35^\circ$; munkaéles és tompa kés /E. Kivimaa után/

Részletesen vizsgálta e kérdést E. Kivimaa. Eredményeit a 30. ábra tünteti fel.



30. ábra

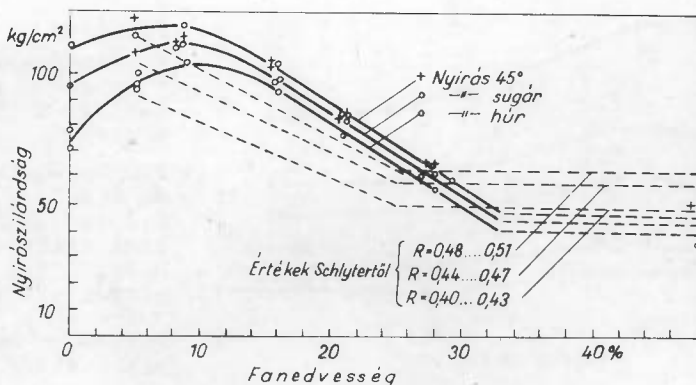
A térfogatsúly hatása a fő vágási erőre. Térfogatsúlyt R_{12} -nél mérve, különböző fafajokra A, B és C vágási irányban. Az alacsonyabb értékek munkaéles, a magasabbanak tompa vágóélre vonatkoznak. Forgács vastagság = 0,1 mm; fanedvesség 10,5-12 %, $\alpha = 10^\circ$; $\beta = 45^\circ$; $\gamma = 35^\circ$. Faajok a következők: 1. balsafa, 2. lucfenyő, 3. rezgőnyár, 4. kanadai nyár, 5. erdei fenyő, 6. szil, 7. éger, 8. pitchfenyő, 9. tölgy, 10. mahagoni, 11. nyár, 12. teakfa, 13. hegyi juhar, 14. gyertyán, 15. bükk, 16. kőrös, 17. hickory, 18. eragonfenyő, 19. azóbe, 20. pockfa, 21. ébenfa /E. Kivimaa után/

A vágási erők legnagyobb mértékű változását a térfogatsúlyra vonatkoztatva az A vágási irányban tapasztaljuk, mert a rostokra merőleges irányban a forgácsolást befolyásoló szilárdsági értékek lényegesen nagyobbak, mint a rostokkal párhuzamos irányban. A görbék megközelítőleg a koordináta O pontja körül metszik az abszcissza, illetve ordináta tengelyt. Ez lehetővé teszi, hogy meghatározott térfogatsúlyu faanyag forgácsolóerő értékeiből megfelelő biztonsággal más térfogatsúlyu faanyagok forgácsolóerő értékeire következtethessünk, természetesen a térfogatsúly szórási határain belül.

b/ A fa nedvességtartalma

A fa nedvességtartalma azért sorolható a forgácsolást befolyásoló tényezők közé, mert a fa, különleges felépítése következtében, meghatározott nedvességtartalmu határok között szilárdsági értékeit jelentős mértékben változtatja. Ebből következik viszont, hogy a nedvességtartalom változásával a forgácsoláskor

fellépő vágási erők is változnak. A nyíró- és nyomószilárdsági értékek változását a nedvességtartalom függvényében a 31. és 32. ábra tünteti fel.

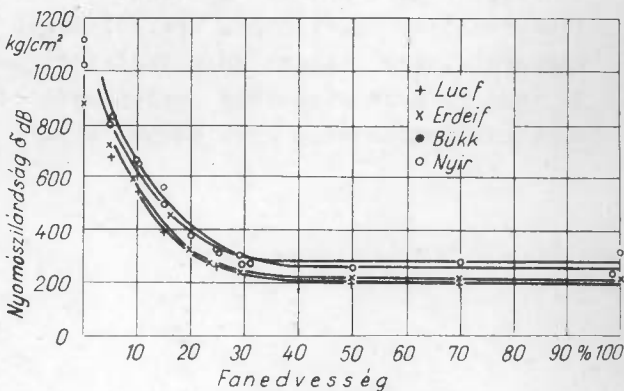


31. ábra

A nyírószilárdság és fanedvesség összefüggése erdei fe-nyőre /W. Ehrmann, R. Schlyter és G. Winberg után/

Kivimaa, a nedvességtartalom befolyását vizsgálva a forgácsolóerők változására a 33. ábra szerinti összefüggést találta /132.old./

A vizsgálatokat nyírfára, 0-50% között változó fanedvességtartalmak mellett végezte. Látható, hogy a fő vágási erő 0-11% nedvességi faanyag forgácsolásakor emelkedik, innen a rost-telítettségi határig csökken, mely-

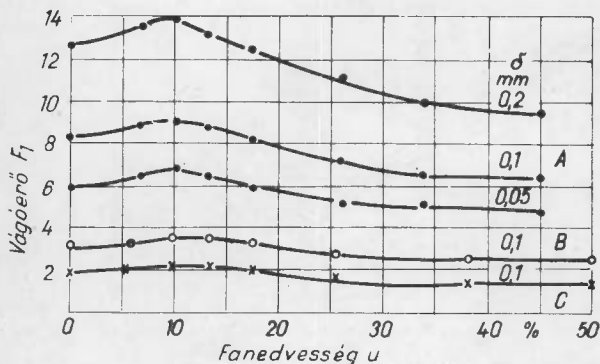


32. ábra

A nyomószilárdság és a fanedvesség összefüggése /F.Kollmann után/

től kezdve a forgácsolási erők közel konstans értéket mutatnak. Az összefüggések hasonlóak a nyírófeszültségű értékek és a fanedvesség-változás összefüggéséhez. Érthető ez, mivel a rost te-

litettségi határon túl a további nedvességfelvétel a sejtüregekben történik és általában már nem befolyásolja lényegesen a fa szilárdságát.

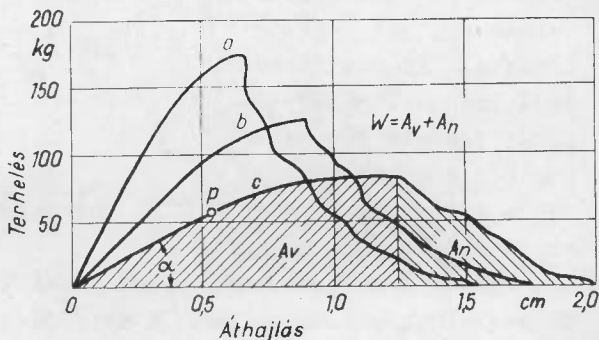


33. ábra

A fanedvesség és a forgács vastagság hatása a fő vágási erőre.

Forgácsvastagság; 0,1 mm a B és C és 0,05; 0,1 és 0,2 mm A vágási irányban; fafaj nyír; $r_{12} = 0,70$ g/cm³; $\beta = 45^\circ$; $\alpha = 10^\circ$; $\gamma = 35^\circ$; munkaéles kés /E.Kivimaa után/

A nedvességtartalom emelkedése a fentiek mellett még a legtöbb fafaj esetén hátrányosan befolyásolja a vágásfelület jóságát. Sima vágásfelület eléréséhez legalább légszáraz faanyagra van szükség. Ez a tény ellentétesnek látszik azzal a megállapítással, hogy a nedvességtartalom emelkedésével a fa szilárdsági tulajdonságai csökkennek, melyből éppen a könnyebb vágásra, szebb vágásfelületre lehet következtetni. Magyarázatot kapunk erre a jelenségre a fa dinamikus szilárdsági és rugalmassági tulajdonságainak ismeretében /34. és 35. ábra/.



34. ábra

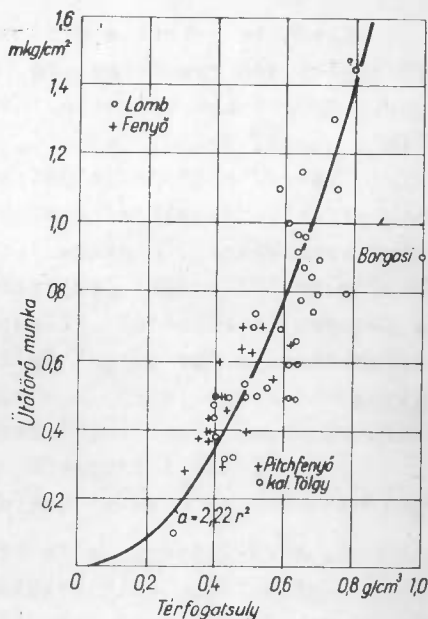
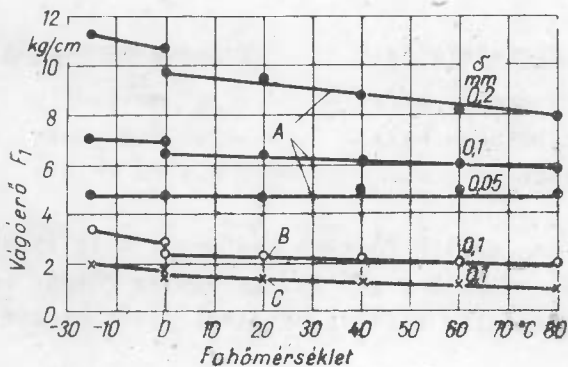
Terhelési áthajlás statikus hajlító-vizsgálatnál, különböző fanedvességek mellett.

a: abszolút száraz; b: légszáraz; c: nedves. /M. Monnin után/

Mint a 34. és 35. ábrákból is kitűnik, bár a fa statikus szilárdsági értéke a nedvességtartalom növekedésével csökken, ugyanakkor nő a fa rugalmassága. Az ütő-törő munka, valamint a rugalmasság értékének megnövekedése miatt az egyes rostok, illetve rostkötegek könnyebben szakadnak ki a fatestből, mint nyíródnak el, mert a lecsökkent szakító- és nyírószilárdsági értékekből adódó forgácsolási ellenállást ellensúlyozza a fa megnövekedett rugalmassága. Ennek következtében az egyes rostok a vágóél nyomására kitérnek, rugalmasan elhajlanak, illetve kiszakadnak.

c/ A hőmérséklet.

B. Thunell megállapítása szerint -10° - $+20^{\circ}$ C határok között a hőmérséklet nem gyakorol lényeges befolyást a vágási erők alakulására. E. Kivimaa vizsgálataiból viszont. kitűnik az is, hogy légszáraz fánál jelentős hőmérséklet változások sem gyakorolnak lényeges befolyást a fő vágási erő alakulására, míg igen nedves fánál közel lineáris összefüggés tapasztalható /36. ábra/.



35. ábra

Az ütő-törő munka és a térfogatsúly összefüggése /F. Kollmann után/

36. ábra

A fa hőmérsékletének hatása a fő vágási erőre. Forgácsvastagság $d = 0,1$ mm B és C vágásirányokban; 0,05, 0,1 és 0,2 mm A vágási irányban; fafaj nyír; $r_{12} = 0,68$ g/cm³; $u = 80\%$; $\alpha = -10^{\circ}$; $\beta = 45^{\circ}$; $\gamma = -35^{\circ}$; munkaéles kés /E. Kivimaa után/.

Kivételt jelent a 0,05 mm-es forgács vastagság, melynél a fő vágási erő gyakorlatilag észrevehető mértékben a hőmérséklet emelkedéssel nem változik. Konkrét magyarázata e jelenségnek ezideig nincs. Feltételezhető, hogy ilyen vékony forgácsnál a környező levegő hűtőhatása játszik szerepet. 0°C-nál az ábrán törés észlelhető, ugyanis az alacsonyabb értékek /-10 - 30°C/ fagyott fára vonatkoznak. A gyakorlatban keret- illetve körfűrészben történő megmunkálásnál lényeges hőmérséklet ingadozások nincsenek. A faanyag természetes állapotában, hőkezelés nélkül kerül feldolgozásra, s így joggal feltételezhetjük, B. Thunell és E. Kivimaa kísérletei alapján, hogy a vágási erők változása oly kismértékű, hogy gyakorlati szempontból elhanyagolható.

A befolyásoló tényezők hatását a forgácsolási erőkre röviden az alábbiak szerint foglalhatjuk össze:

1. A vágásirány, a fa rost irányához viszonyított helyzetének megfelelően változtatja a forgácsoló erők nagyságrendjét. Legnagyobb forgácsoló erők lépnek fel a bütőirányban történő forgácsoláskor. A fa inhomogenitásából származó befolyásoló tényező nem küszöbölhető ki.

2. A forgács vastagság kb. 0,2 mm-ig jelentős. 0,2 mm forgács vastagságon felül igen kismértékű a forgácsoló erő és ezzel az energia felhasználás változása. Ez az egyik legfontosabb befolyásoló tényező annál is inkább jelentős, mivel mértékét irányítani lehet. A forgács vastagság kihat a vágásfelület jóságára is. A német AWF /Asschusses Für Wirtschaftliche Fertigungen/ megállapított bizonyos felületi jósági fokokat, melyek a következő forgácsvastagságokkal érhetők el.

<u>Jósági fok</u>	<u>Meghatározás</u>	<u>Forgács vastagság</u>
I.	Enyvezésre kész	0,2 mm-ig
II.	Gyalulásra kész	0,2-0,4 mm-ig
III.	Építőáru	0,4 mm felett

Körfűrészeknél 0,1 mm alatti forgács vastagság beállítása semmiképpen nem ajánlatos, mert a körfűrész többnyire "őröl" és éget, 0,5 mm-es forgácsvastagságon felül a felületi jóság viszont igen durva lesz.

3. Mell-, hát-, ékszög. Növekvő mellszög értékkel a forgácsoló erők értéke általában csökken. 10° -nál kisebb mellszögek a forgácsoló erők gyors növekedése miatt nem ajánlatosak.

Növekvő hátszög értékkel a forgácsoló erők szintén csökkennek. Kb. 15° körül van az a határ, mely alatt a forgácsoló erők gyors növekedése következik be.

E két szögérték növelésének határt szab az ékszög kisebbitésével járó vágóél kigyengítés, melynek következménye a nagy mell- és hátszögek ellenére a rövid idő alatt bekövetkező forgácsoló erő növekedés, a vágóél kitöredezés miatt. A jelenleg használatos fűrészpenge anyagoknál az ékszög értékét - Franz Kollmann szerint - 36° alá csökkenteni nem szabad, mert a vágóél deformálódik.

A hátszög és mellszög kialakításában a forgácsoló erők változásán kívül jelentős szerepet játszik a mell- és hátszög, valamint a fogosztás és fogmagasság által meghatározott fogüreg, melyben elméletileg a kiforgácsolt faanyagoknak, fűrészpornak el kellene férnie. A hátszög alsó értékének a megnövekedett forgácsolási erőkön kívül határt szab az a szögérték, mely mellett figyelembe véve az előtolás nagyságát, a hátoldal érintkezik a fával. Gyakorlatilag a szögértéknél mindenképpen nagyobbat kell választani, mert amint azt Meyer megállapította, a forgács lehasításánál a vágóél alatt levő rostok összenyomódnak addig a határig, míg a forgácsleválasztás be nem következik. A hasítás után az összenyomott rostok a fa rugalmas alakváltozásánál fogva eredeti alakjukat ismét felveszik és a fog hátoldalához surlódnak.

Számos vizsgálat alapján az osztrák és német szabványok a tárgyalt szögértékeket keretfűrészeknél a 6. táblázatban közltek szerint határozták meg.

6. táblázat

Fog-alak	Felhasználás	Mellszög	Ékszög
NV 12°	kemény és vegyes fa	12°	44°
NV 18°	lágysfa	18°	40°

Körfűrészekre, a fog-alaktól függően, a különböző kutatással foglalkosó intézmények a 7. táblázatban közölt szögértékeket ajánlják.

7. táblázat

	Hossz vágás		Kereszt vágás	
Szög	Lágyfa Hegyesszögű fogazat Sp Parkasfoga- zatW	Keményfa Parkas- fogazat	Keresztoszögű fogazat	Farkas- fogazat
Hátszög	Sp 33 AWF Sp 35 Br W 20 FPRL W 16 INB Sp 29 AWF Sp 37 Br W 40-45 FPRL W 34-39	20-24 AWF 24-28 Br 15 FPRL 38-42 AWF 40 Br Száras fára 55-65 FPRL Nedves fára	37-38 Br 45-111. 60 FPRL 45-49 Br 50-60 FPRL	20-24 AWF 30 Br 25 FPRL 55-60 AWF 44 Br 70 FPRL
Mellszög	Sp 18 AWF Br W-szárasfa 25 FPRL W Nedvesfa 25-30 FPRL W 35-40 INB	28 AWF 20-26 Br Száras fa 10-20 FPRL Nedves fa 10-25 FPRL	5-15 AWF 2-8 Br -10-30 FPRL	5-15 AWF 16 Br -5- - 10 FPRL
Vágás- szög	Sp 72 AWD, Sp 80-85 H W 60-65 FPRL W 50-55 INB	Br 58-66 AWF 64-68 Br 60 H Száras fa 70-80 FPRL Nedves fa 65-80 FPRL	75-85 AWF 80-85 H 95-120 FPRL	75-85 AWF 96 FPRL

A táblázatban használt rövidítések a következők: AWF = Ausschuss Für Wirtschaftliche Fertigung; Br = Braunschirn; FPRL = Forest Products Research Laboratory, Princes Risborough; H = Hütte, Des Ingenieurs Taschenbuch, Bd. II., 27 Aufl.; INB = Institut National du Bois, Paris.

4. A terpesztés gyakorlati értékel

fenyőfák vágásánál 0,5 - 0,7
keményfák vágásánál 0,4 - 0,6

Ha a fa nedves, a nagyobbik, ha száraz vagy fagyos, a kisebbik értéket kell használni.

