

Egyenes fogazatú sövényvágó rezgésvizsgálata

Vibration analysis of a hedge trimmer with spur gear

SIKTÁR Bálint¹, DR. HEGEDŰS György², DR. KAKUK József³

¹PhD hallgató, Miskolci Egyetem, Sályi István Gépészeti Tudományok Doktori Iskola, 3515 Miskolc-Egyetemváros, balint.siktar@student.uni-miskolc.hu

²Egyetemi docens, intézetigazgató Miskolci Egyetem, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, 3515 Miskolc-Egyetemváros, gyorgy.hegedus@uni-miskolc.hu

³Egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, 3515 Miskolc-Egyetemváros, jozsef.kakuk@uni-miskolc.hu

Abstract

The hedge cutters are electric handheld power tools available in both cordless and corded form. The drive chain of the machine has a motor (AC, DC, or BLDC), a reduction mechanism (spur gear pair, helical gear pair, planetary gear), an eccentric disk, and a blade connected to the eccentric disk. The purpose of this paper is to examine the effect of the shape of the eccentric disc on the vibration results of the machine, when the speed reduction is executed with a pair of spur gears. Hedge cutters with circular eccentric disks are currently available on the market, but there are hand tools where the shape of the eccentric disc differs from a normal circular contour. The noise and vibration characteristics of the hedge trimmer are influenced by a number of factors other than the eccentric disc, such as the design of the motor, the fan in the motor, the fixation of the motor or the driving axle, etc. In this paper, the focus was placed specifically on the differences between the eccentric disc, an additional difference is the output shaft, but apart from these two differences, the devices tested are almost identical.

Keywords: hedge trimmer, noise and vibration measurement, spur gears, eccentric disk, spectrum analysis,

A sövényvágók elektromos kéziszerszámok, elérhetőek akkumulátoros és vezetékes kivitelben is. A gép hajtásláncában található egy motor (ez lehet AC, DC vagy kefe nélküli DC), egy valamilyen lassító áttétel (egyenes fogazatú fogaskerék pár, ferde fogazatú fogaskerék pár, bolygómu), illetve egy excentertárcsa végül pedig az excentertárcsához csatlakozó penge. Jelen publikáció célja megvizsgálni, hogy egyenes fogazatú fogaskerék-hajtás esetén mennyiben befolyásolja a gép rezgését az excentertárcsa alakja. A piacon jelenleg elérhető olyan sövényvágók is, melyek köralakú excentertárcsával rendelkeznek, de előfordulnak olyan kéziszerszámok is, ahol az excentertárcsa alakja eltér egy normál köralakú kontúrtól. A sövényvágó zaj- és rezgési jellemzőit az excentertárcsán kívül még számos egyéb tényező is befolyásolja, pl.: a motor, a motorban található ventilátor, a motor és a hajtott tengely megfogásának kialakítása stb. A publikáció elkészítése során a hangsúly kifejezetten az excentertárcsa különbségeire került, eltérés még továbbá a kihajtott tengely megfogása is, de e két eltéréstől eltekintve a vizsgált készülékek közel azonosak.

Kulcsszavak: sövényvágó, zaj- és rezgésmérés, egyenes fogazat, excentertárcsa, spektrumanalízis

1. A VIZSGÁLT SÖVENYVÁGÓK, KONSTRUKCIÓK BEMUTATÁSA

A barkács sövényvágó a barkács kéziszerszám akkumulátorával működik, 18 V-os tápfeszültségről. A kéziszerszámban egy egyedi, a köralakú excentertől eltérő profilú excentertárcsa felelős a forgó mozgás alternáló mozgássá történő átalakításáért. A sövényvágóban mind az alsó, mind a felső penge alternáló mozgással végzi el a sövényvágáshoz szükséges mozgást.

A professzionális sövényvágó a professzionális termékcsalád 18V-os tápfeszültségű akkumulátorát használva működik. A kéziszerszámban a leggyakrabban alkalmazott, normál köralakú excentertárcsa található. A sövényvágó mindkét pengéje alternáló mozgást végez.

