

# Többfejes gyalugépek rezgéseinek vizsgálata

Dr. Csanády Etele, Németh Szabolcs ✧

## Vibrations of multi-head planers

Earlier studies have established basic relationships concerning the vibrations of moulders. Two 5-head moulders were studied based on these relationships. The study included the vibrations of the machines and the oscillations of the material. Results showed little variation when compared between the two machines. Standard evaluations were also attempted, but no straightforward method was found. The first part of the article contains the theoretical background and the description and results of a study conducted on a Griggio 5-head planer.

### *Munkadarab lengései, elméleti alapok*

A faanyagok megmunkálása alapjaiban különbözik a fémek megmunkálásától. Míg a fémeket befogott, mozdulatlan állapotban forgácsolják, addig a fát a gépeken való áthaladáskor, mozgás közben. A faanyagot előtoló hengerekkel szorítják az asztalhoz s azzal lengő rendszert alkot. A lengő rendszert szabad tömegek és forgácsoló erők gerjesztik. Ezen komplex rendszer számítása nem egyszerű. Megoldást elsősorban kísérleti módszerek alkalmazása és egyszerűsített számítások jelentenek.

A munkadarab lengéstani viselkedése több tényezőtől függ:

- a munkadarab méretei (hosszúság, lengés irányába eső vastagság);
- a gerjesztőerők;
- a megmunkáló helyhez viszonyított pillanatnyi peremfeltételek.

Peremfeltételek alatt az előtoló hengerek elrendezését, rugó-karakterisztikájukat és előfeszítésüket értjük.

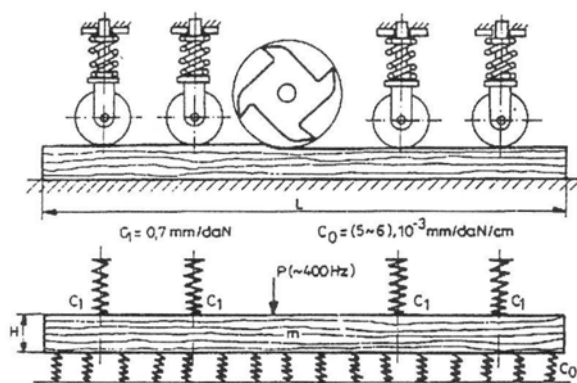
Korábban már végeztek vizsgálatokat többfejes gyalugépeken (Sitkei 1990). Akkor kétféle faanyagmegvezetési módot vizsgáltak. Az egyik esetben leszorító görgőkkel vezették meg a faanyagot, a másikonál pótlólagosan rugalmas elemeket alkalmaztak a megvezetésben. Így mindkét esetben mérték a gépasztal különböző helyein a vertikális és horizontális rezgésamplitúdókat. A mérésekhez piezoelektromos gyorsulásérzékelőt használtak. A vizsgálatok folyamatos forgácsolás közben történtek, de mérték üresjárásban is.

A munkadarab lengéseit is regisztrálták. Ehhez az egyes darabokba lyukat fűrtak és ebbe rögzítették az érzékelőt, majd azzal együtt engedték át a gépen.