5. Általában az egyenes élezési mód használatos. Újabb vizsgálatok szerint a kb. 25°-os ferde élezés előnyös.

6. A fa tulajdonságaiból származó befolyásoló tényezők közül legfontosabb a térfogatsúly. Mivel azonban a megmunkálendő anyag tulajdonsága nem változtatható, ezt a szerszám megválasztásánál kell figyelembe venni. A nedvességtartalom gyakorlatilag szintén nem befolyásolható; nedves faanyag megmunkálása könnyebb, ugyanakkor vágásfelülete rosszabb, mint a száraz fáé. A hőmérsékletnek, a mi viszonyaink között a forgácsolási erőre gyakorlatilag nincs befolyása.

A forgácsolási erők alakulásának rövid áttekintése után vizsgáljuk meg, milyen módon számítható keret- és körfűrészeknél az energiaszükséglet és a teljesítmény számításoknál hogyan érvényesíthetők a korábban elmondottak. E kérdéseket azonban már külön-külön kell tárgyalnunk keretfűrészre és körfűrészre.

Keretfűrészek energiaszükségletei és teljesítmény számítása

Kollmann, a keretfűrészek vágási ellenállás és energia szükséglet számításával kapcsolatban a következőket mondja:

Keretfűrészeknél és szalagfűrészeknél a fő vágási erő P_g , mely a vágási ellenállásnak az energia szükségletre mértékadó összetevője, egy fogra vonatkoztatva a következő egyenlőséggel számítható:

$$P_g = k_s \cdot q = K_s \cdot \frac{b \cdot v' \cdot h'}{60 \cdot v}, \quad \text{ahol}$$

k_s = a fajlagos vágási ellenállás /kg/mm²/; q = forgácskeresztmetszet /mm²/; b = résbőség /mm/; v' = előtolás sebessége /m/p/; h' = rönk vastagság, illetve vágás magasság /mm/; v = átlagos szerszám sebesség /m/mp/. A k_s értéke a különböző forgácsképzés és surlódási erők következtében erősen változik, éppen ezért

esetről-esetre kell megállapítani. A rendelkezésre álló vizsgálati adatok eredményei eléggé eltérők. Bues munkája alapján a k_g átlagértéke 4 kg/mm^2 . A szovjet gépipari enciklopédia által megadott értékek, mint később látni fogjuk, ennél lényegesen magasabbak, feltételezhetően nemcsak a fő vágási erőre, hanem a P vágási erőre, illetve vágási ellenállásra is vonatkoznak.

Voigt után a keretfűrész egy fogára eső fő vágási erő P_g megközelítően számítható, mint a fog melloldalán keletkező nyomó- és vágás irányban keletkező nyiróerők összege. A fa inhomogenitása, nedvességtartalma, csomóssága miatt azonban igen sok bizonytalansági tényező van.

Voigt szerint a P_g vágási erő a következő egyenlőségekkel számítható:

a/ terpesztett fogazatu lapoknál

$$P_g = \psi \frac{h'}{t} \left[\frac{1+0,55 \cdot \sin \delta - \cos \delta}{e'} \cdot \frac{b}{2} \cdot \sigma \alpha \# + \right. \\ \left. + \frac{3}{2} \cdot e' \cdot T_g \# + a \cdot T_{g \perp} \right] \sqrt{e'}$$

b/ duzzasztott lapoknál

$$P_g = \psi \frac{h'}{t} \left[\frac{1+0,55 \sin \delta - \cos \delta}{e'} \cdot b \cdot \sigma \alpha \# + \right. \\ \left. + 2 \cdot e' \cdot T_g \# + b \cdot T_{g \perp} \right] \sqrt{e'}$$

Az egyenletekbe a következő értékek helyettesítendők be:

ψ értékei a fa nedvesség tartalma és a fa minősége szerint a következőképpen választható:

$\psi = 0,48 - 0,60$	élő nedves fának	$/u = 100\%$
$\psi = 0,60 - 0,75$	nedves fának	$/u = 45-100\%$
$\psi = 0,72 - 0,95$	félszáraz fának	$/u = 20-45\%$
$\psi = 0,85 - 1,05$	légszáraz fának	$/u = 10-20\%$
$\psi = 0,95 - 1,15$	száraz fának	$/u = 10\%$

h' vágás magasság elméletileg azonos a rönk vastagsággal. Ha azonban egyidejűleg sok /1/ fűrészlap vág, akkor h' értékeként

az összes fűrészlap vágás magasságát kell behelyettesíteni. Ennek megfelelően éles vágásra, D középtátmérő mellett érvényes

$$h' = 0,75 \cdot i \cdot D$$

Prizma-vágásnál, mivel a prizma magasság egyenlő a vágás magassággal, az össz vágás magasság megállapítása érdekében h' értékét szorozni kell a dolgozó pengék számával, i -vel.

Az egyidejűleg dolgozó, illetve működő fogak számát a $\frac{h'}{t}$ viszony adja meg.

$$\delta = \text{vágási szög,} = \alpha + \beta$$

Az egy fogra eső forgács vastagságot, illetve az előtolás nagyságát terpesztett fogazatnál, ahol két fog dolgozik együtt, a következő egyenlőséggel számíthatjuk:

$$e^1 = 2 t \cdot \sin \varphi, \quad \text{ahol tangens } \varphi = \frac{e}{H}$$

Duzzasztott fűrészlapoknál az egy fogra eső előtolás nagysága

$$e' = t \cdot \sin \varphi$$

Schmidt szerint ha t a fogcsucstávolság /mm/, v' az előtolás mértéke /m/p/, és v az átlagos szerszám-sebesség /m/mp/, az egy fogra eső forgács vastagság mértékét a következő egyenlőségből számíthatjuk:

$$e' = \frac{t \cdot v'}{15 \cdot v}$$

a = lapvastagság és b = résbőség. A résbőség értékét a gyakorlatban $1,8 \cdot a$ -nak lehet venni.

Az egyenletekbe behelyettesítendő szilárdsági értékeket /kg/mm²/ a fontosabb fafajokra nézve a 8. táblázat tartalmazza.

8. táblázat

Fafaj	Nyomószilárdság		Nyirószilárdság	
	a rostra merőleges irányban, a rönk tengelyén átmenő sikkal párhuzamosan		a rostra merőleges irányban, a rönk tengelyén átmenő sikkal párhuzamosan	
	kg/mm ²		kg/mm ²	
Lucfenyő	0,58	0,67	2,19	
Erdeifenyő	0,77	1,00	2,10	
Vörösfenyő	0,75	0,90	2,47	
Jegenyefenyő	0,37	0,50	2,73	
Tölgy	1,10	1,10	2,70	
Kóris	1,10	1,25	3,45	
Hicory	1,50	1,23	5,46	
Akác	1,90	1,60	3,00	
Bükk	0,95	0,80	2,90	

A forgács energia szükséglete a következő egyenlőséggel számítható:

$$N_s = \frac{P_s \cdot \frac{v}{2}}{75} = \frac{P_s \cdot v}{150} \quad P_s = \frac{P_s \cdot v}{102} \quad \text{kw}$$

A képletben szereplő P_s értéke mérésekből, vagy a korábban közölt, megközelítő értéket adó számításból helyettesíthető be. Az eredményeket a vágóélek tompulása következtében bizonyos mértékben helyesbiteni kell. E korrekciós értékeket a teljesített üzemidő függvényében - Voigt szerint - a 9. táblázat tartalmazza.

9. táblázat

Üzemidő élesítés után órában	1	2	3
Puhafa	1,18	1,33	1,42
Keményfa	1,25	1,52	-

Voigt megállapítása szerint, tartós üzemeltetés esetén a keretfűrész lapokat 2-3 üzemóra után ki kell cserélni.

Az előtolás energia szükséglete N_v , a keret nagysága, a fa térfogatsúlya és az előtolás sebességétől függően 0,4 - 1 LE közötti.

Az üresjáratú energiaszükséglet becslésére Voigt a következő gyakorlati képletet alkalmazta:

$$N_1 = 1,06 \cdot n^2 \cdot r \cdot G \cdot 10^{-6} \quad \text{/LE/ Meghajtó tengely és csap csuszós csapágyban.}$$

$$N_1 = 0,73 \cdot n^2 \cdot r \cdot G \cdot 10^{-6} \quad \text{/LE/ Meghajtó tengely, gyűrűs kenésű, meghajtó csap, görgős csapágy.}$$

$$N_1 = 0,45 \cdot n^2 \cdot r \cdot G \cdot 10^{-6} \quad \text{/LE/ Meghajtó tengely és csap, görgős csapágy.}$$

Az egyenlőségben n = fordulatszám, $r = \frac{H}{2} / H$ = járáthossz/
 G = a keret súlya a beakasztott pengékkel, kenyelekkel és meghajtó ruddal kg-ban.

Hozzávetőleges számításokhoz az üresjáratú energia szükséglet - H. Grüner után - a 10. táblázat szerint vehető.

10. táblázat

	Jaráthossz mm	Fordulat- szám/perc	Keretfűrész súlya kg	Lóerő szük- séglet
Normál keret	400	300	6300	4
	450	250	7200	5
	500	240	9800	6
Nagy teljesít- ményű keret	500	300	12000	7
	550	285	14000	8
	600	285	15000	9-10

A forgácsolási, valamint az előtolási energia szükségletre az Esterer gyár is számos kísérletet végzett. E kísérletek eredményei szerint az energia szükséglet megközelítőleg a következő egyenlőségekkel számítható:

lucra $N_s + N_v = 0,1 \cdot F_s / LE/$
 tölgyre $N_s + N_v = 0,3 \cdot F_s / LE/$
 $F_s =$ az óránkénti vágásfelület egyoldalón mér-
 ve m^2/h .

Példák:

20 cm vastag prizmát 1,5 m/p előtolási sebesség mellett 10 fűrészpengével vágunk. Ez esetben az óránkénti vágásfelület $10 \cdot 0,2 \cdot 1,5 \cdot 60 = 180 m^2/h$. A szél-anyag kis vágásfelülete elhanyagolható.

Luc-, jegenye- és erdeifenyő termelésénél a számított fa felületet a közölt egyenlet szerint nagy teljesítményű keretnél 0,1-el, normálkeretnél 0,09-el kell szorozni. Ha az üresjáratú lóerőszükségletet a 10. táblázatból vesszük, úgy az össz lóerő - illetve kilowatt szükségletre - különböző pengeszámoknál és előtolások mellett - a 11. táblázatban közölt értékeket kapjuk.

11. táblázat

Előtolás m/p	Vágásfelület $m^2/óra$	Normál keret		Nagy teljesítményű keret	
		Összes energia szükséglet			
		LE	kW	LE	kW
A. 10 penge	20 cm vágás magasság				
1	120	16	11,7	20	14,7
1,5	180	22	16,2	27	19,0
2	240	27	19,8	32	23,5
2,5	300	32	23,5	38	28,0
3	360	37	27,1	44	32,3
B. 15 penge	25 cm vágás magasság				
1	225	25	18,4	30	22,0
1,5	340	36	26,5	42	30,8
2	450	45	33,0	53	39,0
2,5	560	55	40,4	68	47,0
3	675	60	48,5	76	55,8

K.Buestól származnak az alábbi mért adatok, melyeket Voigt, és az Esterer-féle számítási móddal ellenőriztünk.

KerETFűrész: Esterer nagy teljesítményű keret

Járat $H = 550$ mm

Keret szélesség = 750 mm

Fordulatszám $n = 292$

Szerszám-sebesség $v = 5,35$ m/mp

Fűrészpenge: Lapvastagság $a = 1,8$ mm

Fogosztás $t = 22$ mm

Vágásszög = 82

Termelt anyag: Luc félszáraz $/u = 0,25 - 0,36\%$

Vágásmagasság $h' = 48,8$ cm 7 fűrészpengére
341,6 cm

Energiaszükséglet $N_g = 21,25$ kW 28,9 LE

Az összehasonlítás érdekében számítsuk ki először az energia szükségletet Voigt után. A fenti adatokhoz a képletbe való behelyettesítés érdekében még ismernünk kell a résbőséget és az egy fogra eső forgács vastagságot. A résbőséget, a gyakorlat szerint 1,8 . a képletből számítva, 3,2 mm-nek vesszük, a forgácsvastagságot Schmidt képletéből számítjuk.

$$e' = \frac{t \cdot v'}{15 \cdot v} = \frac{0,022 \cdot 1,478}{15 \cdot 5,35} = 0,000405 \text{ m} = 0,41 \text{ mm.}$$

$$N_g = \psi \frac{v \cdot h'}{150 \cdot t} \left[1,406 \cdot e' \cdot \frac{b}{2} G_a + \left(\frac{3}{2} T_g + a \cdot T_g \right) \sqrt{e'} \right]$$

$$\frac{5,35 \cdot 3,416}{150 \cdot 22} \left[1,406 \cdot 0,41 \cdot \frac{3,2}{2} \cdot 0,95 \cdot 0,58 + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{3}{2} \cdot 0,41 \cdot 0,95 \cdot 0,67 + 1,8 \cdot 0,95 \cdot 2,19 \right) \sqrt{0,41} \right] =$$

$$= 18,45 \text{ LE.}$$

Az üresjáratú energiaszükséglet, ha a forgatómű csapágyazata görgős, a meghajtócsapé csuszógyűrűs, a G súly becsült értéke 650 kg $r = \frac{H}{2} = 0,275$ m.

$$N_1 = 0,73 \text{ n}^2 \cdot \text{r.g.} \cdot 10^{-6} = 0,73 \cdot 292^2 = 0,275 \cdot 650 \cdot 10^{-6} = 11,1 \text{ LE}$$

K. Bues szerint az üresjáratú energiaszükséglet 5,4-9,0 l W között változik /7,3 - 12,2 LE/.

Az előtolás energia szükséglete ujonnan élesített és terpesztett pengékkel - átlagosan - 0,7 lóerőre becsülhető. Az összes energia szükséglet:

$$N_g = N_1 + N_s + N_v = 11,1 + 18,45 + 0,7 = 29,85 \text{ LE.}$$

Két órás üzemeltetés után a forgácsolási energia szükséglet helyesbítve:

$$N_g = 11,1 + 18,45 \cdot 1,35 + 0,7 = 36,3 \text{ LE.}$$

Ha ugyanezen termelési adatot az Esterer által megállapított empirikus képlettel számítva hasonlítjuk össze, az energiaszükségletre 41 lóerőt kapunk.

A számított értékek - bizonyos határok között - megfelelnek a ténylegesen felvett és észlelt energia szükségleti értékeknek.

A szovjet gépipari enciklopédiában a keretfűrészekkel kapcsolatos energia számításokra a következő egyenlőségeket találjuk:

Átlagos szerszámsebesség

$$v = \frac{2 \cdot H \cdot n}{60 \cdot 1000} \text{ m/mp, ahol } H \text{ a járathossz mm-ben, } n \text{ a fordulatszám percenként.}$$

Az egy járatra eső előtolás

$$e = \Delta = \frac{u_k \cdot 1000}{n} \text{ mm, ahol } u_k \text{ az előtolás percenkénti}$$

átlagértéke méterben /v'/.

Az egy járatra eső előtolás

$$e' = u_z = \Delta \cdot \frac{t}{H}$$

Egyidejűleg vágó fogak száma

$$z_1 = \frac{h'}{t}, \text{ ahol } h' \text{ a fűrészelés magassága mm-ben.}$$

A forgácsoláskor fellépő erők a következő képletekkel számíthatók:

Egy munkajáratra eső átlagos forgácsolási erő

$$P = K \cdot \frac{b \cdot \sum h' \cdot \Delta}{H}, \text{ ahol a } h' \text{ a keretben levő valamennyi fűrészlap vágás magasságának összege.}$$

A fűrész egy járatára eső átlagos vágási erő

$$P_k = \frac{P}{2}$$

Előtolási erő munkalöket alatt

$$P_u = P \cdot c, \quad \text{ahol } c = 0,6 - 1,0$$

A fűrész egy járatára eső átlagos előtolási erő

$$P_{uk} = \frac{P_u}{2}$$

A fűrész energia szükséglete

$$N = K \cdot \frac{b \cdot \sum h' u_k}{60 \cdot 75} /LE/$$

Keretfűrészeken, - közepes munkaviszonyok mellett - fenyőfára vonatkozó fajlagos forgácsolási ellenállások értékeit, az 1 fogra eső előtolás és a közepes vágás magasság értékeit a 12. táblázat tartalmazza.

12. táblázat

Előtolás egy fogra mm-ben	Közepes vágás magasság cm-ben				
	12-16	18-22	24-28	30-34	36-40
0,2	6,3	8,7	9,1	9,5	9,9
0,4	7,2	7,6	8,0	8,4	8,8
0,6	6,5	6,9	7,3	7,7	8,1
0,8	6,1	6,5	6,9	7,3	7,7
1,0	5,8	6,2	6,6	7,0	7,4
1,2	5,6	6,0	6,4	6,8	7,2
1,4	5,4	5,8	6,2	6,6	7,0
1,6	5,3	5,7	6,1	6,5	6,9

Más fafajok fűrészelésekor a K értéke a következő korrekciós tényezőkkel vehető figyelembe:

Lucfenyő	0,90
Vörösfenyő	1,07
Nyírfa	1,30
Tölgyfa	1,55

A K értéket, az üzemidőtől függően az alábbi korrekciós tényezőkkel kell figyelembe venni:

Üzemórák száma	1	2	3	4
Korrekciós tényezők	1,14	1,27	1,4	1,5

A különböző vágás magasságok mellett termelt választékok esetén, az egy járatra eső előtolási értéket, 6,5 - 7 m hosszú fenyőrönkök termelésénél 500 mm-es járatmagasságú kereten a 13. táblázat tartalmazza. 6,5 méternél rövidebb rönköknél a legközelebbi kisebb, 7 mm-nél hosszabb rönköknél a legközelebb álló nagyobb átmérőre vonatkozó adatokat kell figyelembe venni. Ha H = 500 mm, az előtolás a járat hossz változással lineárisan változik.

