

ÚJ ELJÁRÁSOK A KERETFŰRÉSZLAPOK FORGÁCSOLÁSI TULAJDONSÁGAINAK JAVÍTÁSÁRA*

DUDÁS LÁSZLÓ

tudományos főmunkatárs
Faipari Kutatóintézet, Budapest

HARGITAI LÁSZLÓ

egyetemi adjunktus
Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron

A hazai fűrészipar évente mintegy 1,8 millió m³ kemény- és lágylombos, valamint 0,8 millió m³ — túlnyomó részt import — fenyő hengeresfa alapanyagot dolgoz fel. Ezen mennyiségnek a nagyobb részét — mintegy 70%-át — keretfűrészekkel, s csupán a fennmaradó hányadot fűrészelik szalagfűrészekkel, körfűrészekkel, esetleg síkforgácsoló gépekkel.

A keretfűrészkes rönkfeldolgozás a gép felépítéséből adódóan több problémát vet fel, melyek közül a szerszámra vonatkozóan legfontosabbak az alábbiak:

— a keretfűrészlapok anyagi összetétele csupán 2—4 óra időtartamra biztosít megfelelő éltartósságot, ebből következően:

— idővesztéseget és a folyamatos termelés megszakítását eredményezi az életlen fűrészlapok cseréje;

— az alternáló főmozgás miatt alacsony a szerszámsebesség értéke;

— a fűrészlapok vastagsági mérete legkevesebb 2,0—2,2 mm, ezért nagy a fűrészporvesztesség;

— a fogalak, a fog méretei és a járathossz meghatározzák az egy fogra eső maximális előtolási értéket.

A felsorolt problémák csökkentésére a szakirodalomból többféle fogkialakítási, élkeményítési eljárást ismerünk, azonban azok gyakorlati alkalmazása mindmáig elmaradt.

A Faipari Kutató Intézet és az Erdészeti és Faipari Egyetem Faipari Mérnöki Karának munkatársaival 1980-ban és 1981-ben hatféle fafajú rönk felfűrészelésével [tölgy, akác, nyár, éger, fenyő (cser csak 1980-ban)] közös üzemi kísérleteket végeztünk a Soproni Tanulmányi Állami Erdőgazdaság Fűrészüzemében a duzzasztott, duzzasztott és nagyfrekvenciás edzéssel keményített, valamint stellittel felrakott fogazatú keretfűrészlapok üzemi alkalmazására. Ennek során összehasonlító elemzést végeztünk a terpesztett, duzzasztott, nagyfrekvenciás edzéssel keményített és a stellittel felrakott fogazatú keretfűrészlapok fűrészelési jellemzői közül

* Az 1982. február 24—25-i erdészeti és faipari tudományos ülésen elhangzott előadás.

- az elektromos energiaszükségletre,
- a fajlagos fűrészelési munkára,
- a fajlagos forgácsolási erőre,
- az éltompulás értékére,
- az előtölési sebességre,
- a fűrészelési teljesítményre,
- a méretpontos fűrészelésre,
- a felületi egyenetlenség értékeire.

Mielőtt a kísérletek eredményeinek ismertetésére rátérnénk, szükségesnek érezzük a nagyfrekvenciás edzés és a stellitfelrakás — mint két, a gyakorlatban kevésbé ismert eljárás — lényegének ismertetését.

Fűrészfogak nagyfrekvenciás edzése

A nagyfrekvenciás edzés a fűrészfogak kopásállóságának növelésére szolgáló egyik legkorszerűbb utánedző eljárás. A fogcsúcsok edzése (keményítése) ennél az eljárásnál is hevítéssel történik, de a felhevítés energiaforrása a nagyfrekvenciás áram (10 MHz—100 MHz), illetve ennek erőtere idézi elő a fogcsúcs gyors felmelegedését. A felmelegedés az indukciós hevítés elve alapján történik.

Az edzési eljárás során a munkadarabot, amely elektromosan jó vezető, az indukciós térbe helyezik. A fogcsúcs felülete hirtelen magas hőfokra melegszik fel, ezért egy-egy fűrészfog edzéséhez rendkívül rövid időre van szükség, amely függ a fűrészlap vastagságától és a kívánt edzési mélységtől. A lehűlés szintén gyorsan történik, mivel a hő a fűrészlapra, az edzőberendezés hideg fémalkatrészeibe, valamint a levegőbe könnyen eltávozhat (sugárzás vagy vezetés révén).