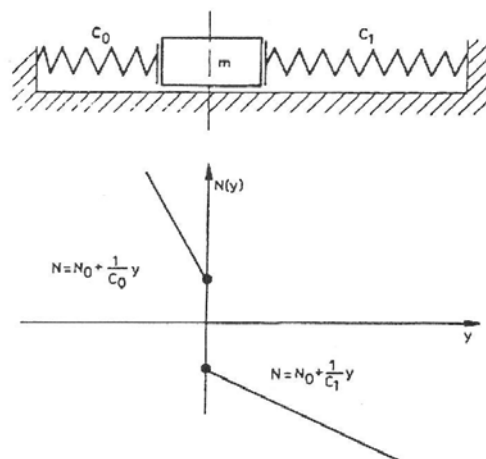
A többfejes gyalugép elvi elrendezése és a rendszer mechanikai helyettesítő vázlata az **1. ábrán** látható. A megmunkált anyagot rugós nyomógörgők szorítják a gépasztalhoz. Lengő tömegként a rendszerben a megmunkált anyag viselkedik, s a tömeg két oldalán eltérő rugóállandóval a görgők rugói és a gépasztal. A különbség legalább két nagyságrendű. A gépasztal szinte merevnek képzelhető el a fához képest, ezért a rugóállandót a faanyag rugalmassága határozza meg. Ez a rugóállandó elsősorban a munkadarab vastagságának és rugalmassági modulusának viszonyától ( $H/E$ ) függ. A nyomóerőt a görgők felől azok előfeszítése és rugó-karakterisztikájuk szolgáltatja. A gerjesztőerő frekvenciája a szerszám fordulatszámától és a kések számától függ. A lengőtömeg helyettesítő rendszerét és az erők változását a kitérés függvényében a **2. ábra** szemlélteti. Az ábrán látszik, hogy az erők a gépasztal felőli oldalon igen meredeken nőnek, míg a görgők oldalán lényegesen mérsékeltebben. Ebből következtethetünk a lengéskitérés aszimmetrikus voltára. A munkadarab lengésformáit a **3. ábra** szemlélteti.

A tömeg végezhet keresztirányú, forgó (torziós) és hajlító lengéseket. Az első két lengési forma elsősorban a rövid és vastag munkadarabokra jellemző, a hajlító lengés pedig a hosszú és vékony munkadarabokra. Forgólengés a munkadarab aszimmetrikus leszorításakor is felléphet, pl. a gépbe történő be- és

✧ Dr. Csanády Etele CSc., egy. docens, NyME Gépészeti Intézet, Németh Szabolcs okl. faipari mérnök.



1. ábra – Többfejes gyalugép elvi elrendezése (Sitkei 1994)



2. ábra – A lengő tömeg helyettesítő rendszere (Sitkei 1994)

kimenetelkor. A hajlító lengés csomópontjai eshetnek a leszorító görgők alá, ha rugóállandójuk elegendően nagy. A leszorítás merevségét egy dimenzió nélküli számmal jellemezhetjük (Sitkei 1990):

$$K = \frac{c_1 \cdot E \cdot I}{l^3}, \quad [1]$$

ahol

- $l$  - a leszorító görgők távolsága (m);
- $E$  - rugalmassági modulus ( $\text{N/m}^2$ );
- $c_1$  - leszorító görgők rugóállandója (m/N);
- $I$  - tehetetlenségi nyomaték ( $\text{mm}^4$ ).

A többfejes gyalugépeknél  $K$ -ra kapott értékek 4 és 5 között változtak, s ez alapján megállapították, hogy a lengés frekvenciája nem a leszorító görgők távolságától függ hanem a munkadarab hosszától, vagyis a görgők nem jelentenek merev megfogást.

A gerjesztő erőt elsősorban a forgácsoló erő radiális komponense adja. A radiális komponens függ:

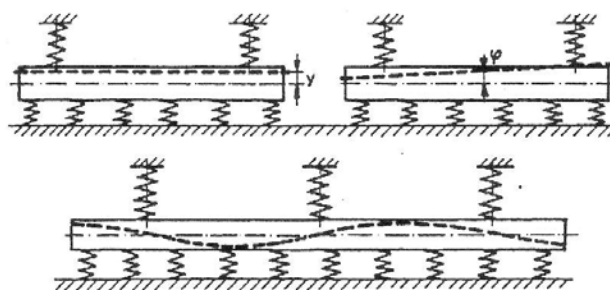
- a kés élességétől;
- a forgácsvastagságtól;
- a fa mechanikai tulajdonságaitól.