13. táblázat

Fűrészelés módja	Egy járatra eső előtolás mm-ben, ha a rönk vagy gerenda vastagsága cm										
	10-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24	25-26	27-28	29-30	31-32
Éles vágás deszkára	35	33	31	38	26	24	22	20	19	17	16
Gerenda termelés vastags.											
10 cm			32	29	26	25	23	20	19	17	16
12 cm				30	27	26	24	21	19	17	16
14 cm					28	26	24	22	20	17	16
16 cm						27	24	23	21	18	17
18 cm							25	24	22	19	17
20 cm								24	23	20	18
22 cm									24	21	19
24 cm										22	20
26 cm											21

Ha a fenyőre vonatkozó előtolási értéket egynek vesszük, úgy az egyes fafajoknál az előtolási értékeket az alábbi korrekciós tényezőkkel szükséges számolni:

Nyír	0,9
Vörösfenyő	0,85
Tölgy, bükk	0,6-0,7
Gyertyán	0,5

A fentiekben számított példát a szovjet gépipari enciklopédia képleteivel kiszámítva, a következő eredményeket kapjuk:

Egy járatra eső előtolás értéke

$$e = \Delta = \frac{u_k \cdot 1000}{n} = \frac{1.478 \cdot 1000}{292} = 5 \text{ mm}$$

Egy fogra eső előtolás

$$e' = u_z = \Delta \frac{t}{H} = \frac{5.22}{550} = 0,2 \text{ mm}$$

Mivel terpesztett fogazatról van szó, melynél 2 fog dolgozik együtt, a tényleges előtolás értéke $0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ mm}$.

Egy munkajáratra eső vágási erő

$$P = K \frac{b \sum h' \cdot \Delta}{H} = 8,8 \frac{3 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 416 \cdot 5}{550} = 854 \text{ kg.}$$

Egy járatra eső átlag vágási erő

$$P_k = \frac{P}{2} = 427 \text{ kg.}$$

Az előtolási erő

$$P_u = P \cdot 0 = 854 \cdot 0,7 = 597 \text{ kg.}$$

Az átlagos előtolási erő egy járatra

$$P_{uk} = \frac{P_u}{2} = 299 \text{ kg.}$$

A fűrész energia szükséglete

$$N = K \frac{b \sum h' \cdot u_k}{60 \cdot 75} = 8,8 \frac{3 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 416 \cdot 1478}{60 \cdot 75} = 31,6 \text{ LE.}$$

Ha figyelembe vesszük, hogy a 12. táblázatban a K tényezők csak 40 cm átmérőjű rönkig vannak megadva, figyelembe véve a K tényezők vastagsági csoportonkénti növekedését, helyesen 8,8 kg/mm² helyett 9,6 kg/mm²-el számolunk, az energiaszükséglet 34,4 LE, megközelítően azonos a Voigt-képlettel számítottal.

A fent közölt valamennyi számításból elfogadható értékeket csak bizonyos határok között kaptunk. Nem is lehet mást várni, mivel mindegyikben szerepel olyan tényező, mely empirikus uton, mint átlagérték nyert megállapítást, tehát megfelelő pontossággal csak meghatározott esetekre vonatkozhat. A forgácsolási erőket befolyásoló számos változó tényező miatt a számítási eredmények nem lehetnek ugyan egészen pontosak, de mindenesetre az üzemvezetésben megfelelő és kielégítő pontosságú eredményeket szolgáltatnak az energiaszükséglet alakulására vonatkozóan.

A közölt számítási eljárások arra is rámutatnak, hogy az empirikus képletek az összevont szorzótényezők miatt egyszerűbben használhatók, mint pl. a Voigt-képlet, melyben számos részleteiben felsorolt tényezőt kell figyelembe venni és emiatt a hibalehetőség nagyobb. A gyakorlat szempontjából egyébként mindhárom közölt számítási eljárás felhasználható.

Keretfűrészek teljesítményszámítása

A keretfűrészek teljesítményszámításánál abból az elgondolásból indultak ki, hogy a kiforgácsolt faanyagok, fellazult állapotban a fogüregben el kell férnie. Ez az elgondolás nem bizonyult helyesnek. A gyakorlatban ugyanis a számított értékeknél lényegesen magasabb teljesítményeket értek el, aminek egyik alapvető oka, hogy a fűrészpor csak részben helyezkedik el a fogüregben.

Barlai Ervin, a következő számítással igazolta, hogy a rendelkezésre álló fogüregben már átlagos teljesítményű keretekenél nem férhet el a fűrészpor. A számításoknál abból a feltételezésből indult ki, hogy a kiforgácsolt fűrészpornak a fogüregben el kell férnie és ebben az esetben alábbi egyenlőség áll fenn:

$$V = V'$$

ahol $V' = e' h' b$ = elforgácsolt fűrészpor térfogata tömör állapotban.

$$v = \frac{t \cdot h \cdot b}{2} \quad \text{/derékszögű fogazat esetén/} = \text{a rendelkezésre álló fogüreg térfogatával.}$$

Ennek megfelelően $e' \cdot h' \cdot b = \frac{t \cdot h \cdot b}{2}$ egyszerűsítve

$$e' \cdot h' = \frac{t \cdot h}{2}$$

A számítások számszerű behelyettesítésénél induljunk ki a következő adatokból:

H	=	500 mm
n	=	250
h	=	17 mm
h'	=	400 mm
b	=	4 mm
t	=	26 mm
a	=	2,6 mm
k	=	26 mm
e'	=	1 mm

Behelyettesítve $1 \cdot 400 = \frac{26 \cdot 17}{2} = 221$ tehát

$$v < v'$$

A fenti példákban nem számoltunk a fűrészpor lazulási tényezőjével, mely az összehasonlítást 2-5-szörös mértékben még rontja. Az eredmény azt igazolja, hogy a fűrészpor nemcsak a fogüregben helyezkedik el. Ha ez így volna, a fenti, kb. 4,2 szeres szám sebességű keretfűrészsel csak 0,89 m/perc előtolási értéket lehetne elérnie, ennél pedig a gyakorlatban nagyobb érhető el. Ismeretes, hogy amíg a fűrészpor a vágás résből a munkajarat folyamán részben kiszóródik, kénytelen a vágás rés és a penge oldalai között elhelyezkedni, ahol e célra /b-a/ nagyságú rés áll szabadon. Ez az a fűrészpor, amely a fűrészelt felületekre szorítva minden fűrészből kikerülő fűrészárún észrevehető, amelyet az anyag megóvása céljából onnan el kell távolítani. A fűrészpor behatolási mélysége igen jelentős nagyságrendet érhet el. Ha a járatonkénti fűrészpor térfogat

$$v'_1 = \varphi \left(h' \frac{1000 \cdot v'}{n} \cdot b \right)$$

a fogüreg térfogat

$$V_1 = \frac{h'}{t} \cdot \frac{t \cdot h \cdot b}{2} = \frac{h' \cdot b \cdot h}{2}$$

A fűrészporral kitöltött hézag /H/ mértéke

$$R = 2 \cdot \left(\frac{b-a}{2}\right) \cdot h' \cdot X = X \cdot h' (b-a)$$

ahol X a fűrészpor által elfoglalt sáv szélességi mérete. A fűrészpor részben a fogüregben, részben a fűrészelt felületek és a penge között helyezkedik el, a fűrészpor behatolási mértékét az X értéke adja meg.

$$V_1' = V_1 + R \quad \text{és} \quad R = V_1' - V_1$$

$$\varphi \left(h' \cdot \frac{1000 \cdot v'}{n} \cdot b \right) - \frac{h' \cdot h \cdot b}{2} = X \cdot h' \cdot (b-a)$$

$$X = \frac{\varphi \left(h' \cdot \frac{1000 \cdot v'}{n} \cdot b - \frac{h' \cdot h \cdot b}{2} \right)}{h' (b-a)} =$$

$$= \frac{\frac{\varphi \cdot 1000 \cdot v'}{n} \cdot b - \frac{h \cdot b}{2}}{b - a}$$

1,5 m perces előtolási értéket feltételezve és behelyettesítve a példában felvett keretfűrész adatokat

$$X = \frac{\frac{4 \cdot 14000 \cdot 4}{250} - \frac{17 \cdot 4}{2}}{4 - 2.6} = 44,3 \text{ mm}$$

Világos tehát, hogy bizonyos előtolási értéken felül a fogüreg a kiforgácsolt fűrészport nem tudja befogadni. Ez az érték a mi példánkban, ha a lazulási tényezőt is figyelembe vesszük, 0,89 m/perc. Ezzel magyarázható, hogy azok a teljesítmény számítási képletek, melyek a fenti megfontolásokból indultak ki, csak bizonyos előtolási értékek mellett használhatók és egészen bizonytalan eredményeket nyújtanak a mai nagy teljesítményű keretfűrészekre.

Másik bizonytalansági tényezője a teljesítmény meghatározásnak a lazulási tényező, melyet általában 2 - 5,5 nagyságrendben szoktak számításba venni. Már a szorzótényezőnek ilyen nagy

határértékek közötti megválasztása is jelentős bizonytalanságot okoz, de ha figyelembe vesszük, hogy a fogüregben elhelyezkedő fűrészpor bizonyos nyomás alatt áll és ez hátrányosan befolyásolja a teljesítményt, a bizonytalanság mértéke nő. A lazulási tényezőket általában teljesen laza állapotról határozták, illetve állapították meg, ezért alkalmazhatóságuk a keretfűrészeknél nagymértékben kétséges.

Ezek előrebocsátása után vizsgáljuk meg három, a gyakorlatban leginkább használt teljesítmény számítási eljárás eredményét, számszerű példák levezetésével.

Voigt, a teljesítményszámításnál nemcsak a fogüreget veszi számításba, hanem a fogmagasság mértékéig a penge és a vágásfelület közötti részt is. Az általa megállapított képlet a következő:

$$\text{ha } H \geq h' \quad e_{\max} = 10^{-3} \left(\frac{H \cdot n \cdot h}{\varphi \cdot h' \cdot b \cdot t} \right) \cdot (b \cdot t - \frac{a \cdot h}{2}) \text{ m/perc}$$

$$\text{ha } H < h' \quad e_{\max} = 10^{-3} \left(\frac{n \cdot h}{\varphi \cdot b} \right) \cdot (b - a).$$

A számszerű adatokat behelyettesítve

$$e_{\max} = 10^{-3} \left(\frac{500 \cdot 250 \cdot 17}{4 \cdot 400 \cdot 4 \cdot 26} \right) \cdot \left(4 \cdot 26 - \frac{2 \cdot 6 \cdot 26}{2} \right) = 0,89 \text{ m/perc}$$

$$\text{A járatonkénti előtolás mértéke} = \frac{0,89}{250} = 3,56 \text{ mm}$$

$$\text{A működő fogak száma} = \frac{H}{2t} = 19 \text{ s így}$$

az egy fogra eső előtolás, illetve forgács vastagság 0,18 mm. Ez a gyakorlatban elérhető előtolási értékektől messze elmarad, főleg, ha figyelembe vesszük, hogy nagy teljesítményű kereteknél a szovjet szabványok 1 mm-es egy fogra eső előtolást írnak elő. A fafajok hatását a teljesítményre a lazulási tényező határozza meg, melyet fafajonként és nedvességi fokokonként lehet megválasztani. A Gépészeti Zsebkönyv /Dr. Pattantyus/ adatai szerint a lazulási tényezők a következők:

Nedves lombfára	5,5
Nedves fenyőfára	3,6
Száraz lombfára	3,5
Száraz fenyőfára	5,0

Megjegyzem, hogy Blankenstein szerint a lazulási tényezők első értéke 2, tehát lényegesen alacsonyabb a fentieknél.

Voigt számítási eljárása kisebb teljesítményű keretek teljesítmény számításaihoz megfelel annak ellenére, hogy a fűrészpor nemcsak a fogüregben helyezkedik el. A mai gyorsjáratu keretek teljesítmény számításához azonban ebben a formájában nem megfelelő, ami részben arra is visszavezethető, hogy a képlet a szerszám sebesség változására nincs eléggé tekintettel. A számított eredmény a példákban szereplő szerszám sebesség mellett nem mondható túl alacsonynak, hiszen $6,7 \text{ m}^3/\text{óra}$ teljesítménynek felel meg. De nem változik lényegesen az eredmény akkor sem, ha pl. 5 m/mp szerszám sebességű keretre végezzük el a számítást, melynek 300 -as fordulatszám felel meg. Elvégezve a számítást 1 m/perc előtolást kapunk, mely $8,3 \text{ m}^3/\text{óra}$ teljesítménynek felel meg, 100% -os üzemidő kihasználás mellett. A gyakorlatban - fenyőről lévén szó - lényegesen magasabb eredmények is elérhetők.

Richard Kaiser ugyanezen képlet alkalmazásával viszonylag megbízható eredményeket kapott úgy, hogy a lazulási tényezőt kettőnek vette fel. Ez esetben a mi példánkra vonatkoztatva $1,79 \text{ m/perc}$ előtolási érték volna elérhető, mely járatonként kereken 7 mm -es, egy működő fogra kereken $0,4 \text{ mm}$ -es előtolási értéket jelent. A m^3 teljesítmény ez esetben $13,4 \text{ m}^3$, már megfelel egy 5 m szerszámsebességű kerettől vágható teljesítménynek fenyőrök feldolgozás esetén.

Összefoglalva megállapítható tehát, hogy a Voigt által felállított teljesítmény számítási képlet 4 m/mp szerszám sebességnél nagyobb szerszám sebességű kereteknél alacsonyabb eredményeket ad.

Pause, e teljesítmény számításokhoz a következő empirikus képletet állította fel:

$$e_{\max} = \frac{v}{10 d} \quad /v = \text{szerszám sebesség/}$$

Jándy György erdőmérnök, a teljesítmény számításokkal foglalkozva azt bizonyítja, hogy a fenti képlet tulajdonképpen Voigt képletéből származik és a két számítási eljárás között az eredmény szempontjából lényeges különbség nincs. Ezt az alábbiak szerint bizonyítja:

Terpesztett fogazat esetén egy fogra eső előtolás E_t -vel jelölve a járatonként kihatott forgács hasáb helyszükséglete

$$e' \cdot h' \cdot b \cdot \varphi$$

egy fogpárra eső forgács tér.

$$2 \cdot (b \cdot t \cdot h \frac{k \cdot h}{2} \cdot a) = 2 \cdot h \cdot (b \cdot t \frac{k \cdot a}{2})$$

$$e' \cdot \varphi \cdot h' \cdot b \cdot a = 2 \cdot h \cdot (b \cdot t - \frac{k \cdot a}{2})$$

$$e' = \frac{2 \cdot h \cdot (b \cdot t - \frac{k \cdot a}{2})}{h' \cdot b \cdot \varphi}$$

A percenkénti előtolás $v' = \frac{H}{2t} \cdot e' \cdot n$ vagyis a működő fogak száma szorozva az egy fogra eső előtolás értékével és a keret fordulatszámával e' értékét behelyettesítve:

$$E_{\max} = \frac{H \cdot n \cdot h}{\varphi \cdot h' \cdot b \cdot t} \cdot (b \cdot t - \frac{a \cdot k}{2}) = \frac{H \cdot n \cdot h}{\varphi \cdot h'} \cdot (1 - \frac{k \cdot a}{2 \cdot b \cdot t})$$

A fogtő hossza /gyakorlati adat/ $k = t - 1.4r$, ahol r a fogtő gömbölyítési sugara = 0,1 t, s így $k = 0,86 t$

$$E_{\max} = \frac{H \cdot n \cdot h}{\varphi \cdot h'} \cdot (1 - \frac{0,86 t \cdot a}{2 b \cdot t}) = \frac{H \cdot n \cdot h}{\varphi \cdot h'} \cdot (1 - \frac{0,86 \cdot a}{2 b})$$

$b = a + 2s$, ahol s az egyoldali terpesztés mértéke, s így

$$E_{\max} = \frac{H \cdot n \cdot h}{\varphi \cdot h'} \cdot (1 - \frac{0,86 \cdot a}{2(a+2s)})$$

Mind a , mind s értékei a gyakorlatban kis határok közt változnak.

$$a = 2 - 2,5 \text{ mm}$$

$$s = 0,5 - 0,8 \text{ mm}$$

Behelyettesítve a zárójelben levő kifejezésre 0,692 - 0,761 között változó értéket kapunk, melynek középértékét 0,73 - az állandó szorzótényezőnek vehetjük.

$$E_{\max} = \frac{H \cdot n \cdot h}{\varphi \cdot h'} \cdot 0,73$$

H-t, a $v = \frac{H \cdot n}{30}$ egyenlőségből kifejezve és behelyettesítve

$$E_{\max} = \frac{v \cdot h}{\varphi \cdot h'} \cdot 21,9$$

A fogmagasság $h = t \cdot \operatorname{tg} \alpha$

A hátszög értéke a gyakorlatban általában $35 - 35^\circ$ között változik, tehát

$$h = t \cdot \operatorname{tg} (33^\circ - 36^\circ) = t \cdot \operatorname{tg} (0,6 - 0,7)$$

Ha a fogtávolságot 25 mm-re vesszük, úgy $h = 16 - 17 \text{ mm} = 16,5 \text{ mm}$ -el behelyettesítve

$$E_{\max} = \frac{v}{h'} \cdot \frac{0,0165 - 21,9}{3,6} = \frac{v}{h'} \cdot 0,1 = \frac{10 v}{10 h'} = \frac{v}{10 d}$$

Jándy megállapítása feltétlenül figyelemre méltó és nem vitatható, hogy bizonyos határértékek között a két teljesítményszámítás közel azonos értéket ad. Mégsem célszerű azonosítani Pause képletét Voigt képleteivel, mert utóbbiban a lazulási tényezők 2 - 5,5 között változnak, melynek következtében a számítási eredmények már lényeges eltérésre vezetnek. Jelen formájában és átlagos értékekkel számolva Pause képlete mintegy 10-15%-kal ad magasabb előtolási értéket, mint Voigt számítási módszere. A számított eredmény a következő:

$$e_{\max} \frac{v}{10 d} = \frac{4,12}{4,0} = 1,04 \text{ m/perc.}$$

Azonos adatokkal számolva, mint az előző példában az egy járatra eső előtolás értéke 4,16 mm, egy fogra eső előtolás értéke kereken 0,22 mm. 100%-os üzemi idő kihasználást feltételezve a m^3 teljesítmény 7,8 m^3 /óra. A képlettel nyert számítási értékek fenyőre vonatkoznak, más fafaj feldolgozásánál az alábbi korrekciós tényezőket kell alkalmazni.