A megfelelő berendezéssel és a kívánt módon végrehajtott edzés során a nagyfrekvenciás áram csak a fogcsúcs felületét hevíti fel az edzési hőmérsékletre, ennek következtében elsősorban a forgácsolóélek, vagyis a fogcsúcs-él és az oldalélek kerülnek edzésre. Az edzési mélység általában nem haladja meg a 0,2 mm-t. Az edzett élek felületi keménysége eléri a 60—61 HRc értéket, amely jelentős növekedést jelent a fűrészlap eredeti anyagának keménységéhez (40—48 HRc) képest. A fűrészfogak kopásállósága tehát nagymértékben megjavul.

A felületi edzést követően a fűrészfog belsejének anyaga lágyabb, rugalmasabb marad, amelynek következtében a fűrészfog továbbra is megtartja a forgácsoláshoz megkívánt rugalmasságát. Ez azt jelenti, hogy a fűrészfog edzése után terpeszthető marad.

Az edzés a fogak érintése nélkül történik, ezért közömbös a fűrészfog alakja és kiképzése. A fogélek formájukat és élességüket megtartják, edzés

közben a fog nem deformálódik, tehát edzés után a már kiélezett fogak utánélezésére nincs szükség. Ez az edzési módszer egyaránt alkalmas terpesztett és duzzasztott fűrészfogak edzésére.

Az indukciós hevítéssel történő edzés esetében megvan a lehetősége a különböző paraméterek (frekvencia, áramerősség, távolság, időtartam stb.) pontos beállításának, megkívánt szabályozásának és ellenőrzésének. Ezzel biztosítható a fogankénti azonos átedzési rétegvastagság és felületi keménység, amely forgácsoláskor a fogélek azonos teherviselését és a fűrészfogak egyenletes munkavégzését eredményezi.

A keretfűrészlapokat a duzzasztás—egalizálás—utánélezés, illetve a terpesztés—élezés munkafolyamatainak elvégzése után kell a nagyfrekvenciás edzésnek alávetni. Az edzési művelet tehát az utolsó élezési folyamat után következik. Igen lényeges, hogy a fogak tiszták, szennyeződésmentesek legyenek.

A nagyfrekvenciás edzés végrehajtására manapság már pontosan szabályozható és a feltételeknek megfelelően beállítható, automatikus működésű berendezéseket (gépeket) készítenek. Ezeknél a megedzendő fűrészfog csúcsait hurok alakban veszi körül a nagyfrekvenciás vezető.

Az edzés minősége a hurok és a fogcsúcs távolságától, a frekvenciától és nagyfrekvenciás áramimpulzus időtartamától függ, ezért a fűrészlap behelyezése és a gép beállítása igen gondos munkát igényel. Az áramimpulzus időtartama a fogvastagság, a távolság és a frekvencia függvényében 0,1 és 0,5 másodperc közötti értékeket vehet fel.

Fűrészfogak stellitizálása

A stellitizálás vagy másképpen stellitfelrakás nem más, mint a fűrészfog egy meghatározott részének keményfém ötvözzel az ún. stellittel való bevonása, aminek következtében a fűrészfog forgácsoló élének keménysége, ezzel tartóssága megnő.

A stellit egy vasszegény ötvözet, magas kobalt-, króm- és wolfram- (vagy titán-) tartalommal. Az ötvözet önmagában is kemény 60—62 HRC, ezért azt edzeni nem kell. Általában 2,4; 3,2; 4,0 mm átmérőjű köszörült pálca alakjában, különböző márkaneveken hozzák forgalomba.

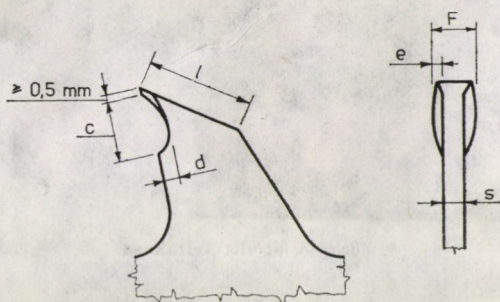
A stellit felhegesztése előtt a fogakat elő kell készíteni. Az általános hegesztési előírásokon túlmenően a fogakat duzzasztással vagy a homlokoldal aláköszörülésével kell a felrakáshoz alkalmassá tenni.