Az egy körülfordulásra eső gerjesztő erők száma a kések számával egyezik meg. A gerjesztő erők körfrekvenciája:

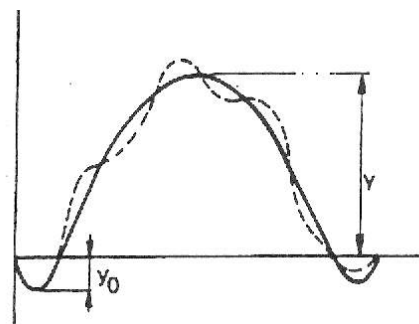
$$Z = \frac{z \cdot n}{9,55}, \quad [2]$$

ahol

- $z$  - a kések száma;
- $n$  - a fordulatszám.

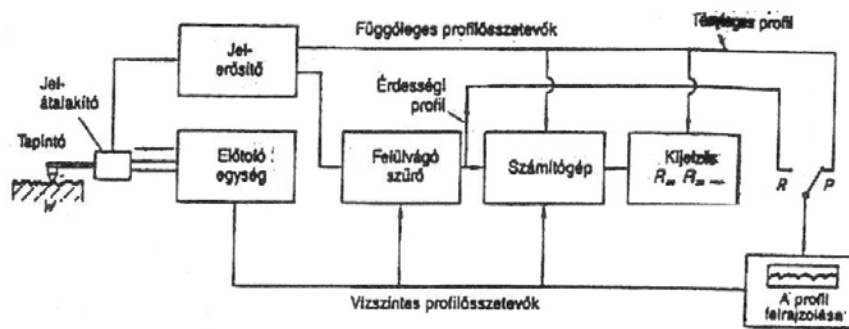


3. ábra – Munkadarab lengésformák (Sitkei 1994)



4. ábra – A lengés képe (Sitkei 1994)

Az aszimmetrikus lengés szabad- és kényszerlengésekből tevődik össze. A lengés-képen látható, hogy a szabadlengésre rászuperponálódik a kényszerlengés, lényegesen nagyobb frekvenciával (4. ábra). Az  $Y$  lengés amplitúdó a támaszgörgők előfeszítésével lényegesen csökkenthető.



5. ábra – Az érdességmérő műszer tömbmodellje

A munkadarab mérései során kapott eredmények és a számított értékek hasonlóak lettek. A lengéskitérések a gépasztal felé igen kicsik, frekvenciájuk viszont nagy. A támaszgörgők felé ezzel ellentétesek a lengéskitérések. Amikor a gyalufej a munkadarab elejét ill. végét forgácsolja, annak ellenkező vége a leszorító görgőkön kívül esik, ezért a lengéskitérések a gyalufejnél is növekednek. A kitérések nagysága attól is függ, hogy a gerjesztő erők milyen irányba hatnak. Ha a támaszgörgők irányába hatnak az erők (pl. egyengetőgyalu) akkor a kitérések nagyobbak lesznek.

Folyamatos gépüzemnél a munkaidő folyamán a kés tompul, nő a radiális erőkomponens, s így a gerjesztő erő is, amely a kitérések növekedését eredményezi.

A lengéskitérés a felületi minőséggel is szoros kapcsolatban van. A felületi érdesség a kitérések növekedésével együtt nő. A tompa kés azonos lengéskitérés mellett kissé rosszabb felületi minőséget eredményez.

### **Többfejes gyalugépek vizsgálatához alkalmazott mérőeszközök.**

Méréseinkhez elsődlegesen egy hangszintmérő műszert használtunk. A BRUEL-KJAER 2209 típusú műszert és kiegészítő berendezéseit vettük igénybe. A bemenet a műszerhez egy integrátoron keresztül történt. Az integrátorral közvetlenül elvégezhető a kalibrálás rezgésmérésre, s ezen keresztül tudtunk gyorsulást, sebességet vagy elmozdulást mérni.