A vegyes konstrukció az előzőekben vizsgált sövényvágók kombinációjából jött létre. A gép a barkács sövényvágó külső házát, motorját, elektronikáját használja, a mozgásátalakításért felelős excenter, valamint a sövényvágó penge viszont a professzionális kéziszerszámból került átültetésre. A hibrid konstrukció

megalkotásának oka, hogy össze lehessen hasonlítani az eltérő excenter profilokat azonos külső házban történő megfogás mellett.

2. A SPEKTRUMANALÍZISEK A VIZSGÁLT GÉPEKNÉL

A kéziszerszámok rezgéselemzése egy kulcsfontosságú terület, amelynek célja a mechanikai rezgések hatásainak vizsgálata és csökkentése. A túlzott rezgések a fűrők, csiszolók, fűrészek és ütvecsavarozók esetében mechanikai kopást, hatékonyságcsökkenést és egészségügyi kockázatokat, például kéz-kar vibrációs szindrómát okozhatnak [1], [2]. A kéziszerszámok rezgései a motor és hajtásmechanizmusok, a szerszám-munkadarab kölcsönhatás, a kiegyensúlyozatlan forgó alkatrészek és a rendszer jellemzőiből eredhetnek. A rezgések elemzéséhez a különböző eszközök, mint például gyorsulásmérők, Fourier-transzformációs analízis (FFT) [3], időtartománybeli elemzés és a szabványok által előírt módszerek alkalmazhatók [4], [5].

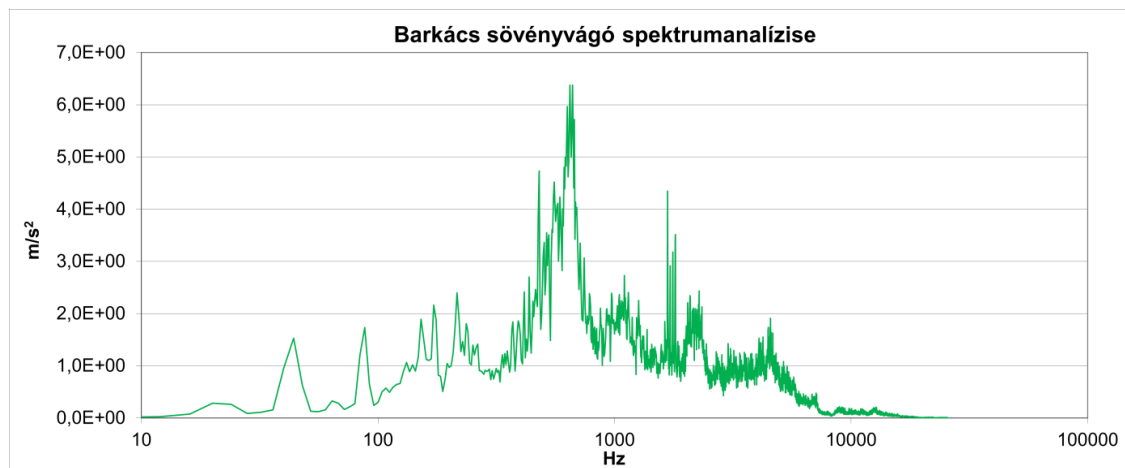
A kéziszerszámok rezgéselemzése elengedhetetlen a teljesítmény optimalizálása, a biztonság biztosítása és a tartósság növelése érdekében. A fejlett mérési technikák és csökkentési stratégiák révén a gyártók és a felhasználók minimalizálhatják a rezgések okozta kockázatokat, miközben javítják a munkakörülményeket. A jövőben az intelligens szenzorok és a mesterséges intelligencia által vezérelt diagnosztika további fejlődést hozhat a rezgésfigyelés és -szabályozás területén.