Blankenstein szerint

Szovjet gépipari enciklopédia szerint

Fenyő	1	Erdei fenyő	1
Bükk	0,85	Bükk	0,67-0,77
Tölgy	0,75	Tölgy	0,5 -0,67
Száraz lomb	0,70	Nyír	0,77-0,83
		Lucfenyő	1 -1
		Nyár	1,2
		Hárs	1,2
		Éger	1,0

A korrekciós tényezők lényegesen eltérnek egymástól.

Friss tölgy esetén pl. Blankenstein szerint $7,8 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 5,3 \text{ m}^3/\text{óra}$, a gépipari enciklopédia szerint $7,8 - 0,9 \cdot 0,59 = 4,1 \text{ m}^3/\text{óra}$ teljesítményt kapunk. 4 m/mp szerszám sebességű keretknél az $5,3 \text{ m}^3/\text{óra}$ teljesítmény 40 cm átmérőjű tölgyrönk feldolgozása esetén elérhető. Magasnak tűnik azonban a szárazlomb 0,7-es korrekciós tényezője, s ilyen esetekben helyesebb értéket kapunk a szovjet gépipari enciklopédia korrekciós tényezőinek alsó értékeivel. Száraz tölgy feldolgozása esetén pl. $3,5 \text{ m}^3/\text{óra}$ lenne a teljesítmény. Ez gyakorlatilag elérhető, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a fent számított értékek az üzemi 100 %-os kihasználására vonatkoznak.

Pause képletével 5 m/mp-es szerszám sebességű keretnél 1,25 m/perc előtolást, $9,5 \text{ m}^3/\text{óra}$ teljesítményt, 6 m-es szerszám sebesség esetén 1,5 m/perc előtolási értéket, $11,3 \text{ m}^3/\text{óra}$ teljesítményt kapunk. A nyert értékek jó átlagértéknek tekinthetők és a gyakorlati tapasztalatok szerint tartós teljesítmény számításához Pause képlete jól felhasználható annak ellenére, hogy 6 m-es szerszám sebességű keret fenyőtermelés esetén $11,3 \text{ m}^3$ -nél többet tud óránként teljesíteni. Ha viszont figyelembe vesszük, hogy a nevezőben az átmérő 10-szerese szerepel, az eredmény elfogadható olyan gyakorlati értéknek, melynél 8-10 pengével történik a termelés. A képlet egyszerűbb, mint Voigt képlete, inkább megközelelti a gyakorlati eredményt, de végeredményben ezt sem lehet maximális előtolás, illetve teljesítmény számításra felhasználni, csak üzemi átlagteljesítmény értékek számításához ajánlható.

A harmadik gyakorlati képlet Orlovtól származik. Szerinte

$$E_{\max} = \frac{0,83 \cdot H \cdot e'}{h'}$$

Orlov, az egy fogra eső forgács vastagságot, illetve előtolás értékét állítja be empirikus képletébe. Az összehasonlíthatóság érdekében az előbbi példákban eredményként kapott 0,22 mm-es forgács vastagságot helyettesítettük be, ekkor

$$E_{\max} = \frac{0,83 \cdot 500 \cdot 0,22}{400} = 4,56 \text{ mm/járat.}$$

Ez megfelel 14 m/perces előtolásnak és 8,59 m³/óra teljesítménynek. Az eredmény változása jelentős mértékben az egy fogra eső forgács vastagságtól függ, vagyis tulajdonképpen egy előre megválasztott előtolási értéktől, holott a számítás célja éppen ennek az értéknek a meghatározása lenne. Ennek ellenére elsősorban ellenőrzési szempontból hasznosnak mondható, mert a tényleg elért átlagos járatonkénti előtolási értékből, az egy fogra eső forgács vastagság számítható, továbbá ellenőrizhető, hogy emellett a keretfűrésznek milyen teljesítményt kellett volna elérnie. Orlov képletével számított eredmények is fenyőtermelésre vonatkoznak. Magasabb eredményt kapnak ki, mint Pause képlete, s így a gyakorlati eredményekhez közelebb állnak. Más faj termelése esetén az előzőekben már közölt korrekciós tényezőkkel szükséges az eredményeket helyesbiteni.

Összefoglalva megállapítható, hogy várható üzemi átlagteljesítmény számításokhoz Pause számítási eljárása, míg üzemi belső ellenőrzéshez Orlov számítási eljárása ajánlható.

Fenti számításokkal kapcsolatban igen érdekes Richard Kaiser javaslata, aki abból a megfontolásból indult ki, hogy gyors járatu keretknél is eredményesen lehet Voigt képletét használni, mivel annak alapelgondolása helyesnek mondható. Szerinte célszerű az előtolás nagyságát úgy megválasztani, hogy elméletileg a kiforgácsolt fűrészpor mennyisége a fogüregbe beleférjen. Annak ellenére, hogy a fűrészpor egy része így is a penge és a vágásfelület közé kerül, nagy teljesítményű keretknél mégis kedvezőbb a helyzet, mert ha a fűrészpor a számítások szerint sem fér el a fogüregben, gyors járatu keretfűrészknél igen kellemetlen pengemelegedés következik be, a nagymértékben megnövekedett surlódó erők következtében.

Voigt, képletében a forgácsolási tényezőt kettőnek veszi, a közlése szerint - többszáz empirikus felvétel alapján - az eredmények fenyőre kielégítőek voltak. Számításainál szem előtt tartja, hogy a forgácsoló erők megnövekedése miatt az egy fogra eső forgács vastagság ne csökkenjen 0,2 mm alá. Mivel ez az általa számított nagy teljesítményű keretfűrészeknél nem fordul elő, viszont annál inkább a körfűrészeknél, ezért a kérdésre ott térek ki részletesebben.

Körfűrészek energiaszükségleti és teljesítmény- számítása

Körfűrészek energiaszükséglet és teljesítményszámításával kapcsolatban Kollmann a következőket állapítja meg:

A körfűrészek szerszám sebessége kereszt- és hosszvágásnál előtoló berendezés nélkül 60 m/mp körüli legyen. Francia kutatók szerint viszont automatikus előtoló berendezés alkalmazásakor az energiaszükséglet gazdaságosságát tekintve 42 m/mp szerszám sebesség ajánlatos. A 14. táblázat a körfűrész lap átmérőjének függvényében néhány tájékoztató jellegű adatot tartalmaz.

14. táblázat

Lap átmérő D mm	Szükséges fordulatszám ha a szerszám-sebesség			F. Voigt után			
	40	50	60	Lapvastagság a	Fogosztás t	Energiaszükséglet egyedi meghajtás esetén	
						LE	kW
	m/mp			mm			
100	7,640	9,560	11,460	0,75	6	1	0,74
150	5,100	6,370	7,640	0,9	9	1,5	1,1
200	3,820	4,780	5,740	1,05	11	2,5	1,47
250	3,060	3,820	4,590	1,25-1,4	17	2,5	1,84
300	2,550	3,180	3,820	1,45-1,6	22	3	2,21
400	1,910	2,390	2,860	1,85	25-30	5	3,68
500	1,530	1,910	2,290	2,25	30-36	7	5,15
600	1,270	1,590	1,910	2,6	35-41	9	6,62
700	1,090	1,360	1,640	2,9	39-46	11	8,1
800	960	1,190	1,430	3,25	42-50	13	9,56
900	850	1,060	1,270	3,5	46-54	15	11,0
1000	760	960	1,150	3,8	50-58	17	12,5
1100	690	870	1,040	4,2	52-60	20	14,7
1200	640	800	960	4,6	55-65	23	16,9
1300	590	740	880	4,8	58-68	26	19,1
1400	550	680	820	5	60-71	30	22,1

Az energiaszükségletet a keretfűrészeknél alkalmazott képlet szerint lehet számítani. A képletbe helyettesítendő vágás magasságot az előtolási irányra merőlegesen kell mérni. Ennek megfelelően

$$N_s = \frac{P_s \cdot V}{75} \quad \text{LE}$$

P_s értéke - Voigt szerint - a már korábban közölt egyenlőségekkel számítható.

A forgácsoló erővel kapcsolatban az elmondottakból érthető, hogy a körfűrészeknél az energiaszükséglet alakulása főleg

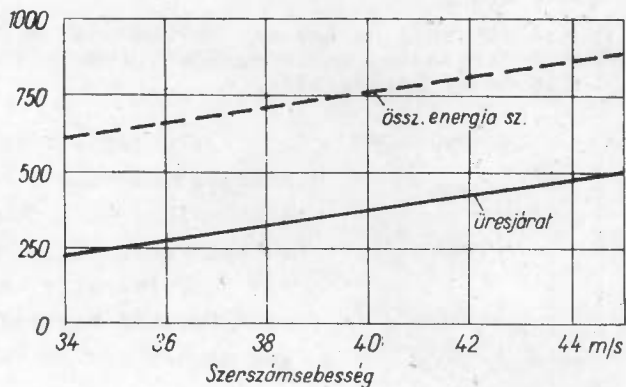
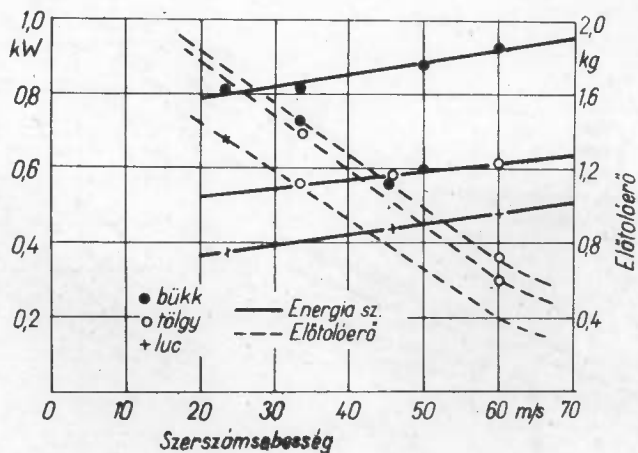
- a szerszám sebességtől,
- az előtolás sebességétől,
- a vágás mélységétől, illetve magasságától
- és a faanyag tulajdonságaitól /pl. térfogatsúlytól/ függ.

Az első két tényező szoros kölcsönhatásban van, mivel bármelyik változása jelentős mértékben kihat - többek között - a forgács vastagságra, mely a fajlagos vágási ellenállást is nagymértékben befolyásolja. Fentiekkel kapcsolatban a következők állapíthatók meg:

1. Azonos előtolási sebesség és vágás magasság mellett az energiaszükséglet arányos a szerszám sebességgel /37. ábra/.

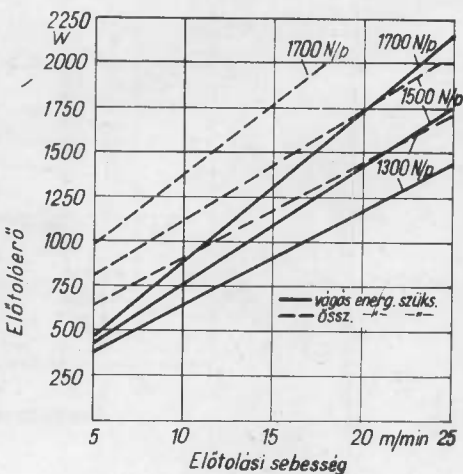
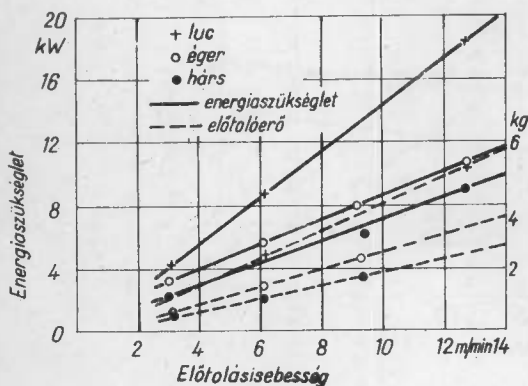
Azonos előtolási sebesség mellett, a szerszám sebesség növekedésével az előtolóerő erősen csökken. Ez arra vezethető vissza, hogy azonos előtolási érték mellett, növekvő szerszám sebességgel a leválasztott forgács vastagság is csökken, s annak ellenére, hogy a fajlagos forgácsolási erő esetleg nő, a vágási erők abszolút értékben bizonyos határig csökkennek. Ezért kézi előtolásnál a nagy szerszám sebesség nagymértékben csökkenti a dolgozó kifáradását. Ezzel magyarázható, hogy kézi előtoláshoz nagyobb szerszám sebesség szükséges, mint mechanikus előtoló berendezés alkalmazása esetén.

2. Meghatározott előtoló sebességen felül az energiaszükséglet és az előtoló erő az előtolási sebességgel lineárisan nő /38. ábra/.



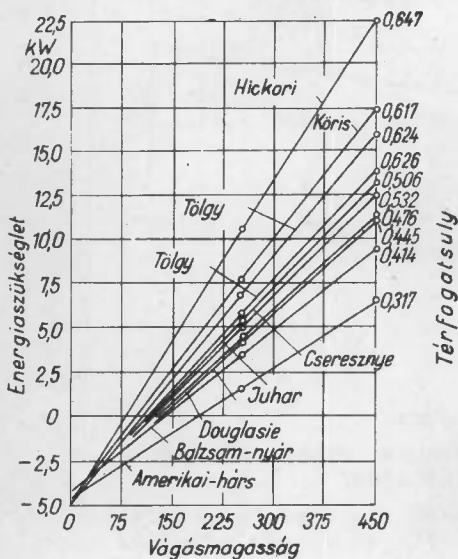
37. ábra

- a/ A szerszám-sebesség hatása az energiaszükségletre és az előtolásra /M. Meyer után/
 b/ A szerszám-sebesség hatása az energiaszükségletre, feketefenyőnél /M. Lotte és M. Keller után/



38. ábra

- a/ Előtölási sebesség hatása az energiaszükségletre /M. Meyer után/
 b/ Előtölási sebesség hatása az energiaszükségletre, különböző szerszám-sebességeknél, feketefenyőre, /M. Lotte és M. Keller után/

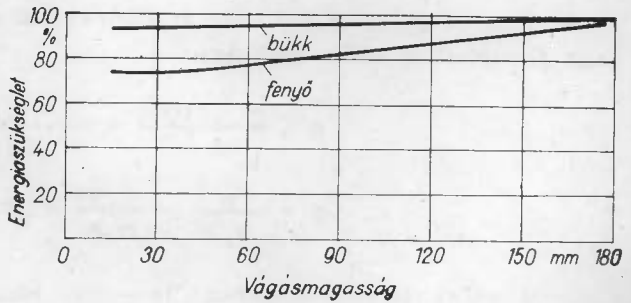


3. a vágás magasságával az energiaszükséglet lineárisan emelkedik. A vágásmagasság mellett az energia felhasználását befolyásolja még a körfűrész "szabad magassága", a vágás magasságon felül /39. ábra/.

39. ábra

A vágásmagasság hatása az energiaszükségletre, különböző vastagságú faanyagoknál. Lap átmérő 1220 mm, $n = 300/p.$, $v = 19,1 \text{ m/p}$ /C.J. Telford után/

Fenti megállapítások azonban feltételezik, hogy a körfűrészeknél az egy fogra eső forgács vastagság nem csökken 0,2 mm alá, és a körfűrész nem dolgozik az un. csiszolási zónában /0,1 mm forgácsvastagság alatt/, ahol az energiaszükséglet jelentősen



40. ábra

A szabad fűrész magasság hatása az energiaszükségletre /M. Lotte és M. Keller után/

megnő, a teljesítmény visszaesik, a forgácsolási erőkkel kapcsolatban elmondott okok miatt.

Igen jelentős tehát körfűrészeknél a fordulatszám helyes megválasztása, mely adott szerszám-sebesség és előtolási sebesség mellett elsősorban befolyásolja az egy fogra eső forgács vastagság mértékét. Erre a gyakorlatban általában kevés gondot fordítanak. Richard Kaiser foglalkozott gyakorlati szempontból a kérdéssel és a következő megállapításokra jutott.