A berendezés frekvenciatartománya normál esetben messze kiterjed a gyorsulásmérő rezonancia frekvenciája fölé. Felhasználáskor

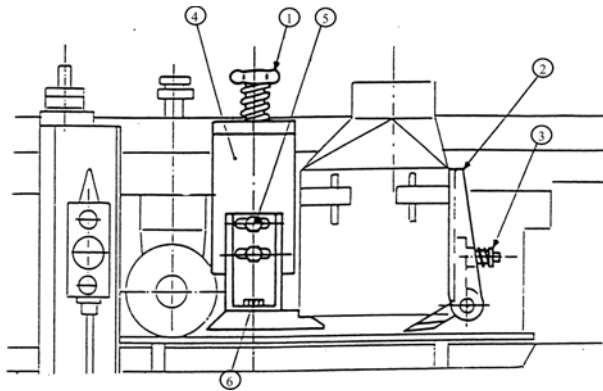
ügyelni kell arra, hogy olyan jeleket mérjünk, amelyek frekvencia-összetevői a műszer frekvencia tartományának lineáris részére esnek. Más esetben szükség lehet kiegészítő, alul átteresztő szűrő használatára. Kiegészítő egységként szintíró is használtunk. Ezzel az egységgel a rezgés folyamatos változását regisztráltuk miközben a faanyag a gépen keresztül haladt.

A gyalult felületek érdességmérésére a MITUTOYO cég által gyártott CONTRACER CP-21 típusú érdességmérő műszert használtuk. A rezgésmérésre használt faanyagok felületeit vizsgáltuk a készüléken. A műszer működésének lényege, hogy egy tű egy szakaszon (50 mm) letapogatja a felületet és egy kiíró szerkezet segítségével nagyított formában papírszalagra rajzolja. Ahhoz, hogy a szalagokon kapott képeket elemezni tudjunk, a gépet kalibrálni kellett. A kalibrálásához hitelesített fémhábokat használtunk. Az 5. ábrán a műszer tömbmodellje látható.

### **A Griggio 180/5 típusú ötféjes gyalugép ismertetése**

A gép öt fejjel rendelkezik, és teljes keresztmetszeti megmunkálásra képes. Az ötödik fej univerzális, szögben dönthető, ezzel különböző profilok létrehozása lehetséges. A gép alapja az öntöttvas géptest (2890 kg), amelyen a tengelyek vannak csapágyazva. A tengelyek a hajtást lapos szíjon keresztül kapják közvetlenül a motoroktól. Minden fejnek külön motorja van.

Az előtolást tartó gerenda is a gépvázhoz kapcsolódik. A gerenda függőleges mozgatása azonban biztosított, mert különböző vastagságú anyagok kerülnek megmunkálásra. A gerendát



**6. ábra** – A felső megmunkáló fej környezetének elemei: 1. csavarorsó a leszorító papucs függőleges állításához; 2. a felső fej előtti leszorító elem tartója; 3. a leszorító elem állítócsavarja; 4. a leszorító papucs tartó konzolja prizmatikus vezetékkel. 5. a leszorító papucsot előtolás irányban rögzítő csavarok. 6. a leszorító papucsot előtolás irányra merőlegesen rögzítő csavarok.

két prizmatikus vezetéken keresztül tudják emelni és süllyeszteni. Az emelést egy motor végzi menetes mechanizmuson keresztül.

A gerendához kapcsolódik az etetőoldali végén az előtolást meghajtó motor. A motor egy közlőmű tengelyt hajt, amely három darabból van kialakítva. Az egyes előtoló hengerek lehajtása hajtóműházon keresztül történik. A házak előtt és után körmös tengelykapcsolók vannak. Így a közlőműtengely tulajdonképpen az egyes házak közötti részekben külön egység.

A hajtóműházakból két kardán csuklón keresztül kapják a hajtást az előtoló hengerek. A hengereket hordó tengelyek szintén a gerendán vannak csapágyazva. Előfeszítésükről pneumatikus hengerek gondoskodnak. A pneumatika egy központi rendszerrel biztosított. A felső fejig speciálisan bordázott előtoló hengereket

alkalmaznak. A vastagolás után a felületi minőség miatt gumi palástú hengerekkel vezetik az anyagot.