Duzzasztás esetén többszöri — legalább kétszeri — duzzasztást kell végezni, egalizálás nélkül (1. ábra). Egyszerűbb módszer a következő képen látható aláköszörülés, ami vizsgálataink szerint azonos értékű az előzővel, és emellett nem szükséges hozzá duzzasztógép (2. ábra).

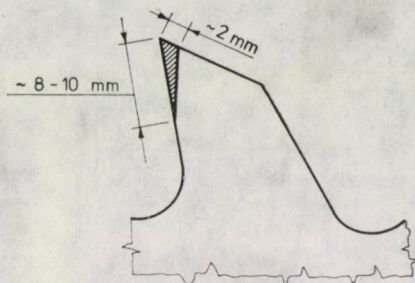
I. táblázat

Duzzasztási méretek stellitfelhordáshoz

Fűrész- lap vastags. S	Hátél hossza l	Fog- üreg rádiusz e	Duzzasztási méretek			
			F	c	d	e
mm						
1,8	8	3,5	4,0—4,2	8—9	1,7—1,9	1,1—1,2
2,0	9	3,5	4,4—4,6			1,2—1,3
2,2	10	4,0	4,8—5,0			1,3—1,4
2,5	12	4,0	5,3—5,6			1,4—1,5



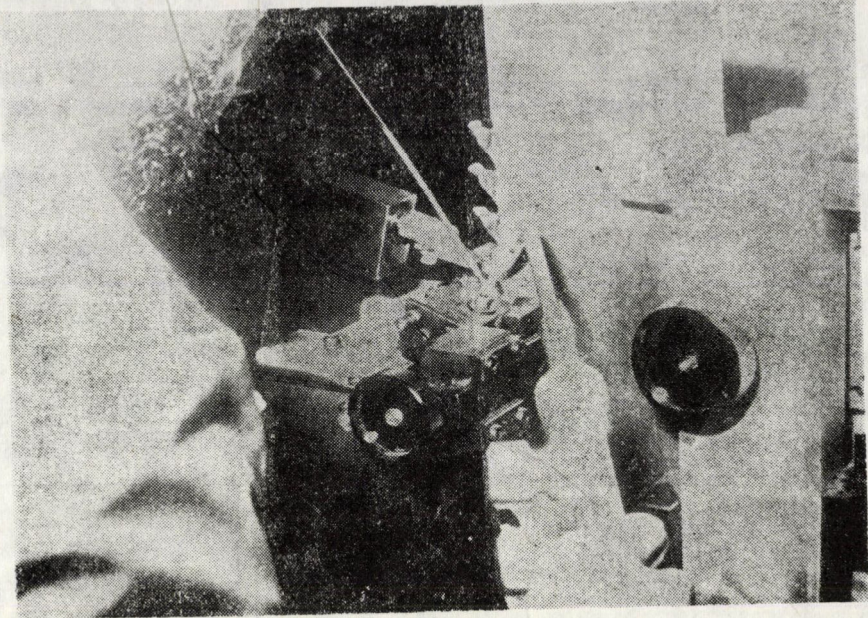
1. ábra. Fogelőkészítés stellitezéshez duzzasztással