A gazdaságos munka, a jó vágásfelület függ:

1. Az egy fogra eső forgácsvastagságtól;
2. a terpesztés vagy duzzasztás pontosságától;
3. a körfűrész feszültségi állapotától;
4. a körfűrész tengely csapágyazásától és a beállítás pontosságától.

Feltételezve, hogy a körfűrész műszakilag helyesen állítottuk be, az energiaszükséglet és a vágásfelület jósága elsősorban a forgácsvastagságtól függ. A AWF a 0,2 mm-es forgácsvastagságot, mint olyan alsó határt javasolja, mely mindkét igényt kielégíti. Induljunk ki tehát ebből.

A fogosztás függ:

- a/ Az egy fogra eső forgácsvastagságtól;
- b/ a szerszám sebességtől és
- c/ az elérendő előtolás mértékétől.

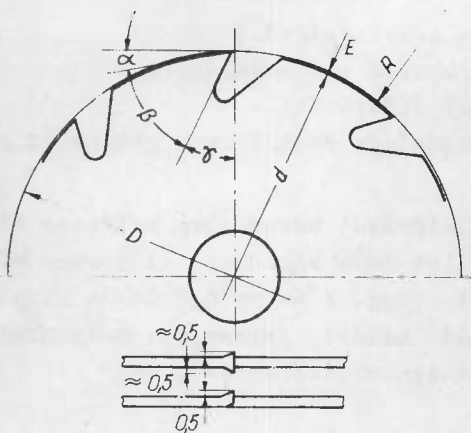
Legyen pl. $D = 400 \text{ mm}$; $v = 60/\text{mp}$; $n = 2860$; $v' = 20 \text{ m/perc}$;
egy fordulatra eső előtolás:

$$e = \frac{v' \cdot 1000}{n} = \frac{20 \cdot 1000}{2860} = 6,9 \text{ mm}$$

$$z = \frac{e}{0,2} = \frac{6,9}{0,2} = 34,5$$

A választandó fogszám 34 - 35 lenne. A német szabványok 400 mm-es lap átmérő mellett 36 fogszámot irnak elő. Ez még lehetővé teszi a gazdaságos munkát, különösen akkor, ha kézi előtolással dolgozunk, mely 20 - 28 m/perc között változik. Ennél nagyobb fogosztást nem lehet javasolni. Részben ezek az okok vezettek az újabban igen nagy tért hódított Wigo körfűrész lapokhoz, melyeknél a fentiekén kívül a balesetbiztonság játszik nagy szerepet. Előnyei - Kollmann szerint - a következők:

1. Baleset-biztosak. Ennek oka, hogy a foghegy felfelé menet csak bizonyos E mélységben tud a fába hatolni, mely viszonylag oly csekély, hogy a fűrész nem tudja a fát magával ragadni. Sok fogu fűrészlapnál, különösen egyes köríven tulnyuló fogcsucskok esetén, ez a veszély igen nagymértékben fennáll /41. ábra/.



41. ábra

Wigo körfűrész fog kiképzése
/F.Kollmann után/

zött változik. A viszonylag nagyobb forgácsvastagság által bekövetkező rosszabb vágásfelületet a szerszám-sebesség növelésével lehet ellensúlyozni.

2. A sok fogu körfűrészekkel szemben az energiaszükséglet 30-35%-kal kevesebb. Oka, hogy Wigo körfűrész lapok esetén az egy fogaon keletkező vágási nyomás kisebb, mint a normál körfűrész lapok fával érintkező fogain. Utóbbiaknál a forgácsvastagság is igen egyenlőtlen, 0,05 - 8 mm között is változhat, a helytelenül megválasztott fogszám és a rossz karbantartás miatt. A Wigo lapnál a forgácsvastagság 0,8 - 1,4 mm kö-

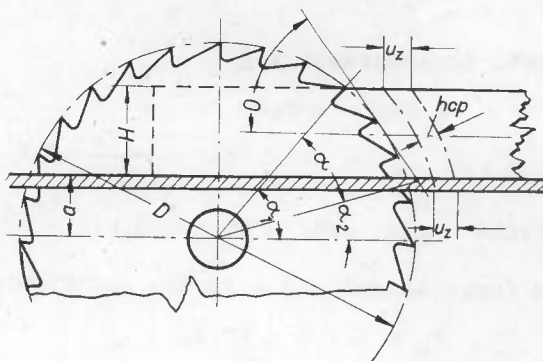
3. Az előtolási erő kisebb. A 7. táblázatból látható, hogy a hegyesszögű fogazat esetén - bizonyos esetekben - a mellszög igen kicsi, sőt negatív értéket is felvehet. Nagyobb vágásmélységeknél és teljesítményeknél farkasfogazat alkalmazása szükséges, melynél a mellszög kb. 28 fok is lehet. Jélinder szerint, nagyobb mellszöggel erősen csökken az előtoló erő. Összehasonlító vizsgálatai azt bizonyítják, hogy Wigo körfűrész lapoknál 30-40%-kal alacsonyabb volt az energiaszükséglet, mint hegyesszögű fogazattal dolgozó normál körfűrész lapok esetén. Az okot abban látja, hogy a viszonylag nagy mellszög mellett a hasító erők a nyomóerők rovására megnövekedtek.

Az előtolás nagysága legegyszerűbben empirikus képlettel számítható, mely szerint

$$e \text{ max} = C \frac{\sqrt{v}}{f} \text{ m/perc}$$

ahol a C állandó, mely a fogüregtől, a vágás szélességtől, a fogosztástól és a lazulási tényezőtől függ. Átlagos értéke légszáraz és mesterségesen szárított kemény fáknál 10, puha fáknál 12.

A szovjet gépipari enciklopédia a körfűrészekkel kapcsolatos energia számításokra a következőket mondja /42. ábra/.



42. ábra

Egy fordulatra eső előtolás

$$e = \frac{v' \cdot 1000}{n} \text{ mm}$$

Előtolás 1 fogra

$$e' = \frac{v' \cdot 1000}{n \cdot z} \text{ mm}$$

ahol z a fogak száma.

Érintkezési szög

$$\alpha = \text{arc. sin } \frac{h' + a}{r} - \text{arc. sin } \frac{a}{r} \text{ fok}$$

Egyidejűleg dolgozó fogak száma

$$z' = \frac{\pi \cdot D \cdot \alpha}{360 \cdot t}$$

A forgács hossza

$$l = \frac{\pi \cdot D \cdot \alpha}{360} \text{ mm}$$

A forgács középvastagsága

$$e'_k = \frac{e' \cdot h'}{l}$$

A legkisebb forgácsvastagság

$$\begin{aligned} e'_{\min} &= e' \cos d \text{ mm} \\ &= \text{arc. sin } \frac{2 \cdot a}{D} \text{ fok.} \end{aligned}$$

A legnagyobb forgácsvastagság

$$\begin{aligned} e'_{\max} &= e \cos \\ &= \text{arc. sin } \frac{2 \cdot a}{D} \text{ fok.} \end{aligned}$$

Közepes szálátvágási szög = $90 - \text{arc. sin } \frac{(2a + h')}{D}$

A közepes forgácsolási erő a fűrész egy fogára

$$P_k = K \cdot b \cdot e' \text{ kg.}$$

Kerületi erő a fűrészben

$$P = P_k \cdot z_1 = K \cdot \frac{b \cdot h' \cdot v'}{60 v}$$

Energiaszükséglet

$$N = \frac{P \cdot v}{75} = K \cdot \frac{b \cdot h' \cdot v'}{60 \cdot 75} \text{ LE}$$

Forgató nyomaték a fűrésztengeleyen

$$M = \frac{D \cdot P}{20} \text{ kg/cm.}$$

A K fajlagos ellenállási értéket a 15. táblázat tartalmazza. Az adatok hosszirányú vágásra és közepes üzemi viszonyokra vonatkoznak /v = 60-70 m/mp; = 60°; = 20 - 25°; D = 400-500 mm; t = 22-30 mm; terpesztett fogazat, melynek egyoldali mértéke 0,5 mm. Fa nedvesség 15%.

Ha 60°, akkor K = K táblázat + 0,02 / - 60/

15. táblázat

Előtolás egy fogra e, mm	K kg/mm ²		Előtolás egy fogra e, mm	K kg/mm ²	
	fenyő	tölgy		fenyő	tölgy
0,05	10,5	16,5	0,44	4,1	7,2
0,1	8,0	13,5	0,5	3,9	6,7
0,15	6,5	11,5	0,6	3,8	6,5
0,20	5,5	8,8	1	3,3	-
0,30	4,5	8,2			

A fa nedvességváltozásának, valamint a kés tompulásának megfelelően a 16-17. táblázatban közölt korrekciós tényezőket kell alkalmazni.

16. táblázat

A fa nedvesség-tartalma	8-15 %	25-30 %	30-35 %	70 %-nál nagyobb
Korrekciós tényező	1	1,1	1,15	1,15

17. táblázat

Elített üzemi- órák	0	1	1,5	2	3	4
Korrekciós tényező	1	1,12	1,23	1,3	1,46	1,5

A keretfűrész energia számításánál követett módszerhez hasonlóan, itt is vizsgáljuk meg, hogy az egyes energia számítá-
sokra vonatkozó eljárások milyen eredményre vezetnek. Vegyük fel
a következő példát

$$\begin{aligned}
 D &= 450 \text{ mm} \\
 v &= 60 \text{ m/mp} \\
 a &= 2,2 \text{ mm} \\
 b &= 4 \text{ mm} \\
 v' &= 25 \text{ m/mp} \\
 z &= 36 \\
 \alpha &= 24 \text{ fok} \\
 \beta &= 38 \text{ fok} \\
 \gamma &= 28 \text{ fok} \\
 \delta &= 64 \text{ fok} \\
 h' &= 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Fa nedvességtartalom 50 %

Szabad fűrész magasság 5 mm

Számítandó fordulatszám, fogosztás, forgácsvastagság, a
működő fogak száma; a forgácsoló erő és az energiaszükséglet.

$$n = \frac{v \cdot 60 \cdot 1000}{2 \cdot r} = \frac{60 \cdot 60 \cdot 1000}{450 - 3,14} = 2546,7$$

$$e = \frac{v' \cdot 1000}{n} = \frac{25 \cdot 1000}{2546,7} = 9,8 \text{ mm}$$

$$e' = \frac{e}{z} = \frac{9,8}{36} = 0,27 \text{ mm}$$

$$t = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{36} = \frac{450 \cdot 3,14}{36} = 39,2 \text{ mm}$$

$$= \arcsin \frac{h' + a}{r} \cdot \arcsin \frac{a}{r} = 28,6 \text{ fok}$$

$$z_1 = \frac{3,14 \cdot 450 - 28,6}{360 \cdot 39,2} = 2,8$$

$$\text{A forgácsolóhossz. } l = \frac{\pi \cdot D \cdot \alpha}{360} = \frac{3,14 \cdot 450 \cdot 28,6}{360} = 101,5 \text{ mm}$$

/ha $h' = 50 \text{ mm/}$.

$$\text{Közepes forgácsvastagság} = \frac{e' \cdot h'}{1} = \frac{0,27 \cdot 50}{101,5} = 0,13 \text{ mm}$$

$$P = K \cdot \frac{d \cdot h' \cdot v'}{60 \cdot v} = 8,8 \cdot \frac{4,50 \cdot 25}{60 \cdot 60} = 12,2 \text{ kg}$$

$$N = \frac{P \cdot v}{75} = \frac{12 \cdot 60}{75} = 9,7 \text{ LE}$$

Ugyanezen számítást Voigt képletével elvégezve, a következő eredményt kapjuk:

$$N_B = \frac{P \cdot v}{75}$$

$$P_B = \gamma \frac{h'}{t} \left[(1 + 0,55 \cdot \sin \delta - \cos \delta) e' \cdot G \cdot \frac{b}{2} + \frac{3}{2} \cdot e' \cdot T_v + a \cdot T_B \perp \right] \sqrt{e'}$$

$$P_B = 0,60 \cdot \frac{101,5}{39,2} (1,025 \cdot 0,27 \cdot 2 \cdot 1,1 + \frac{3}{2} \cdot 0,27 \cdot 1,1 + 2,2 \cdot 2,7)$$

$$0,27 = 5,5 \text{ kg}$$

$$N_B = \frac{5,5 \cdot 60}{75} = 4,4 \text{ LE}$$

N_B csak a forgácsolás energiaszükségletére vonatkozik, mely körfűrészeknél az összes energiaszükségletnek kb. 75 %-a. Az összes energiaszükséglet tehát

$$N = \frac{N_B}{75} \cdot 100 = \frac{4,4}{75} \cdot 100 = 5,8 \text{ LE.}$$

Gyakorlati tapasztalatok azt igazolják, hogy kb. 500 mm-es lapátmérőig az energiaszükséglet, a lapátmérő 100 mm-ére 1 lóerő, mely jelen esetben 4-5 LE energiaszükségletet jelentene.

A Gépipari enciklopédia szerint számított energiaszükséglet magasnak tűnik.

Összefoglalás

Az energiaszükséglet - és teljesítmény számításokkal kapcsolatosan mondottakat röviden az alábbiakban foglalhatjuk össze:

1. Az energiaszükséglet megállapítására közölt számítások csak korlátozott pontosságú eredményt adnak. Voigt számítási módszerének kiindulási elve a fa nyomó- és nyírószilárdsági értékének figyelembevételén alapszik. Az elgondolás alapvetően helyes, s ha nem inhomogén anyaggal állunk szemben, kielégítő pontosságú eredményt kellene kapnunk. A figyelembe veendő szilárdsági értékek azonban szintén nagytömegű vizsgálatok átlagértékei, melyektől a gyakorlati eredmények lényegesen eltérhetnek. Számításánál ezenkívül a forgácsvastagságot, a fogosztást, a vágószöveget és a fa nedvességét veszi figyelembe, melyek elsődlegesen kihatnak az energia felhasználásra. Minden befolyásoló tényező figyelembevétele ez idő szerint nem lehetséges, s így pontos számított eredmény nem várható.

2. Az Esterer-gyár számítási módszere empirikus uton nyert megállapítást, elsődlegesen fenyőre és Esterer-gyártmányu keretre ad kielégítő eredményt.

3. A Gépipari Enciklopédia számítási eljárása a fajlagos vágási erőnek empiria útján történő megállapításán alapszik. A fajlagos vágási erőt kifejtő K tényező pontossága az Enciklopédia közlése szerint $\pm 20\%$ körül van. Az eljárás alkalmazhatóság szempontjából egyszerű, kevés számítással jár, kerettűrészeknél kielégítő, körfűrészeknél túl magas eredményekhez vezet.

4. A teljesítmény számítások lényegesen nagyobb bizonytalansággal használhatók, mint az energia számítások.

5. Voigt számítási eljárása csak úgy alkalmazható eredményesen, ha kerettípusonként empirikus szorzótényezőt állapítunk meg.

6. Egyszerűségénél fogva, üzemi átlagteljesítmény számításokhoz Pause képletét célszerű alkalmazni, de itt is szükséges, empirikus uton, kerettípusonként, megfelelő korrekciós tényezőik kidolgozása.

7. Orlov számítás módszere üzemekben ellenőrző számításokhoz alkalmazható, ha az üzem előre megállapított /egy fokra eső/ forgácsvastagsággal dolgozik.

8. Körfűrészeknél a teljesítmény számításokhoz célszerű alapul venni a 0,2 mm-es egy fogra eső forgácsvastagságot, mint alsó határt, s ennek megfelelően megválasztani a körfűrész fogosztását.

9. Körfűrészeknél célszerű áttérni a ritkított fogazatu Wigo körfűrészlapokra, melyek alkalmazása energia megtakarítással és teljesítmény növekedéssel jár.

10. Körfűrészeknél, kézi előtolás esetén, az előtoló erő csökkentése érdekében előnyös a nagy szerszám-sebesség.

IV.

HAZAI FAFAJOK ÉS FARAGASZTÓK DIELEKTROMOS TULAJDONSÁGAINAK MEGHATÁROZÁSA

KOLOSVÁRY GÁBOR

Bevezetés

A nagyfrekvenciás ragasztásoknál az elektromos energia gazdaságos kihasználása, az elektródák elhelyezésén, méretezésén, a ragasztandó anyag felépítésén és még néhány tényezõn kívül a ragasztandó fa és a ragasztóanyag dielektromos tulajdonságaitól is függ. A hazai, iparilag fontos fafajok dielektromos tulajdonságaira nézve az irodalomban csak szórványos és eltérõ adatokat találtunk. Ezért, hogy a nagyfrekvenciás kísérleteknél szükségessé váló számításokat elvégezhessek, meg kellett határozni a ragasztásnál felhasznált anyagok dielektromos tulajdonságait, nevezetesen: dielektromos állandóikat és veszteségi tényezõiket.