Az első fej előtt rugalmas lemez nyomja a faanyagot az asztal jobb oldali bázis felületéhez. Az egyengető fej után két függőleges tengelyű görgő van felszerelve, melyek rugóterhelésűek.

A vastagoló fej előtt rugó terhelésű leszorító elem van beépítve. A fej után leszorító talp, mely állítható vízszintes irányban előre és hátra. Függőlegesen is szabályozható és előfeszítése is állítható. A felső fej környezetét a **6. ábra** szemlélteti.

### **Mérések a Griggio 180/5 típusú gyalugépen**

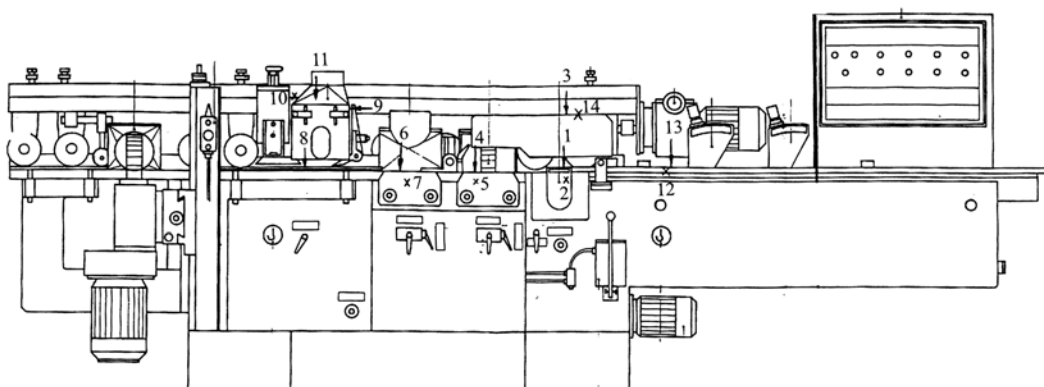
A mérés során először a gép rezgéseit vizsgáltuk. Folyamatos megmunkálás közben mértük a rezgést különböző helyeken a gépen. A rezgésérzékelőhöz ezért egy mágneses kiegészítő egységet kapcsoltunk, melynek segítségével az érzékelő a fém felületekre volt rögzíthető.

A mérés során az ötödik univerzális fej nem működött. A gép paraméterei a megmunkálás közben:

- előtolás: 13 m/perc
- fordulatszám: 6000 ford./min
- leszorítás: 5 bar

A megmunkált anyag nyers keresztmetszete 62x24 mm. Megmunkálás utáni, kész méret 55x21 mm. Fogásvételek az egyes fejeknél:

- egyengető fej : 1 mm
- jobb oldali fej: 2 mm
- bal oldali fej : 5 mm
- vastagoló fej : 2 mm



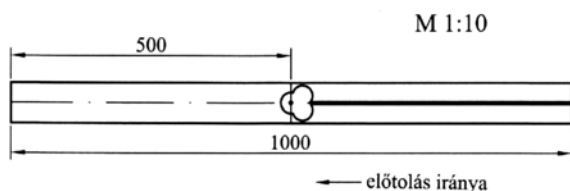
**7. ábra** – Mérési helyek a Griggio 180/5 típusú gyalugépen