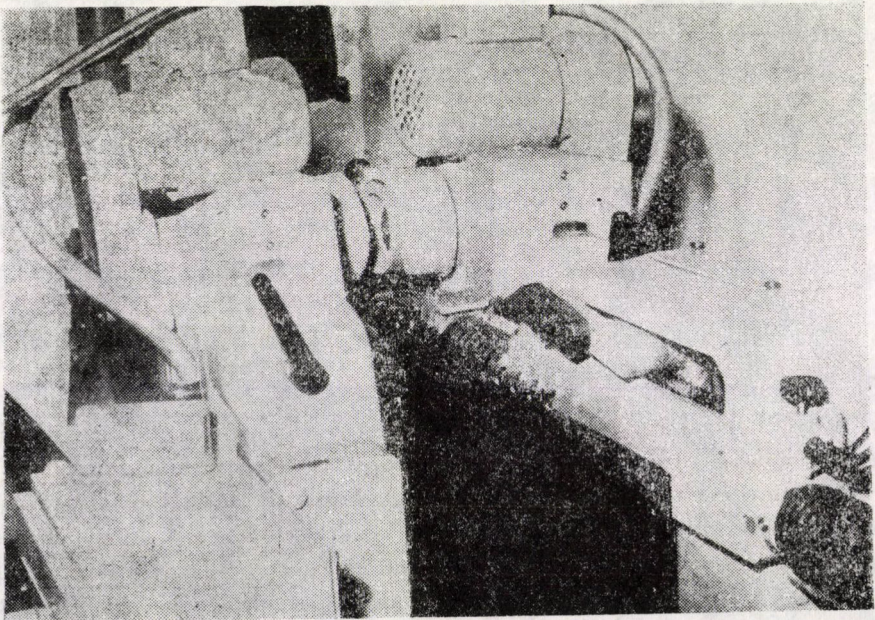
2. ábra. Fogelőkészítés stellitezéshez a homlokoldal alakösörülésével

A stellitfelrakást erre a célra készített állványon kell végezni lánghegesztéssel 0,5—1,0 mm átmérőjű hegesztőpisztoly használatával. A 3. ábrán látható a stellitsepp felhegesztése. Egy-egy lapra történt stellitfelrakás után a fogakat hőkezelní kell, a fogakban keletkezett feszültségek kiegyenlítésére. A művelet ugyancsak hegesztőlánggal kell elvégezni.

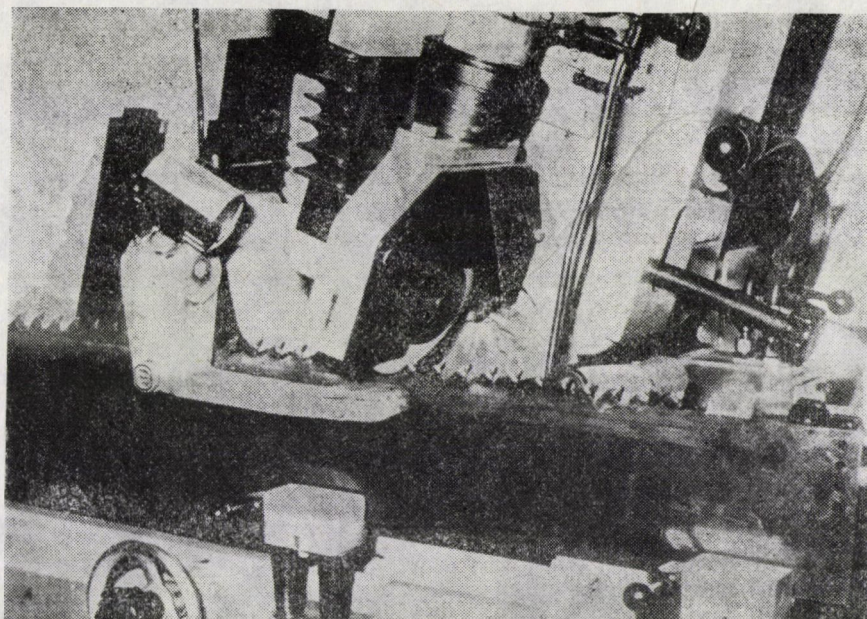
A kihűlt fogak oldalprofiljának kialakítása egalizáló köszörűgépen történik (4. ábra).



3. ábra. A stellit felrakása



4. ábra. Egalizálás



5. ábra. Élező automatán a fogak homlok- és hátoldalának köszörülése

Végül egy automata köszörűgépen kapja meg a fog a végleges alakját és méreteit a homlok- és hátoldal köszörülésével. A kísérleteknél alkalmazot élezőgép látható az 5. ábrán.

Mint az az elmondottakból is érzékelhető, a jelenleg alkalmazott terpesztett fogkiképzéshez képest hosszabb előkészítési munkáról van szó mindkét eljárásnál, azonban a keményített fogak forgácsolási tulajdonságainak lényeges javulása a gyakorlati alkalmazás elterjesztése mellett szól.