Közös tulajdonság mind a három konstrukcióban a gépeket jellemző motor fordulatszám, illetve a sebességcsökkentést létrehozó egyenes fogazatú fogaskerékpár, ezek alapján a konstrukciókat jellemző komponensekkel összefüggésben álló frekvenciák mind a három esetben azonosak. A frekvenciákat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat Komponensekre jellemző frekvenciák

Komponens neve	Fordulatszám [min ⁻¹]	Fordulatszám [s ⁻¹]	Élek száma [-]	Jellemző frekvencia [Hz]
Rotor	14175	236,3	1	236,3
Ventilátor	14175	236,3	17	4016,3
A rotor fogaskereke	14175	236,3	8	1890
A hajtott tengely fogaskereke	1400	23,3	81	1890
Penge	1400	23,3	2	46,6
Excentertárcsa	1400	23,3	1	23,3

2.1. A barkács (DIY) sövényvágó spektrumanalízise



1. ábra. A barkács sövényvágó spektrumanalízise

A barkács sövényvágó legmagasabb rezgésének frekvenciája 643 ill. 664 Hz-nél jelentkezik, azonos csúccsal. Az 1. táblázat alapján ez a frekvencia a penge frekvenciájának felharmonikusa lehet.

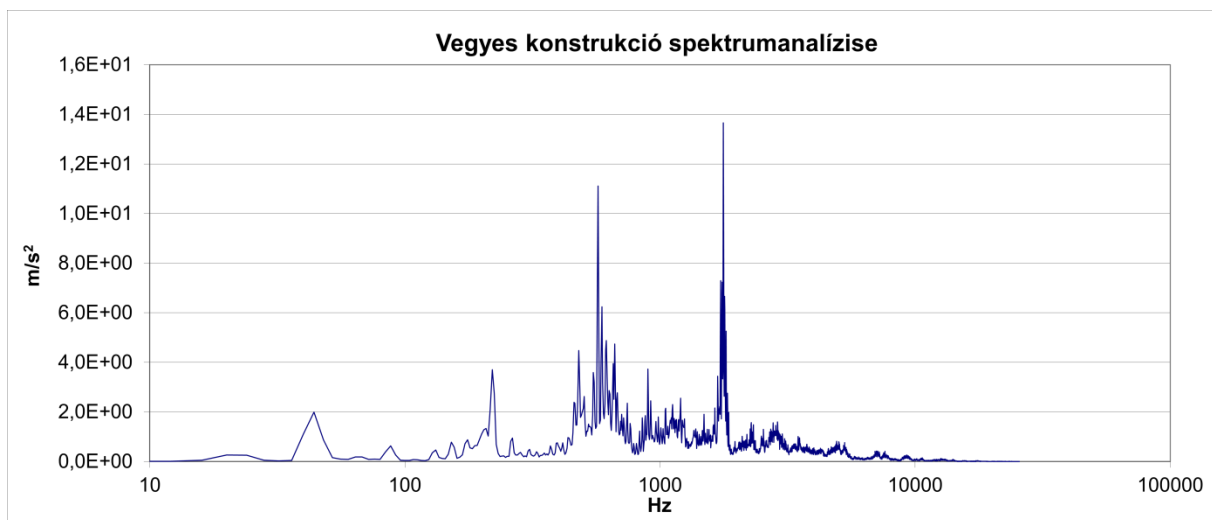
2.2. A professzionális sövényvágó spektrumanalízise



2. ábra. A professzionális sövényvágó spektrumanalízise

A professzionális sövényvágó legmagasabb rezgésének frekvenciája 668 Hz-nél van, ami a mérés bizonytalansága alapján megegyezik a barkács sövényvágónál már ismertett csúccsal.