Alapfogalmak

a/ Dielektromos állandó

Mérjük meg a kondenzátor kapacitását, miközben a kondenzátor fegyverzetei között vákuum van. Az így talált kapacitás legyen C_0 . Ismételjük meg a mérést ugyanezzel a kondenzátorral úgy, hogy fegyverzetei közé valamely dielektrikumot helyezünk el. Az így talált kapacitás legyen C_x . Azt tapasztaljuk, hogy dielektrikummal töltött kondenzátor kapacitása nagyobb a vákuumban mért kapacitásnál. A kapacitás növekedés mértékét az illetõ anyag dielektromos állandója fejezi ki, melyet a görög epszilon / ϵ / betûvel jelölnék. A mért kapacitások és a dielektromos állandó / ϵ_x / között a következõ összefüggés áll fenn:

$$\varepsilon = \frac{C_x}{C_0}$$

Valamely ismeretlen anyag dielektromos állandója tehát meghatározható, ha meghatározzuk a vele kitöltött kondenzátor kapacitását, majd ugyanennek a kondenzátornak vákuumban mért kapacitását.

b/ Veszteségi szög

Kapcsoljunk be valamely váltóáramu áramkörbe egy kondenzátort, melynek fegyverzetel között vákuum van. Határozzuk meg a kondenzátor kapcsain a feszültség és áramerősség időbeli változását. Azt tapasztaljuk, hogy a feszültség változását jelző sinus görbe pontosan 90° -kal, azaz $1/4$ hullámhossznak megfelelő idővel el van tolódva az áramerősség változását jelző sinus görbéhez képest, mégpedig olyképpen, hogy a feszültség az áramerősséghez képest késik. Ha a kondenzátor lemezei között valamely dielektrikum van, az eltolódás az áram és a feszültség között már nem 90° , hanem annál kisebb. A szögműkönségeket a vákuumban mért 90° -os eltolódástól δ -val jelölik. A delta szög nagysága jellemző a kondenzátor összes veszteségeire, mely kifelé mint fejlődő hő jelentkezik. A gyakorlatban nem a δ szöget, hanem annak tangensét használják és veszteségi tényezőnek nevezik. A veszteségi tényező reciproka a jósági tényező. Jele Q.

$$Q = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta}$$

A mérésekhez használt berendezés ismertetése

A mérésekhez egy HQM 11-56 típusu Q-mérőt használtunk.

Faanyagok dielektromos tulajdonságainak méréséhez alumíniumlemezről készítettünk mérő kondenzátort. A lemezeket plexiüveglapra csavartuk fel. Távolságukat pontosan a fa próbatestek vastagságának megfelelően állítottuk be.

Fa próbatestek gyanánt egyenletes szöveti szerkezetű, hibamentes anyagokat választottunk ki. Mérés előtt a próbatesteket 1 hónapon keresztül laza máglyába rakva a vegyiosztály mérleg-

szobájában tároltuk, hogy nedvességtartalmuk egyenletesen egyforma mértékre álljon be. Mérés előtt közvetlenül elektromos fanedvesség-mérővel meghatároztuk nedvességtartalmukat, mégpedig minden próbatestnél több helyen. A mérések eredményéből kitűnt, hogy a nedvességtartalom beállítása sikerült és a mért értékek eltérése a számított átlagtól maximálisan + 0,8, illetve - 0,6 % volt. Az átlagos nedvességtartalom 10,4 %.

Mérés alkalmával a kondenzátorlemezek közé helyezett fa tulnyult a két fegyverzet szélén. Ez azért volt szükséges, mivel a már ismerttetett összefüggések csak az esetben érvényesek, ha a kondenzátor lapjainak nagysága a köztük levő távolságnál sokkal nagyobb, illetve ha a dielektrikum a lemezek szélén jóval túlért. Kísérletekkel állapítottuk meg, mekkorának kell lenniük a fa próbatesteknek ahhoz, hogy a számításokhoz szükséges pontosság biztosítható legyen. Mivel egy próbatest kicsinek bizonyult, két élére állított fahasábbal végeztünk kísérleti méréseket.

A mérések menete a következő volt:

A Q-mérő külső kapcsaira egy önindukciós tekercset kapcsolunk, majd meghatároztuk ennek a Q-ját. Maga a meghatározás úgy történt, hogy a Q-mérő hangoló kondenzátorának kapacitását változtatva, a műszer mutatóját maximális kitérésre állítottuk be. Az ekkor leolvasott érték a tekercs Q-ja $/Q_1/$. A mérési körülményeket úgy választottuk meg, hogy a hangoló kondenzátor skálájának a kis kapacitásoknak megfelelő részén mozogjunk, itt ugyanis a skála osztása pontosabb. Ezután a Q-mérő kapcsaira rákapcsoltuk a mérő kondenzátort is, egyelőre üresen.

Méréseinknél a vákuumban való mérés helyett a levegőn való kapacitás mérést alkalmaztuk. A levegő és a vákuum dielektromos állandója között ugyanis a különbség oly csekély, hogy az így elkövetett hiba a számításnál elhanyagolható. /A vákuum dielektromos állandója 1,00000, a levegőé pedig 1,00059./

A hangoló kondenzátorral ismét kikerestük a műszer maximális kitérését. Az ekkor talált jósági tényező Q_2 . A hangoló kondenzátor kapacitásának szükséges változtatása a mérő kondenzátor kapacitását adja $/C_0/$; $C_0 = C_1 - C_2$, ahol C_1 = a hangoló kondenzátor kapacitása a mérő kondenzátor beiktatása előtt; C_2 = a hangoló kondenzátor kapacitása a mérő kondenzátor beiktatása után.

Ezután a mérő kondenzátor fegyverzetei közé helyeztük a mérendő fát, majd a műszer maximumának beállítását megismételtük. A hangoló kondenzátor kapacitás értéke ekkor C_3 . A hangoló kondenzátor kapacitásának szükséges megváltoztatásából a mérő kondenzátornak a dielektrikum behelyezése következtében megváltozott kapacitását kiszámíthatjuk. $C_x = C_1 - C_3$.

A méréseket 4,5 MHz frekvencián és 20°C hőmérsékleten végeztük.

A ragasztóanyagok közül az Intézet által kidolgozott és általánosan bevált FKC 3 karbamid-formaldehid műgyantán és az ugyancsak az Intézetben kidolgozott és talpfa ragasztásnál és nagyfrekvenciás kísérleteknél alkalmazott FAKI A műgyantát választottuk ki.

A FAKI A ragasztó dielektromos tulajdonságait már egy előző méréssorozat keretében meghatároztuk. A mérést egy General Radio gyártmányu, 916-os típusu nagyfrekvenciás mérőhiddal végeztük. A mérőberendezés nagyfrekvenciás mérőhídból, szignálgenerátorból és indikátorvevőből állott.

A mérőhidat kinulláztuk, majd a mérő kondenzátort, mely ebben az esetben hengeres edény volt, rákötöttük a hid kapcsaira és meghatároztuk a kapacitását és veszteségi ellenállását. Ezután a mérő kondenzátor fegyverzeteinek közét műgyantával megtöltve megismételtük a mérést, majd a mérési adatokból kiszámítottuk a dielektromos állandót és veszteségi tényezőt. Az FKC műgyanta dielektromos állandóját számítással határoztuk meg, mivel mérése a rendelkezésre álló Q-mérővel nehézségekbe ütközött. A számításokat, a többi számítással együtt a továbbiakban közöljük. A veszteségi tényezőt csak becsléssel tudtuk megállapítani, mivel a rendelkezésre álló Q-mérő kis Q értékek mérésére már nem kellő pontosságú. A műgyanta ragasztók Q-ja 1 körül van, a Q-mérő skáláján pedig egy osztás 5 Q egységet jelent.

Mérési eredmények

Fák

1. táblázat

	A kondenzátor kapacitása pF	A műszer által mutatott érték Q
Kondenzátor nélkül	$C_1 = 66$	
Üres kondenzátorral	$C_2 = 60$	$Q_2 = 202$

Az 1. táblázat adataiból az üres mérő kondenzátor kapacitása $C_0 = C_1 - C_2 = 66 - 60 = 6$ pF.

Az üres mérő kondenzátor esetében a veszteségi tényező:

$$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{1}{Q_2} = \frac{1}{202} = 0,005.$$

2. táblázat

Fafaj	A hangoló kondenzátor kapacitása pF C_3	A műszer által mutató érték Q_3
Bükk	43	18
Csertölgy	44	17
Kocsánytalan tölgy	43	17
Lucfenyő	49	19
Fehérahác	44	18
Nagylevelű hárs	46	19
Hegyi juhar	44	18
Dió	44	18

A 2. táblázat adataiból a vizsgálandó fával, mint dielektrikummal töltött mérő kondenzátor kapacitása az egyes fafajok esetében $C_x = C_1 - C_3$, továbbá fával töltött mérő kondenzátor esetében a veszteségi tényező:

$$\operatorname{tg} \delta_3 = \frac{1}{Q_3}$$

3. táblázat

Fafaj	ϵ_x	$\operatorname{tg} \delta_3$
Bükk	23	0,0111
Csertölgy	22	0,0128
Kocsánytalan tölgy	23	0,0111
Lucfenyő	17	0,0105
Fehérekác	22	0,0111
Nagylevelű hárs	20	0,0103
Hegyi juhar	22	0,0110
Dió	22	0,0111

A 3. táblázat adataiból a kérdéses fafaj dielektromos állandója:

$$\epsilon_x = \frac{\epsilon_x}{\epsilon_0},$$

veszteségi tényezője pedig:

$$\operatorname{tg} \delta_x = \operatorname{tg} \delta_3 - \operatorname{tg} \delta_2$$

4. táblázat

Fafaj	x	$\operatorname{tg} \delta_x$
Bükk	3,8	51
Csertölgy	3,7	53
Kocsánytalan tölgy	3,8	53
Lucfenyő	2,8	48
Fehérekác	3,7	51
Nagylevelű hárs	3,3	48
Hegyi juhar	3,7	51
Dió	3,7	51

Ragasztók

FAKI A

Dielektromos állandó: $\epsilon_x = 18$

Veszteségi tényező: $\operatorname{tg} \delta_x = 1,17$

FKC 3:

Tekintettel arra, hogy e ragasztó 53%-a víz, dielektromos állandója is igen magas. A víz dielektromos állandója 20° C-on 82, a karbamid-formaldehid gyantáké pedig, a készítés körülményeitől függően 5-7. A 47 % szárazanyag tartalmu FKC 3 dielektromos állandója tehát 46-47. Veszteségi tényezője: 1.

A mérési eredményekből levont következtetések

Ha fát hőre keményedő ragasztóanyaggal kívánunk ragasztani, a ragasztóval bekenet és összepréselt anyagot fel kell melegíteni arra a hőfokra, ahol a ragasztóanyag kikeményedése a kívánt idő alatt végbemegy. A ragasztási folyamat annál gazdaságosabban vihető keresztül, minél kevesebb energia szükséges hozzá. Erre az egyik mód, az ún. szelektív melegítés. A ragasztás létrejöttéhez elegendő ugyanis, ha csak magát a ragasztóanyagot, a ragasztási réteget melegítjük fel és a fa a ragasztás során hideg marad.

Erre a klasszikus gőzfűtési prések alkalmazása esetén nincs mód, mivel itt a hő kivülről, a faréteg felmelegedése után terjed a ragasztórétegre.

A nagyfrekvenciás dielektromos melegítés módot ad a szelektív melegítés bizonyos határokig való megvalósítására, vagyis arra, hogy ragasztáskor főleg a ragasztóréteg melegedjék fel és a fa hideg maradjon. Ennek különösen akkor van igen nagy jelentősége, ha a ragasztandó fa tömege a ragasztó tömegéhez képest igen nagy. Márpedig a ragasztási feladatok legtöbbszörénél ez a helyzet.

Az előző pontban közölt mérési eredmények alapján nézzük meg, milyen mértékben valósítható meg a szelektív melegítés a nagyfrekvenciás ragasztás különféle alaptípusainál. A szelektív melegítés nagyságát a fa és a ragasztóréteg dielektromos tulaj-

donságain kívül a fa, a ragasztóréteg és az elektródák kölcsönös helyzete szabja meg. Ez utóbbiakat tekintve 2 fő esetet különböztetünk meg.

a/ Merőleges melegítés

Ebben az esetben az elektródák a ragasztási réteggel párhuzamosak. Az elektródák közötti erővonalak pedig merőlegesen szelik át a ragasztóréteget. A szelektív melegítés mértékét az N_2/N_1 törttel fejezzük ki. N_2 jelenti a ragasztóréteg, N_1 pedig a ragasztandó fa térfogategységében hővé átalakuló elektromos energiát. Az N_2/N_1 tört értékét kifejezhetjük a ragasztandó fa és a ragasztóanyag dielektromos állandójával és veszteségi tényezőjével. Az itt nem közölt, meglehetősen bonyolult számítások eredménye alapján:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{\epsilon_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_2}{\epsilon_2 \cdot \operatorname{tg} \delta_1}$$

ahol: ϵ_1 = a fa dielektromos állandójával,
 ϵ_2 = a ragasztó dielektromos állandójával,
 $\operatorname{tg} \delta_1$ = a fa veszteségi tényezőjével,
 $\operatorname{tg} \delta_2$ = a ragasztóanyag veszteségi tényezőjével egyenlő.

Helyettesítsük be a mérések útján kapott értékeket a képletbe. Mivel a faanyagok dielektromos állandója és veszteségi tényezője között nagy eltérések nem mutatkoztak, átlag értékekkel számoltunk.

FAKI A. ragasztó használata esetén:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{3,7 \cdot 1,17}{18 \cdot 0,05} = \frac{4,33}{0,9} = 4,8$$

FKC 3 ragasztó használata esetén:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{3,7 \cdot 1}{46 \cdot 0,05} = \frac{3,7}{2,5} = 1,5$$

b/ Párhuzamos melegítés

Ebben az esetben az elektródák a ragasztási rétegre merőlegesek. Az elektródák közötti erővonalak pedig a ragasztóréteggel párhuzamosak. Ez esetben is levezethetjük az N_2/N_1 tört értékét. A számítások eredményeképpen azt kapjuk:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{\varepsilon_2 \cdot \text{tg } \delta_2}{\varepsilon_1 \cdot \text{tg } \delta_1} .$$

A képletben a jelzések azonosak a merőleges melegítés tárgyalásánál fentebb megadott jelzésekkel.

Behelyettesítve a képletbe a számszerű értékeket:

FAKI A. ragasztó használata esetén:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{18 \cdot 1,17}{3,7 \cdot 0,05} = \frac{21,0}{0,185} = 113,5$$

FKC 3 ragasztó esetén:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{46 \cdot 1}{3,7 \cdot 0,05} = \frac{46}{0,185} = 249.$$

Láthatjuk, hogy merőleges elrendezés esetén, FAKI A. ragasztó használatánál a ragasztóréteg térfogategységében mintegy ötször annyi energia alakul át meleggé, mint a ragasztandó fa térfogategységében. FKC 3 ragasztó használatánál az arány kevésbé kedvező. Itt a ragasztórétegben hővé átalakuló energia csak mintegy másfélszerese a farétegben átalakuló energiának.

Párhuzamos elrendezésnél éppen ellenkezőleg: az FKC ragasztó mutatkozik előnyösebbnek. A számítások szerint az N_2/N_1 tört értéke kereken 250, míg FAKI A. használatánál csak 113. Láthatjuk, hogy a párhuzamos melegítés alkalmával az N_2/N_1 tört értéke két nagyságrenddel nagyobb, a merőleges elrendezéshez képest.

Vizsgáljuk meg az elnyelt energiák nagyságát egy konkrét példa keretében:

Két darab 10 x 2 x 100 cm méretű fapallót akarunk egymáshoz ragasztani, a 10 x 100 cm-es felületükkel. A ragasztási felület-

re felvitt ragasztóanyag legyen 22 g FKC 3. Ebben az esetben a ragasztandó fa térfogata 400 ml, a ragasztóé pedig 20 ml.

A ragasztást végezzük el gőzfűtésű présben, továbbá nagyfrekvenciás árammal, merőleges és párhuzamos elektróda elrendezéssel. A fából és ragasztóanyagból álló rendszerrel közöljünk mindhárom esetben 100 Kcal hőmennyiséget.

Gőzfűtésű melegítés esetén ebből a fa felmelegítésére 99,5, a ragasztó felmelegítésére csupán 0,5 Kcal hőenergia esik. A valóságban az arány még rosszabb, mert a hő kívülről terjed befelé és a fa lényegesen magasabb hőfokra melegszik fel, mint a ragasztó.

Nagyfrekvenciás melegítés esetén, merőleges elrendezést alkalmazva a 100 Kcal-ból 99,25 Kcal fordítódik a fa és 0,75 Kcal a ragasztó felmelegítésére.

Párhuzamos elrendezés esetén az arány még kedvezőbb. A 100 Kcal-ból ekkor már csak 44,6 Kcal fordítódik a fa és 55,4 Kcal a ragasztóréteg felmelegítésére. Az effektív felmelegedés mértékének aránya nagyfrekvenciás melegítésnél a valóságban valamivel kevesebb, mivel a vékony ragasztóréteg fajlagos felülete igen nagy /teljesen sík fafelület esetén is $50 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ / és a felvett hőmennyiség egy részét a ragasztó a környező farétegekbe leadja. Marad azonban még mindig benne elég ahhoz, hogy a nagyfrekvenciás párhuzamos melegítés alkalmazása esetén kísérletileg észlelve is szembetűnő különbség mutakozzék a párhuzamos melegítéssel, vagy még inkább a klasszikus kontakt melegítéssel szemben.

A számítások eredményét összefoglalva megállapíthatjuk, hogy FKC ragasztót alkalmazva, párhuzamos elektróda elrendezés mellett a szelektív melegítés elve megvalósítható. Alkalmazásával, az elektromos energia felhasználásában nagymértékű takarékoság érhető el.

ERDEI GALLYFA FELHASZNÁLHATÓSÁGA
FORGÁCSLAPOK KÉSZÍTÉSÉHEZ^{x/}

LÁZÁR LÁSZLÓ

Bevezetés

Hazánkban évről évre nagymennyiségű gallyfa gyülik össze, amely ipari célra eddig nem nyert felhasználást. Tekintettel arra, hogy 5 éves tervünk a fafeldolgozó üzemek összes termelésének nagymértékű növekedését irányozza elő, az Országos Erdészeti Főigazgatóság utasítására megvizsgáltuk ezen anyag felhasználhatóságát a fát helyettesítő anyagok területén.