**1. táblázat** – A Griggio 180/5 típusú gyalugép rezgései

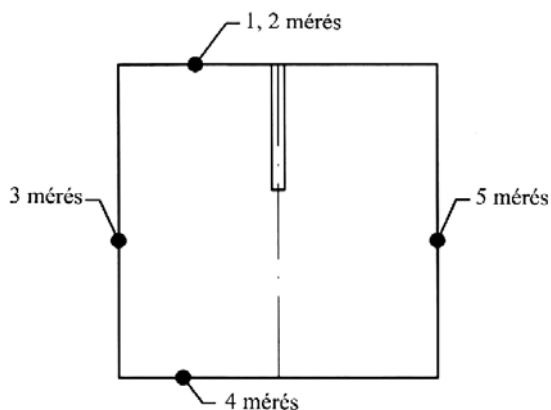
A mérés helye		A mérés iránya	Amplitudó (µm)
1.	Egyengető fejnél	Függőleges	2
2.	Egyengető fejnél	Vízzsz., elötólásra ⊥	1
3.	Egyengető fej feletti elötóló görgő tartó a gerendán	Függőleges	2,5
4.	Jobb oldali fejnél	Függőleges	2
5.	Jobb oldali fejnél	Vízzsz., elötólásra ⊥	2,5
6.	Bal oldali fejnél	Függőleges	2,5
7.	Bal oldali fejnél	Vízzsz., elötólásra ⊥	2,5
8.	Vastagoló fejnél	Függőleges	2,5
9.	Vastagoló fej tartószerk.	Vízzsz., elötólással	10,5
10.	Vastagoló fej tartószerk.	Vízzsz., elötólásra ⊥	7,5
11.	Vastagoló fej tartószerk.	Függőleges	7,5
12.	Egyengető asztal	Vízzsz., elötólásra ⊥	2
13.	Egyengető asztal	Függőleges	2
14.	Egyengető fej feletti elötóló görgő tartó a gerendán	Vízzsz., elötólásra ⊥	2

**2. táblázat** – a mért munkadarab-lengések

Mérés helye	Amplitudó (µm)	
	1. mérés	2. mérés
1. Egyengető fejnél	12	30
2. Jobboldali fejnél	24	30
3. Baloldali fejnél	30	60
4. Vastagoló fejnél	35	90



**8. ábra** – A mintadarabok kialakítása



**9. ábra** – Érdességmérési helyek

A vízszintes megmunkáló kések hossza 180 mm, a függőleges késeké 50 mm. A fej méretek ezekhez igazodtak, átmérőjük 125 mm. A mérési helyeket a **7. ábra** mutatja, a mérés eredményeit pedig az **1. táblázat** tartalmazza.

A mérés második részében előkészített faanyagokba rögzítettük a rezgésmérőt és így gyalultuk meg őket. A faanyagok kiindulási keresztmetszeti mérete 70x70 mm, hossza 1000 mm. A középső furatba ezenkívül még egy Ø5 mm-es furatot is készítettünk. Ebbe rögzítettük az érzékelőt, ami így a faanyag felületénél beljebb volt és teljes keresztmetszeti megmunkálást végezhetünk az érzékelő sérülése nélkül. A furatok pontos helye a **8. ábrán** látható. A vezeték megvezetésére, mint az ábrán látható, egy 4 mm széles és 30 mm mély árok is készült. Ez az árok a faanyag végétől a furatokig tart. A mérések állandó paraméterei:

- elötólás 5 m/perc;
- fordulatszám 6000 ford./perc;
- leszorítás 5 bar.

Az érzékelő függőleges helyzetben volt az első, míg vízszintes a második megmunkálás és mérés során. A mért értékek (**2. táblázat**) a megmunkálófej előtti elhaladásra vonatkoznak. A mintadarabok kialakítása **8. ábrán** látható.

A rezgésmérés során a mintadarabokat az érdességmérő műszeren is vizsgáltuk. A faanyagok mind a négy oldalát mértük. A mérés tartománya a munkadarab hosszának felénél volt. A beállított vizsgálati hossz: 50 mm. Az érdességmérési helyeket a **9. ábra** szemlélteti. Ennek eredményeit cikkünk következő részében ismertetjük.

### Irodalom

1. Sitkei Gy. 1994. *A faipari műveletek elmélete*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 373-392.
2. Sitkei Gy. 1990. *Theorie des Spanens von Holz. Fortschrittbericht No. 1*. Acta Fac. Ligniensis Sopron, 58-69.