2.3. A vegyes (hibrid) konstrukció spektrumanalízise

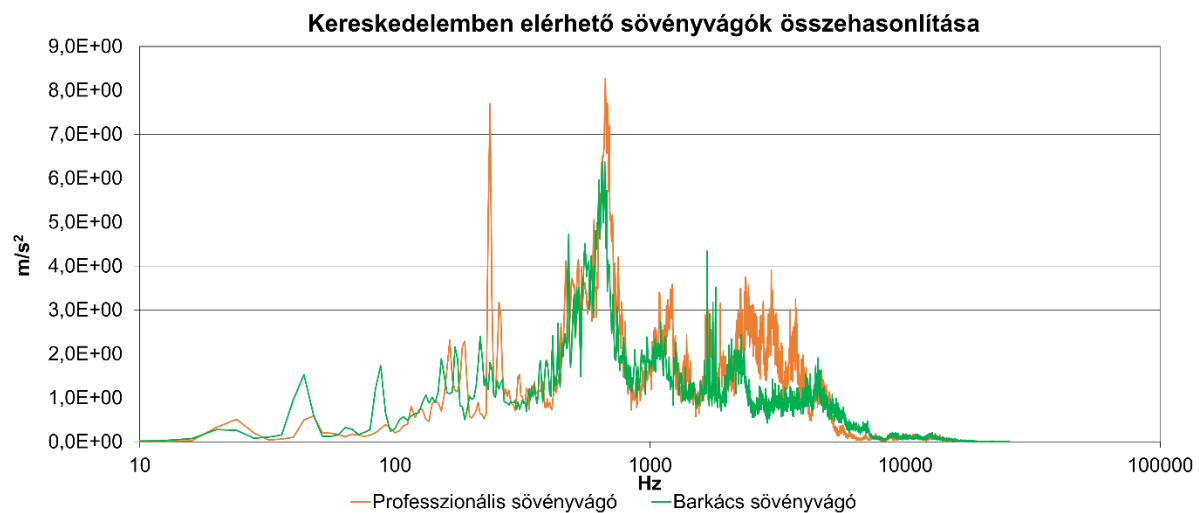


3. ábra. A hibrid konstrukció spektrumanalízise (tengelyekről hiányzik a megnevezés)

A hibrid konstrukció legmagasabb rezgésének frekvenciája 1772 Hz-nél található. Ez a frekvencia lehet mind a penge, mind az excentertárcsa jellemző frekvenciájának egy felharmonikusa, továbbá a mérési bizonytalansága miatt lehet a hajtott tengelyre jellemző frekvencia is, a méréshez ugyanis egy olyan köztes megoldás alkalmazására volt szükség, ahol a hajtott tengely megfogása valamelyest eltér a barkács sövényvágó hajtott tengelyének megfogásához képest.

2.4. Spektrumanalízisek összehasonlítása

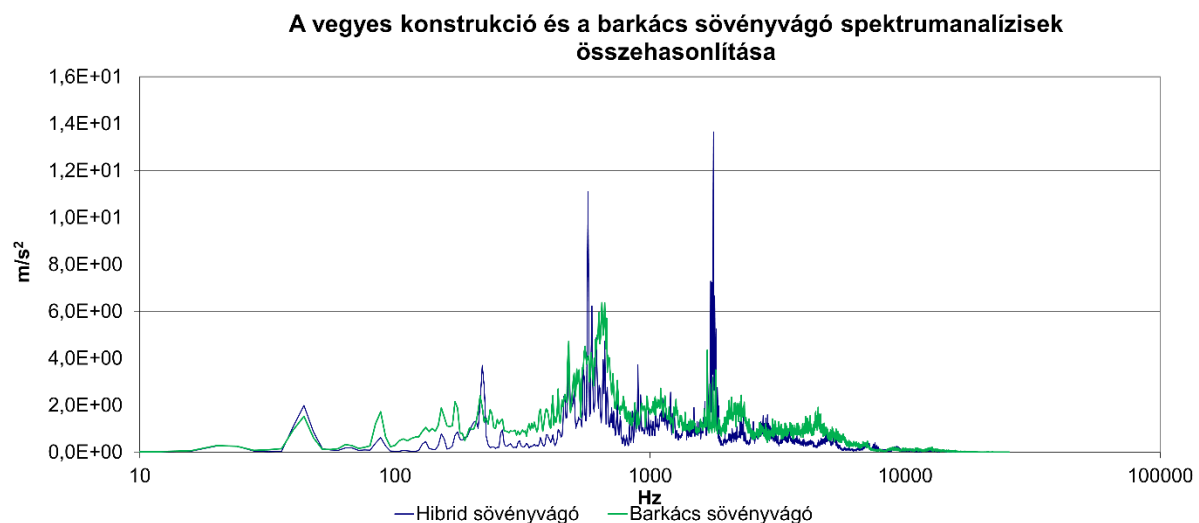
Az első összehasonlítás a kereskedelemben kapható sövényvágók összehasonlítása, ez látható a 4. ábrán.