A szóban levő faanyag felhasználásánál elsősorban azt vettük figyelembe, hogy gyengébb minőségű forgácslapként alkalmazva nagy mennyiségű nemesebb faanyagot takaríthatnánk meg, amit igényesebb helyen lehet majd felhasználni. Így pl. kiszélesedik a jövőben a mozaikparketta felhasználása, amely alá szigetelőréteget szükséges alkalmazni, erre a célra pedig a szóban levő anyagból készített forgácslapok is számításba vehetők.

A szigetelő lapoknál kedvező körülmény, hogy - a külföldi szakirodalom szerint - alacsony szilárdságot /maximum 40 kg/cm²-t/ és alacsony térfogatsúlyt /300-500 kg/m³-t/ követelnek meg, ami lehetővé teszi kevésbé értékes faanyagok feldolgozását is. Természetesen az ilyen típusu lapok az építőipar más területén is eredményesen felhasználhatók.

A kísérlet ismertetése

A kísérlet folyamán meg kellett állapítanunk, hogy az előaprított gallyfát milyen módon lehet a forgácslap gyártáshoz felhasználni.

^{x/}1960. évben végzett kutatás.

A beérkezett aprítékot elsősorban abból a szempontból vizsgáltuk meg, hogy utánapritással hogyan alakítható a gyártás szempontjából alkalmas célforgácsra és a kapott forgácsstípussal milyen minőségű késztermék állítható elő.

Az utánapritásra legcélszerűbbnek a kalapácsos malom mutatkozott, és így különböző méretű betétek felhasználásával végeztük el az aprítási kísérleteket. A kapott eredmények alapján 7 x 50 mm-es résekkel ellátott betét mutatkozott a legcélszerűbbnek az utánapritásra.

A kialakított forgácsból az 1. táblázatban megadott tényezők mellett 5 különböző forgácslap típust készítettünk és azok tulajdonságait és a gyártás gazdaságosságát vizsgáltuk.

A felhasznált anyag jellemzése

A kísérletekhez beérkezett 200 kg előapritott gallyfa, amelynek méretei nagy eltéréseket mutattak. Az apríték vastagsági mérete 0,2 - 3,0 cm között, hosszmérete pedig 1,0 és 7,0 cm között változott. Az összetételt tekintve a legkülönbözőbb fajták megtalálhatók voltak az aprítékban.

A beérkezett aprítékanyag nedvességtartalma 53,8 %-os volt.

Az előállított lapok gyártástechnológiájának rövid ismertetése

A beérkező 53,8 % nedvességtartalmu gallyfa aprítékot kalapácsos malomban utánapritottuk, a kapott forgácsanyagot aprítás után 4 frakcióra választottuk szét. A szétválasztás után az alábbi frakciót kaptuk:

1. Darabos hulladék /10 mm-es rostán fennmaradó/.
2. Utánapritott célforgács /10 mm-es rostán áthulló és 5 mm-es rostán fennmaradó/.
3. Apró forgács /5 mm-es rostán áthulló és 3 mm-es rostán fennmaradó/.
4. Fapor.

A kísérleteknél a 2. és 3. pontban említett forgácsot használtuk fel, részben ezeket variálva, részben nyárból készített célforgács borítással. Az utánapritott célforgácsból készítettük a lapok középső rétegét, az apró forgácsból pedig a lapok borító rétegét.

A felhasznált forgácsanyagot lengővályus szárítóberendezésen 10 - 15 %-ra leszárítottuk, majd kötőanyaggal kevertük össze. A kötőanyagot szakaszos üzemi keverőgépben, permetezéssel eljárással vittük fel a forgácsra. A kötőanyag mennyisége az egyes laptípusoknál 6, illetve 10 % volt /atró súlyra számítva/. A kötőanyaggal elegyített forgácsból kézi uton állítottuk elő a szükséges méretű forgácspaplant és azt hőprésbe helyeztük. A préselés ideje egységesen 12 perc volt, az alkalmazott hőfok 160°C .

Az elkészített mintalapokat 48 órás állásidő után vizsgáltuk le, mikoris a hajlítoszilárdsági értékeket és a vízfelvétel nagyságát mértük.

A mérések során kapott szilárdsági és vízfelszívási adatok

A hajlítoszilárdsági vizsgálatokat házi szabvány szerint, nagyrészen a DIN előírásait figyelembe véve, 10 cm széles próbatesten végeztük el, 240 mm-es alátámasztás mellett. Az elkészített laptípusokra jellemző hajlítoszilárdsági átlagértékeket 6 mérési adatból állapítottuk meg.

A vízfelszívás értékét 150 x 150 mm-es próbatesteken, 20°C hőmérsékletű vízben 1/2 óráig áztatva vizsgáltuk. Az elkészített laptípusokra jellemző vízfelszívási átlagértékeket négy mérési adatból állapítottuk meg. Az így kapott szilárdsági, illetve vízfelszívási értékeket a 2. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Az egyes lapfajták préselési tényezői

Jel	Megnevezés	Tér- fogat- súly	Kötő- anyag- tartalom	Vastag- ság	Forgács nedves- ség		Prészárási	
					borító	közép	idő	nyomás
		kg/m ³	%	mm	%	%	perc	att
1	2	3	4	5	6	7	8	9
K ₁	Gallyfa, közép rétegű, nyár lapkás borítással	750	10	19	16,90	11,10	2,0	125
K ₂	Gallyfa, közép rétegű, nyár szálkás borítással	750	10	19	14,30	9,58	1,7	130
K ₃	Három rétegű apró borítás-sal /gallyfa/	750	10	19	14,30	9,58	1,6	125
S ₁	Három rétegű apró borítás-sal /gallyfa/	400	6	19	14,30	9,58	0,3	100
S ₂	Három rétegű apró borítás-sal /gallyfa/	400	6	30	15,90	9,58	0,4	100

Megjegyzés: Valamennyi lapfajtánál a préréshőfok 160°C, a présidő pedig 12 perc volt.

2. táblázat

Gallyfából készített mintalapok szilárdsági és vízfel szívási értékei

Jel	Hajlítószilárdság kg/cm ²	Vízfelvétel 1/2 óra után %	Vastagság növekedése 1/2 óra után %
1	2	3	4
K ₁	288,00	41,80	13,10
K ₂	246,00	26,80	6,85
K ₃	120,00	30,90	7,60
S ₁	13,50	72,10	13,30
S ₂	27,70	64,10	8,35

A 2. táblázat adataiból megállapítható, hogy a nyárfa cél-forgácsból készített borítóréteg kétszeresére emeli a gallya aprítékból készített forgácslapok szilárdsági értékét $/K_1, K_2/$, a tisztán gallya aprítékból készített háromrétegű lapokkal szemben $/K_3/$. Ez esetben azonban a gallya apríték mellett 33 % nyárfa felhasználása válik szükségessé.

A szigetelő típusu lapokat vizsgálva megállapítható, hogy 6 %-os kötőanyaggal elérhető az ilyen célra készített lapoknál megkívánt szilárdsági érték.

A kapott adatokat összehasonlítottuk az asztalosüzemi hulladékból készült laptípusokkal, s ennek alapján megállapítottuk, hogy a szóbanforgó gallya aprítékból azonos minőségű forgácslapok állíthatók elő, mint az asztalosüzemi fenyő hulladék forgácsból.

A 2. táblázatban közölt vízfelszívási és vastagsági dagadás értékeket vizsgálva megállapítható, hogy ezen értékek magasak, s ennek csökkentése a részletes technológia kialakítása előtt mindenképpen megoldandó. Különösen a szigetelő típusu lapok vízfelvétele mutatkozott a vártnál magasabbnak, bár ez esetben figyelembe veendő az a körülmény, hogy az ilyen lapok bitumenes emulzióba kerülnek beépítésre.

Néhány adat a gyártás gazdaságosságára

Az ez irányú vizsgálatnál elsősorban a kihozatali értékeket vizsgáltuk meg. A kihozattal kapcsolatban elvégzett mérések adatait a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat

Erdei gallya utánapritási vizsgálatának kihozatali számai

Beérkező anyag	Apró forgács	Utánapritott cél-forgács	Darabos hulladék	Por	Összes veszteség
1	2	3	4	5	6
200 kg	9 kg	156 kg	18 kg	17 kg	35 kg
100 %	4,5 %	78 %	9 %	8,5 %	17,5 %

A 3. táblázat adataiból látható, hogy a hasznos faanyag 85,5%, és az utánapritás következtében előállott összes veszteség 35 kg-ot /17,5 %-ot/ mutatott. Ezen mennyiségen belül a darabos hulladékként kapott 18 kg-nyi anyag - adott esetben /esetleg kétszeri aprítással/ - valószínűleg a belső rétegbe beépíthető. Ezt a feltételezést azonban figyelmen kívül hagyva, az összes veszteség 17,5 %-ra adódott. A kapott adatok azt mutatják, hogy a gallyfa felhasználása igen gazdaságos, miután a célforgácsra épített üzemek kihozatali számai ezen értéknél alacsonyabbak.

A kihozatal vizsgálatánál figyelembe vettük továbbá a szárításnál adódó súlyvesztést is. A forgácsot 10, illetve 15 %-ra leszárítva, $156 + 9 = 165$ kg forgácsnál 53,8 %-os kezdő nedvességet alapul véve, 46,2 kg vízvesztés adódik. Ha ezen mennyiséget levonásba helyezzük és a beérkező nedves anyag súlyára /200 kg/ vetítjük a felhasználható száraz forgács mennyiségét, 59,12 %-os, kereken 60 %-os kihozatalt érünk el. Így 1 m^3 8 % nedvességű forgácslethez, 400 kg/m^3 térfogatsúly és 6 % gyantatartalom mellett 582 kg, 750 kg/m^3 térfogatsúly és 10 % gyantatartalom mellett 1055 kg 54 % nedvességtartalmu gallyfa szükséges.

A gyártás gazdaságosságára hozzávetőleges számítást végeztünk, amelynek alapján 400 kg/m^3 -es térfogatsúlyu, 6 %-os gyantatartalmu, 19 mm-es vastagságú, 8 %-os nedvességű lapokat vetünk alapul.

A kihozatali számokat alapul véve 1 m^3 lap előállításához $400/1,08 \cdot 1,06 \cdot 0,6 = 582$ kg gallyfa szükséges.

A gallyfát 38 Ft/q áron számolva 221,- Ft-os anyagköltséget kapunk, a szállítási költségek figyelmen kívül hagyásával.

A fentiek szerint a költségmegoszlás m^3 -ként a következő:

Gallyfa értéke	16,3 %
Kötőanyag 6 %, 21 kg/m^3 szárazanyag	18,5 %
Energiaköltség 100 kWó/m^3	17,7 %
Gőz 1170 kg gőz/m^3	14,4 %
Munkabér 450 Ft/m^3	33,1 %
Gyártási költség, általános költség nélkül:	100,0 %

A fenti hozzávetőleges számítások azt mutatják, hogy a gallyfa ára a gyártási költségekben igen magas részarányu, így felhasználása csak akkor válik gazdaságossá, ha az árát mérsékelik.

Nagyobb térfogatsúlyu /700 kg/m³-es/ nyárfa borítással készült lapoknál a gyártási önköltség általános költséggel együtt az asztalosüzemi hulladékból készült lapok önköltségével kb. azonosnak vehető.

Megállapítások a kísérlet eredményeivel kapcsolatban

1. A kísérlethez felhasznált előapritott gallyfa kalapácsos malomban forgácslap gyártás céljára alkalmassá tehető.

2. A gallyfából előállított forgácsból az asztalosüzemi hulladékból készített forgácslapokkal azonos minőségű forgácslapok készíthetők.

A közepes térfogatsúlyu lapok, nyárfa anyagból készített fedőforgáccsal átlagosan 267 kg/cm²-es hajlítószilárdságot és átlagosan 34 %-os vízfelszívást mutattak, míg a háromrétegű, teljes egészében a szóban levő anyagból készített lap 120 kg/cm² hajlítószilárdságot, illetve 31 %-os vízfelszívást mutatott. A kapott adatok alapján ezen anyagok szerkezeti elemekként felhasználhatók.

A szigetelőanyagok céljára készített lapok vízfelszívási értéke magasnak mutatkozott, azonban ennek csökkentése további kísérletekkel elérhető.

3. A gallyfából előállított forgácslapok gazdaságossági adatai kb. az asztalosüzemi hulladékforgácsból készített lapokéval azonosak. Szükséges a gallyfa árának reális megállapítása.

Javaslatok a gyakorlati felhasználásra

Az elvégzett előzetes kísérlet eredményei alapján javasolható a gallyfa felhasználása:

1. Közepes térfogatsúlyu forgácslapként, szerkezeti elemek céljára.
2. Alacsony térfogatsúlyu /szigetelő/ forgácslapként azon helyeken alkalmazva, ahol különösebb szilárdsági és víz-állósági követelmények nincsenek.

Amennyiben a gallyfát forgácslappá kívánják feldolgozni, szükségesnek tartjuk további kísérletek elvégzését a megfelelő jellemzők és a részletes technológia kialakítására.

VI.

FARAGÁSI HULLADÉK SZIGETELŐLAPKÉNT VALÓ FELHASZNÁLÁSÁNAK VIZSGÁLATA^{x/}

LÁZÁR LÁSZLÓ

Bevezetés

Egyes fatelepeken nagy mennyiségben keletkezik faragási hulladék. Ezt az anyagot ipari célra jelenleg nem használják fel. Tekintettel arra, hogy hazánk fában szegény és fából importra szorulunk, a nemesebb faanyag helyettesítésének minden lehetőségét meg kell vizsgálnunk. Ezért a Falpari Kutató Intézet Kísérleti Üzemében megvizsgáltuk ezen anyag felhasználhatóságát, forgácslap-gyártás szempontjából.

A beérkezett anyag jellemzése

A kísérlethez beérkezett faragási hulladék nem volt egységes anyag, az egyes részek méretei igen eltérőek voltak /1. ábra/. Az egyes részek hosszmérete 10 - 600 mm, a szélessége 2 - 60 mm, vastagsága 0,6 - 12 mm között változott. Az átlagos méretek a következők voltak: hosszúság 110 mm, szélesség 30 mm, vastagság 5 mm.

Az anyag fenyőből állt. Nedvességtartalma, a forgács száraz súlyára vetítve 90 % volt.

Felhasználhatósága szempontjából nehézséget jelentett, hogy kb. 40 % fakérget tartalmazott.

^{x/}1960. évi kutatás

A kísérletek ismertetése

A kísérletek során abból indultunk ki, hogy a faragási fahulladékot elsősorban gyengébb minőségű forgácslapként érdemes felhasználni, mivel nagy mennyiségben tartalmaz fakéregget, aminek eltávolítása igen költséges lenne.

A kísérletek során első kérdés volt a faragási hulladék forgáccsá való feldolgozhatóságának megállapítása. Az aprítás előtt a nagyobb méretű fakéreg-darabokat - technikai okokból /az aprítógép kis mérete miatt/ - eltávolítottuk.

A vizsgálat során a faragási hulladék aprítására kalapácsos malmot használtunk. Az így nyert forgácsot /2. ábra/ lengő sikrostán négy frakcióra választottuk szét. A szétválasztás után az alábbi frakciókat kaptuk:

1. Darabos forgács /10 mm-es rostán fennmaradó/.
2. Szálas forgács /10 mm-es rostán áthulló és 5 mm-es rostán fennmaradó/.
3. Apró forgács /10 mm-es rostán áthulló és 5 mm-es rostán fennmaradó/.
4. Papor /1 mm-es rostán áthulló/.

A kísérletek folyamán az 1. és 2. pont alatti forgácsot használtuk fel lapképzésre. Az 1. pont alatti forgács átlagos hosszúsága 28 mm, átlagos szélessége 5 mm, a 2. pontban megjelölt forgács átlagos hosszúsága 20 mm, átlagos szélessége 3 mm volt. A fenti forgácsokon kívül a 3. pont alatti forgács is felhasználható borítóréteggént. A darabos forgácsot a készült lapok középrétegeként, a szálas forgácsot pedig borítóréteggént alkalmaztuk. A felhasznált forgácsot 15 % /abszolút száraz súlyra vonatkoztatva/ nedvességre leszárítottuk, majd kötőanyaggal kevertük össze. Kötőanyaggal külön kevertük össze a közép- és borítóréteget. A kötőanyagot egy szakaszos üzemű keverőgépben permetezéses eljárással vittük fel a forgácsra. Kötőanyagként 41 % szárazanyagtartalmu töltőanyagos karbamid-formaldehid alapu műgyantát alkalmaztunk. A kötőanyaggal elegyített forgácsból kézi uton állítottuk elő a szükséges méretű paplant és azt hidegen előprésselve helyeztük a hőprésbe. A kísérlet során háromrétegű, 400 kg/m³ térfogatsúlyu, 6 % gyantatartalmu, 16 mm vastag lapokat készítettünk, félüzemi szinten.

Az alkalmazott préstechnológia az alábbi volt:

Borítóforgács nedvességtartalma	15 %
Középforgács	15 %
Borító- és középréteg sulyaránya	1,00 : 1,71
Prészárási idő	0,5 perc
Prészárási nyomás	120 att
Préselési hőfok	160 C°
Préselési idő	12 perc.