A vizsgálati módszer rövid ismertetése

Az üzemi kísérletek során a már ismertetett fafajokkal és fűrészlapokkal végeztük kísérleteinket.

Az *elektromos energiaszükségletet* a keretfűrész meghajtómotorjainak áramkörére kötött METRA-WATT (NSZK) teljesítménymérő és regisztráló műszerrel mértük.

Az átlagos elektromos teljesítményszükségletet (N_s) a felhasznált elektromos munka és az órában kifejezett fűrészelési időtartam hányadosa adja.

A *fajlagos fűrészelési munka* (N_f) nem más, mint az 1 m² fűrészelési felületre eső elektromos munka (kWó/m²; MJ/m²).

A forgácsolási erőt az alábbi összefüggéssel határoztuk meg:

$$P_s = \frac{204 \cdot N_s \cdot 9,81}{v_k} (N)$$

ahol: N_s = elektromos teljesítményszükséglet (kW),

v_k = közepes szerszámsebesség (m/s),

keretfűrészek esetében:

$$v_k = \frac{H \cdot n}{30} (m/s)$$

A fajlagos forgácsolási erőt (K) a következő képlettel határoztuk meg:

$$K = \frac{P_s \cdot t}{b \cdot e'_{\text{átl.}} \cdot \sum h'} (N/mm^2)$$

ahol: P_s = forgácsolási erő (N),

t = fogosztás (mm),

b = résbőség (mm),

h' = átlagos teljes fűrészelési magasság (mm).

A különböző jellemzők közül legfontosabb az *éltompulás* mértéke, ezért annak meghatározását különös gondossággal készítettük elő. Az Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények 1981. évi 1. számában ismertetett vizsgálati módszert alkalmaztuk, amikor is a lehetséges eljárások közül a β ékszög felezőjében az élhossz rövidülését mértük Carl Zeiss Jena gyártmányú mérőmikroszkóppal 10^{-4} mm pontossággal.

Az élrövidülés effektív értékét a 6. ábrán látható mikrogeometriai jellemzőkkel határoztuk meg, a következő összefüggések alapján:

A fűrészfog éltompulása:

$$c = \frac{\varrho(1 - \sin \beta/2)}{\sin \beta/2}$$

innen

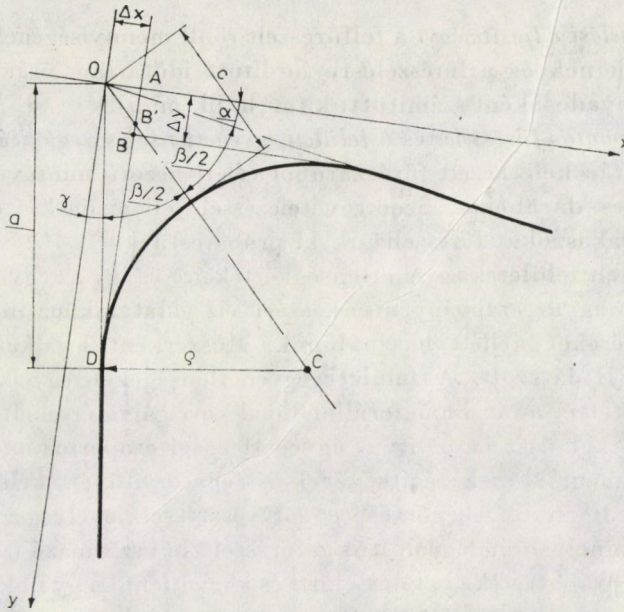
$$\varrho = \frac{c \cdot \sin \beta/2}{1 - \sin \beta/2}$$

ahol: c = az élrövidülés effektív értéke (μm),

β = ékszög,

ϱ = a körívnek felfogott lekerekítési sugár (μm).

A tényleges élkopás több körülmény együttes hatásaként alakul ki és legtöbbször szabálytalan alakú. A mikroméretekre való tekintettel szabályos körívnek vettük a tompult fogél oldalnézetét, és ezen felül feltételeztük, hogy a 6. ábrán feltüntetett B és B' pont fedí egymást. A vizsgálat során célunk



6. ábra. A forgácsoló él mikrogeometriája

elsősorban nagy sorozatú összehasonlító adatok meghatározása volt, amihez úgy éreztük, hogy a kis eltérésre való tekintettel ezt az egyszerűsítést elvégezhetjük.