Az elkészített mintalapokat 48 órás állás idő után vizsgáltuk le, amikor is a hajlítószilárdság értékét és a vízfelvétel nagyságát mértük. A hajlítószilárdsági vizsgálatot házi szabvány szerint /10 cm széles próbatesten, 24 cm-es alátámasztással/ végeztük. A vízfelvételi vizsgálatot 15 x 15 cm-es próbatesteken /1/2 óra hosszat 20°C hőfoku vízben áztatva/ végeztük.

A kísérlet eredményei és az azok alapján levont következtetések

A kísérlet folyamán először a kihozatalt vizsgáltuk. A kihozatali vizsgálat eredményeit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Veszteségek a faragási hulladék aprításánál

Kiindulási anyag	Hasznos anyag	Eltávolított fakéreg	Fapor	Összes veszteség
1	2	3	4	5
20 kg	15 kg	3,5 kg	1,5 kg	5 kg
100 %	75 %	17,5 %	7,5 %	25 %

Megjegyzés: A hasznos anyagban az 1, 2, 3. pont alatti forgács szerepel.

Az 1. táblázat adataiból megállapítható, hogy a kihozatal a beérkező anyagra vetítve 75 %. Ez nagyobb méretű aprító gép alkalmazása mellett - amikor is a nagyobb fakéreg-darabok eltávolítása szükségtelenné válik - tovább növelhető. Csak az eltávolít

tott port véve figyelembe, a kihozatal elérheti a 92,5 %-ot. A kihozatal vizsgálatánál figyelembe vettük a szárításból adódó súlyvesztéséget is. A forgácsot 90 % kezdő nedvességről 15 %-ra leszárítva 15 kg 90 %-os nedvességtartalmu forgácsból 9,1 kg 15 %-os nedvességtartalmu forgácsot nyertünk. Így a felhasználható száraz forgácsot a beérkező nedves forgácshoz viszonyítva, a kihozatal kb. 45 %-ra adódott.

A gyártás gazdaságosságára vonatkozóan az előállítási költség kb. az üzemi hulladékforgácsból készült szigetelőlapok előállítási költségével /kb. 2200 Ft/m³/ azonosnak vehető.

A hajlítoszilárdság és vizállósági vizsgálatok eredményeit a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

A hajlítoszilárdsági és vízfelvételi vizsgálat eredményei
/400 kg/m³ térfogatsúlyu, 6 % gyantatartalmu szigetelőlapok adatai/

Megnevezés	Átlag	+ Eltérés maximális	- Eltérés
Hajlítoszilárdság kg/cm ²	21	26,1	12,1
Vízfelvétel %	72,8	5,2	7,6
Vastagsági dagadás %	11,5	1,7	2,5

A 2. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a lapok hajlítoszilárdsága /szigetelési célra/ megfelelő. Azonban a szilárdság nagymértékű /183 %-os/ szórásának csökkentésére, a részletes technológia kidolgozása előtt, további vizsgálatokat kell folytatni. A 2. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a közölt vízfelvételi és vastagsági dagadási értékek magasak, melyeket a részletes technológia kialakítása előtt mindenképpen csökkenteni kell. Figyelembe veendő ugyan az a körülmény, hogy ezek a lapok belső térben kerülnek felhasználásra, ahol kisebbek e téren a követelmények.



1. ábra



2. ábra

Javaslatok a gyakorlati alkalmazásbavételre

Az elvégzett kísérlet eredményei alapján javasolható a faragási hulladék felhasználása alacsony térfogatsúlyu /szigetelő/ lapként, olyan helyekre alkalmazva, ahol különösebb szilárdsági és vízállósági követelmények nincsenek.

VII.

KISÉRLETEK NAPRAFORGÓMAG HÉJÁBÓL KÉSZÍTENDŐ LAPOK ELŐÁLLÍTÁSÁRA^{x/}

LÁZÁR LÁSZLÓ és ZOMBORI JÁNOS

Kísérleteket végeztünk napraforgómag-héjből lapszerű termékek előállítására. A kísérletek célja annak megállapítása volt, hogy a napraforgóolaj gyártásakor keletkező hántolási maghéj műgyantakötőanyaggal összeragasztva alkalmas-e szigetelő és burkoló típusú lemezek előállítására? Fenti tárgyú kísérleteink eredményeit az alábbiakban közöljük.

A kísérleti eredmények ismertetése

Laboratóriumi kísérleteink egyik részét az eredeti, légszáraz, mintegy 15 % nedvességtartalmu napraforgómag-héj ragaszthatóságának vizsgálata képezte. A napraforgómag-héjat karbamid-műgyantával nem találtuk ragaszthatónak; ezzel a kötőanyaggal összehéjazott maghéj-lapok a présből való kiszedés után szétmorzsolhatók voltak. Többféle kötőanyagot kipróbálva, a napraforgómag-héj ragasztását krezol típusu műgyantával találtuk legkedvezőbbnek, ezért további kísérleteink folyamán ezt a kötőanyagot alkalmaztuk.

Krezolműgyanta kötőanyag alkalmazásával az eredeti szemcsenagyságu napraforgómag-héjből 550 és 750 kg/m³ térfogatsúlyu, 12 % gyantatartalmu, 19 mm vastag, homogén lapokat ragasztottunk, 32 x 38 cm laptérben.

Ezzel a ragasztási kísérlettel párhuzamosan kalapácsos rendszerű aprítógépben utánaprított maghéjből is préseltünk lapokat. Azzal a céllal végeztük ezt, hogy az utánaprított maghéjből készíthető lapok homogenitása növekszik és ezzel a lapok mű-

^{x/}1960-ban végzett kutatás.

szaki tulajdonságai kedvezőbbé válnak. A lapok készítésének technológiai menete a faforgácslapok gyártási alapelvei szerint történt, vagyis a maghéjat szóróeljárással enyveztük, majd az enyvezett maghéjból terítőkeretben lapszönyeget képeztünk és a lapszönyeget, kétoldalon védőlemezekkel ellátva helyeztük a hőprésbe. A lapok ragasztása közben alkalmazott ragasztási hőmérséklet 160°C , a ragasztási idő 20 perc volt.

A lapok vízfelszívását, vastagsági dagadását és hajlítószilárdságát meghatározva, a vizsgálati adatokat az 1. táblázatban foglaltuk össze /a táblázatban feltüntetett mérési adatok átlag értékek/.

1. táblázat

Napraforgómag-héjlapok vizsgálati adatai, eredeti és utánapritott maghéjból készítve

A lapok alapanyaga	550 kg/m ³ térfogatsúly			750 kg/m ³ térfogatsúly		
	Vizfelszívás	Vastagsági dagadás	Hajlítószilárdság	Vizfelszívás	Vastagsági dagadás	Hajlítószilárdság
	súly %	%	kg/cm ²	súly %	%	kg/cm ²
Eredeti szemcse-nagyság	63,0	13,6	34,8	29,0	7,0	81,0
Utánapritott	68,0	15,5	40,2	48,0	14,8	99,0

Vizsgálati adatok szerint az eredeti szemcse-nagyságú és az utánapritott napraforgómag-héjből készíthető lapok alacsony hajlítószilárdsági értéket mutatnak még nagyobb térfogatsúly esetén is. A vízfelszívásra és a vastagsági dagadásra kapott értékek elfogadhatóak. A hajlítószilárdság értékének növelésére azonban további kísérleteket kellett elvégezni.

A ragasztási szilárdság növelése érdekében a napraforgómag-héjat gőznyomás alatt, hidrotermikusán előkezeltük /1/2 órai gőzölés, 7 att gőznyomás mellett/. Ez a kezelés a napraforgómag-héj fizikó-kémiai tulajdonságait kedvezően befolyásolja a ra-

gaszthatóság növelése szempontjából, mert kísérleti tapasztalataink szerint az előkezelte maghéjból készült lapok hajlítószi-
lárd-sága lényegesen nagyobb: Az előkezelés eredményeként a mag-
háj megbarnul, és az anyagban végbemenő különböző termikus reak-
ciók révén a vízfellevő képessége csökken. Az előkezelte napra-
forgómag-héjből ragasztott lapok ugyanazon lapjellemzőkkel /550
és 750 kg/m³ térfogatsúly, 12 % gyantatartalom, 19 mm lapvastag-
ság, 32 x 38 cm lapméret/ rendelkeztek és hasonló technológiai
körülmények /160°C ragasztási hőmérséklet és 20 perc ragasztási
idő/ megválasztásával készültek, mint az előkezelés nélküli mag-
háj-lapok.

A vizsgálati szabványok szerint levizsgált lapok mérési
adatait a 2. táblázat tartalmazza /a közötti mérési adatok átlag-
értékek/.

2. táblázat

Előkezelte napraforgómag-héjből készitett lapok
vizsgálati adatai

A lapok alap- anyaga	550 kg/m ³ térfogatsúly			750 kg/m ³ térfogatsúly		
	Vizfel- szívás	Vastag- sági da- gadás	Hajlító szilárd- ság	Vizfel- szívás	Vastag- sági da- gadás	Hajlító szilárd- ság
	súly %	%	kg/cm ²	súly %	%	kg/cm ²
Eredeti szemcse- nagyság	55,0	9,2	108,0	26,0	4,0	177,0
Utánapri- tott	47,0	4,2	159,0	26,0	2,0	204,0

Az előkezelte napraforgómag-háj lapok vizsgálati adatait
összehasonlítva az eredeti, előkezelés nélküli anyagból készi-
tett lapok mért értékeivel látható, hogy az előkezelés révén a
hajlítószi-lárd-sági értékek nagymértékben növekednek, a vízfelszi-
vás és vastagsági dagadás értéke pedig csökken. Ezek az értékek
a tervezett felhasználási célokra már elfogadhatóak, mert ugyan-
azon szinten mozognak, mint a faforgácslapok hasonló értékei. Az

előkezelt maghéjból készített lapok egyenletesebb, barna színhatást mutatnak és darabolás közben eltartóbbak, mint az eredeti maghéjból készülő lapok.

A háromrétegű forgácslapok mintájára készítettünk kétoldalon forgáccsal borított napraforgómag-héjlapokat is. A forgáccsal borított napraforgómag-héjlapok borítóanyaga cser szálkás forgács, belső anyaga pedig a gőznyomás alatt előkezelt napraforgómag-héj volt. A ragasztott lapok térfogatsúlya 750 kg/m^3 , gyantatartalma 12 %, a borító forgács és a belső napraforgómag-héj aránya 1:3. A lapok egyéb műszaki jellemzői és a készítés körülményei megegyeznek a fentiekben részletezett különböző lap-típusok között adataival.

A vizsgálati szabványok alapján levizsgált faforgáccsal borított maghéjlapok mérési adatait a 3. táblázatban összesítettük.

3. táblázat

Cser szálkás faforgáccsal borított napraforgómag-héjlapok vizsgálati adatai /gőznyomás alatt előkezelt maghéj/

Laptípus	Vizfelszivi- vás súly %	Vastagsági dagadás %	Hajlítószi- lárdság kg/cm ²
Belső: eredeti szemcse- nagyság	24,0	2,6	310,0
Belső: Utánapri- tott	23,0	3,2	301,0

A vizsgálati adatok szerint a faforgács borítási maghéjlapok hajlítószilárdsági értékei lényegesen nagyobbak, mint a homogén lapok értékei. Mivel a faforgács borítás műszaki és esztétikai szempontból egyaránt kedvezőnek látszik, lehetőség nyílik a napraforgómag-héjlapok szélesebb körű felhasználására és esetleg értékesebb lemezipari termék helyettesítésére is.

A kísérletek összefoglaló értékelése

Amint ez a közölt kísérletek leírásából megállapítható, a napraforgómag-héjlapok előállításával kapcsolatos kísérleteink eredményesek voltak és laboratóriumi szinten a tervezett célnak megfelelő /szigetelő és burkolólapok/ maghéjlapokat lehetett előállítani. Az eredeti légszáraz napraforgómag-héjből készíthető lapok műszaki tulajdonságai közül a hajlítoszilárdság alacsony értéket mutat és általában nem éri el a faforgács vagy pozdorja típusu lemezek szilárdsági értékeit. A hajlítoszilárdság azonban az általunk kidolgozott ún. hidrotermikus előkezelési eljárással növelhető, és az így előkezelt napraforgómag-héjjal krezol mügyanta hozzákeverésével kb. az a szilárdsági érték érhető el, mint a faforgács lapok esetében. Faforgáccsal borítva a napraforgómag-héjből előállítható lapok műszaki tulajdonságai növelhetők, és belőle a szigetelő- és burkoló típusu lemezek előállításán túlmenően esetleg értékesebb lemezipari termékek helyettesítésére alkalmas lapok is előállíthatók.

Gazdaságosság

Ami a napraforgómag-héjlapok előállításának gazdaságosságát illeti, 1 m^3 kb. 600 kg/m^3 térfogatsúlyu, 12 % gyantatartalmu napraforgómag-héjlap előállításához szükséges kb. 100 kg 65%-os krezol gyanta. Gőznyomás alatt előkezelt maghéjből gyártva a lapokat ehhez hozzászámítandó az előkezelés költsége is, melynek számítható értéke 1 m^3 késztermékre vetítve kb. 200 Ft. Munkabér és általános költség valamint a maghéj értéke csak kísérleti gyártás esetén mérhető fel pontosabban. Erre vonatkozólag támpontot nyújtanak a forgácslap gyártás hasonló jellegű költségei.

Javaslatok

Kísérleteink alapján a napraforgómag-héj feldolgozása burkoló és szigetelő típusu lapok előállítására javasolható. Üzemileg kivitelezhető gyártási eljárásként a gőznyomás alatt hidrotermikusan előkezelt maghéj ragasztása látszik megvalósíthatónak.

Amennyiben az eljárás üzemi megvalósításáról lenne szó, a technológiai részletkérdések tisztázása céljából további kísérletek elvégzése szükséges. Megvizsgálandó ez esetben a legelőnyösebben alkalmazandó gőznyomás nagysága, a kezelési időtartam, továbbá a szükséges gépi berendezés. Ezen kívül meg kell határozni azokat a technológiai alapadatokat /térfogatsúly, műgyanta mennyiség, préselési körülmények stb./, amelyek ismeretében a szükséges gépi berendezés megtervezhető és kivitelezhető.

T A R T A L O M J E G Y Z É K

	Oldal
<u>Lázár László - Hadnagy József:</u> Forgács-alakísági vizsgál- latok nyár, bükk és cser forgácsanyaggal	3
<u>Gippert László:</u> A fűrészipari gőzölőkamrák optimális ter- melési feltételeire vonatkozó technológiai kutatások	65
<u>Bobok László:</u> Optimális fűrészpenge-típusok	97
<u>Kolosváry Gábor:</u> Hazai fafajok és faragasztók dielektro- mos tulajdonságainak meghatározása	171
<u>Lázár László:</u> Erdei gallyfa felhasználhatósága forgács- lapok készítéséhez	181
<u>Lázár László:</u> Faragási hulladék szigetelőlapként való felhasználásának vizsgálata	189
<u>Lázár László és Zombori János:</u> Kísérletek napraforgómag héjából készitendő lapok előállítására	195

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
<u>Лазар Л. - Хаднадь Й.:</u> Исследования оформления стружек тополя, бука и дуба.	3
<u>Гипперт Л.:</u> Технологические исследования оптимальных производственных условий запарных камер в лесопильной промышленности	65
<u>Бобок Л.:</u> Оптимальные типы полотна пилы.	97
<u>Кодошвари Т.:</u> Определение диэлектрических особенностей венгерских древесных пород и двересных заклеек	171
<u>Лазар Л.:</u> Пригодность лесного сучьяка для изготовления стружечных пластинок	181
<u>Лазар Л.:</u> Изучение применения отходов резбы в качестве изоляционной плитки.	189
<u>Лазар Л. - Зомбори Й.:</u> Опыты с изготовлением пластинок из подсолнечной лузги.	195

I N H A L T

<u>L. Lázár - J. Hadnagy:</u> Spanformuntersuchungen mit Spänen aus Pappel-, Buchen- und Zerreichenholzmaterial . . .	3
<u>L. Gippert:</u> Technologische Forschungen betreffend die optimalen Produktionsbedingungen von Däkampfkammern in der Sägeindustrie	65
<u>L. Bobok:</u> Optimale Sägeblatt-Typen	97
<u>G. Kolosváry:</u> Bestimmung der dielektrischen Eigenschaften von ungarischen Holzarten und Holzklebstoffen	171
<u>L. Lázár:</u> Die Verwendbarkeit von Waldraffholz zur Herstellung von Spanplatten	181
<u>L. Lázár:</u> Versuche über die Verwendung von Schnitzabfällen für die Herstellung von Isolierplatten	189
<u>L. Lázár - J. Zombori:</u> Versuche zwecks Herstellung von Platten aus den Schalen von Sonnenblumensamen	195

C O N T E N T S

<u>L. Lázár - J. Hadnagy:</u> Studies on Particle Shape Formation with Particles of Poplar, Beech and Oak Wood Raw Material	3
<u>L. Gippert:</u> Technological Investigations of Optimal Conditions of Production in Steaming Chambers of Sawmills	65
<u>L. Bobok:</u> Optimal Saw Blade Types	97
<u>G. Kolosváry:</u> Determination of the Dielectric Properties of Hungarian Timber Species and Wood Glues	171
<u>L. Lázár:</u> Utilization of Branch Timber for the Manufacture of Particle Boards	181
<u>L. Lázár:</u> Examination of the Use of Shavings for Insulating Boards	189
<u>L. Lázár - J. Zombori:</u> Experiments to Produce Boards from Sunflower Seedcoats	195