Ezen feltételek elfogadása után (a levezetés mellőzésével) felírható az alábbi összefüggés:

$$c = \Delta y \cdot \frac{1 - \sin \beta/2}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta/2) \cdot \sin \gamma \cdot \cos \beta/2} (\mu\text{m})$$

A mért szögek és a Δy ismeretében határoztuk meg foganként az effektív élrövidülés (c) értékeket. Végül a kapott eredményeket a felfűrészelt felületre vonatkoztattuk.

Az átlagos előtolási sebességet ($e_{\text{átl.}}$) az összes felfűrészelt rönkhossznak 1 perc fűrészelési időtartamra vonatkoztatott értékében határoztuk meg.

Az értékeket az egy fordulatra eső előtolás mérésével és a METRA-WATT műszer grafikonjának kiértékelésével állapítottuk meg.

Az egy fogra eső tényleges előtolás értékének kiszámításához a következő összefüggést alkalmaztuk:

$$e_{\text{átl.}} = e_{\text{átl.}} \cdot \frac{1000 \cdot t}{n \cdot H(1 - \varphi)} (\text{mm})$$

- ahol: t = fogosztás (mm),
- n = fordulatszám,
- H = járáthossz (mm)
- φ = járatvesztés (0,1).

A *fűrészelési teljesítményt* a felfűrészelt rönk mennyiségének, illetve a felfűrészelt felületnek és a fűrészelésre fordított időtartam órákban kifejezett értékének hányadosaként számítottuk (m^3/h , ill. m^2/h).

A *méret pontos fűrészelés és a felületi egyenetlenség* vizsgálatához a kísérleti termelések során keletkezett fűrészáruból véletlenszerű mintavétellel emeltük ki a szükséges darabokat. Szemrevételezéssel jellemzőnek ítélt felületeket tartalmazó szakaszokat fűrészeltünk ki próbatestnek.

A fűrészelt felületek egyenetlenségi értékeire és így az egyenetlenségének vizsgálatára magyar szabvány nincs, ezért vizsgálatainkhoz más célra alkalmazott műszereket kellett használnunk. Műszerként legalkalmasabbnak a TASTOGRAPH látszott. A felületi egyenetlenségeket egy kiíró szerkezet szalagra rögzítette, amit a műszerállandóval korrigálva értékeltünk. A kapott effektív értékeket összehasonlítva, egyenetlenségi csoportokat és osztályokat határoztunk meg, s ezek segítségével összehasonlító értékelést végeztünk. A kapott eredmények ellenőrzésére súlyvesztéssel is elvégeztük az összehasonlítást. Ennek során legyalultuk a fűrészelésből származó felületi egyenetlenségeket. A próbatestek gyalulás előtti és közvetlenül a gyalulás utáni súlyát analitikai gyorsmérlegen mértük 10^{-2} g pontossággal. A próbatestek vizsgált felületének méreteit 10^{-2} mm pontossággal rögzítettük. A kapott gyalulási veszteséget g/m^2 dimenzióval felületegységre vonatkoztattuk.

A vizsgálatok eredményei

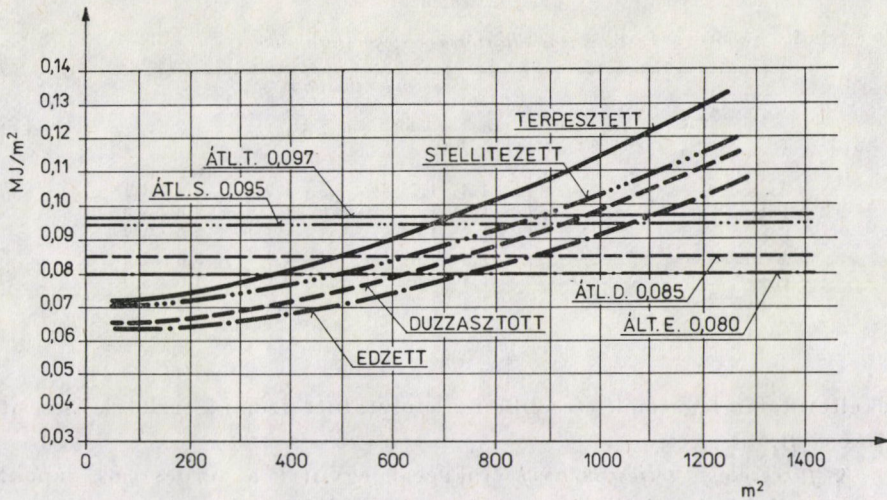
A vizsgálatok eredményeiből levonható következtetéseket az alábbiakban foglalhatjuk össze:

Fajlagos fűrészelési munka

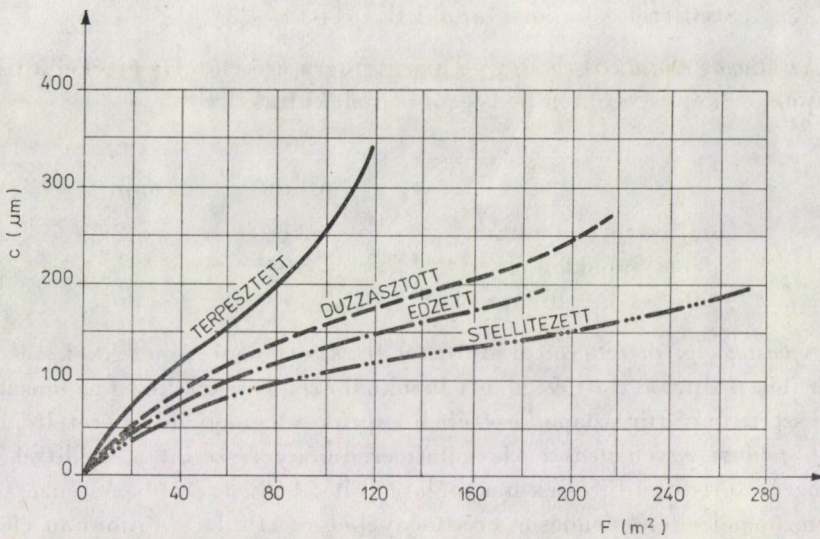
A felületegységre vonatkoztatott fűrészelési munka a 7. ábra szerint alakult. A fafajok együttes eredményeit az akác-rönknek stellittel felrakott fűrészlapokkal történt felfűrészélése során kapott értékek lerontják. Ennek az a magyarázata, hogy nem állt rendelkezésre a szükséges mennyiségben azonos méretű és minőségű akác-rönk. Ezért úgy határoztunk, hogy a legkedvezőtlenebb tulajdonságú (nagy átmérőjű, már kéreg nélküli, száraz, repedezett, gyenge minőségű) rönköt a stellittel felrakott fogú keretfűrészlapokkal fűrészeljük fel. Így a fajlagos fűrészelési munka és a fajlagos forgácsolási erő az edzett fogú fűrészlapokkal alakult a legkedvezőbbben.

Élkapás, éltartósság

A terpesztett lapokhoz viszonyítva a duzzasztott lapoknál 18—37%-kal, az edzett lapoknál mintegy 60%-kal kisebb élkapás volt tapasztalható, de a legkisebb élkapási értékeket a stellittel felrakott fogak esetében kaptuk.



7. ábra. Fajlagos fűréselési munkaszükséglet változása a felfűrészelt felület függvényében



8. ábra. Az élrövidülés változása a felfűrészelt felület függvényében

Összefoglaló értékelést mutatunk be a 8. ábrán. A grafikon jól szemlélteti a viszonylagos éltartósságot a felfűrészelt felület függvényében.

A két nagy kísérletsorozat eredményeit összesítve, a terpesztett fogak kopásértékeit egységnek véve értéksorrendet állítottunk össze a viszonylagos éltartósságra, amit a 2. táblázatban mutatunk be. A bemutatott táblázat

2. táblázat

Viszonylagos éltartósság értékei fafajonként

Fafaj	Viszonylagos éltartósság			
	Terpesztett fog	Duzzasztott fog	Edzett fog	Stellitezett fog
Akác	1	1,3—1,7	1,5—1,9	3,1—4,1
Tölgy		1,5—1,6	1,6—1,8	2,8—4,3
Cser		1,5—1,6	1,3—1,7	3,0—4,2
Nyár		1,3—1,8	1,4—1,9	3,8—4,5
Éger		1,4—1,7	1,5—2,1	4,0—5,0
Fenyő		1,4—1,8	1,6—2,0	4,2—5,5

érzékelteni talán legszemléletesebben a lefolytatott üzemi kísérletek összesített eredményeit.

A *fűrészelési teljesítmények* (akáccal együtt) a terpesztett lapokhoz viszonyítva jobbak mindhárom élkeményítési eljárásnál.

Duzzasztott lapokkal	+28—29%
Edzett lapokkal	+28—31%
Stellittel felrakott lapokkal	+14—23%

Az *átlagos előtolási sebesség* és az egy fogra eső előtolás értékei a terpesztett lapokhoz képest szintén kedvezőbben alakultak.

	e m/min	e' mm
Duzzasztott lapokkal	+34%	+42%
Edzett lapokkal	+50%	+71%
Stellittel kezelt lapokkal	+14%	+30%

A *vastagsági mérettartás* a stellittel felrakott fogú fűrészekkel volt a legkedvezőbb. A duzzasztott és edzett lapoknál ezen értékek közel azonosak, míg a terpesztett fogú fűrészlapok esetében kaptuk a legnagyobb méreteltéréseket.

A *felületi egyenetlenség* vizsgálati eredményei szerint a stellittel kezelt és a duzzasztott fogú fűrészek használata volt a legkedvezőbb. Az edzett lapok e jellemzőjénél ellentmondásos eredményeket mértünk. Az újonnan előkészített lapokkal — ezeknek nagyobb a duzzasztási értéke — durvább fűrészelési felületet kaptunk, mint a második élezés után. Ennek okát nem vizsgáltuk.

A vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a keretfűrészlapok élkeményítési eljárásainak, a duzzasztásnak, a nagyfrekvenciás edzésnek és a stellitfelrakásnak gyakorlati alkalmazása nemcsak fenyő, hanem kemény- és lágy lombos fajok fűrészüzemi feldolgozása esetén is előnyös.

A három szerszámelőkészítési eljárás bevezetésének technikai akadályai nincsenek, mert a fejlett ipari országokban már jó néhány év óta gyártanak pre-

cíziós fűrészlap-duzzasztó és egalizáló automatákat, illetve nagyfrekvenciás edzőberendezéseket. Ezeket már a hazai gyakorlatban is alkalmazzák, főképpen szalagfűrészlapok előkészítéséhez és karbantartásához.

A duzzasztott, az edzett és a stellittel kezelt fogú fűrészlapok szélesebb körű alkalmazásának igen fontos feltétele az, hogy a lapok előkészítéséhez és karbantartásához megfelelően képzett és gyakorlott szakmunkaerő álljon rendelkezésre, mert a duzzasztás, a duzzasztott lapok edzése és kezelése, a stellitezés művelete speciális szakértelmet és kellő gondosságot igényel. Ennek a feltételnek a biztosítására adottak a feltételei többhetes, gyakorlattal egybekötött speciális szaktanfolyamok szervezésének, amelyekben a kijelölt személyek megfelelően elsajátíthatják a szükséges elméleti és gyakorlati ismereteket. Az említett módszerek gyakorlati bevezetésében személyeinken keresztül a FAKI és az EFE készséggel közreműködik.

IRODALOM

- EFE Faipari Géptani Tanszék (1977): Szerszám élkopásvizsgálatok. Tanulmány. Szerkesztő: Déry József
- A. E. Grube (1963): Faforgácsoló szerszámok
- Hargitai László (1978): Keretfűrészlapok éltartósságának növelése stellitfelhordással. Faipar XXVIII. évf. 10. sz.
- Hargitai László—Dr. Koloszárné Peszlen Ilona (1981): Duzzasztott és nagyfrekvenciás edzéssel keményített fogú keretfűrészlapok éltartósságának vizsgálata. Erdészeti és Faipari Közlemények 1981. évi 1. sz.
- Dr. Lugosi Armand (1967): Faforgácsolás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Dr. Lugosi Armand (1973): Faforgácsoló szerszámokat karbantartó gépek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Otto Stier (Wollmer Werke) előadása Magyarországon. Tanulmányút tapasztalatai a Leningrádi Kirov Erdészeti Műszaki Akadémián