4. ábra. A kereskedelemben kapható sövényvágók összehasonlítása

A 4. ábrán jól látható, hogy a professzionális sövényvágó 236 és 668 Hz-es frekvenciáknál magasabb rezgési értéket mutat. A 668 Hz a már korábban ismertetett penge frekvenciája található, a 236 Hz-es frekvencia pedig a motor frekvenciája. A motor a két sövényvágóban meglehetősen hasonló, ezenfelül a két sövényvágó pengéi is hasonlítanak egymásra, így ez a két csúcs arra enged következtetni, hogy a professzionális sövényvágóban az eltérések oka a megfogásokért felelős külső ház lehet.

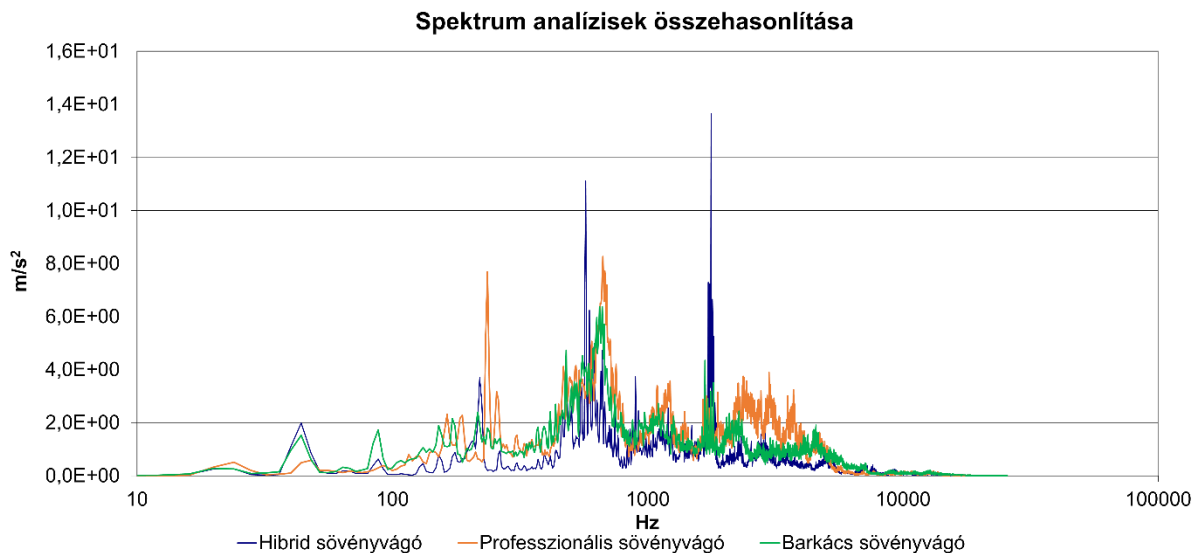
Következő összehasonlításként vizsgáljuk meg, hogyan változott a rezgés képe a kör alakú excentert tartalmazó pengeszett barkács sövényvágóba történő beépítésével, ez látható az 5. ábrán.



5. ábra. A barkács sövényvágó és a hibrid konstrukció összehasonlítása

A két, korábban jelölt csúcs látható a hibrid konstrukcióban, azonban látható, hogy összességében alacsonyabb rezgésszintek jellemzik ezt a verziót.

Végül pedig a 6. ábrán található egy összehasonlító diagram, melyen látható, hogy a három verzió rezgései hogyan viszonyulnak egymáshoz.



6. ábra. A barkács sövényvágó, a professzionális sövényvágó és a hibrid konstrukció összehasonlítása egy diagramban

ÖSSZEFOGLALÁS

Az ábrákat áttekintve látható, hogy önmagában a normál, kör alakú excenter alkalmazása nem biztosítja az alacsony rezgésszinteket, ehhez szükség van a komponensek megfelelő megfogására. A vizsgálatok alapján az is látható, hogy amennyiben ez a feltétel teljesül, akkor kör alakú excenterrel kedvezőbb rezgési eredmény érhető el, mint egy módosított, gyorsulásra optimalizált excentertárcsa alkalmazása esetén.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A C2263193 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a KDP-2023 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] S. Goldman, *Vibration spectrum analysis : a practical approach*. New York: Industrial Press, 1999.
- [2] T. Chu, T. Nguyen, H. Yoo, and J. Wang, "A review of vibration analysis and its applications," *Heliyon*, vol. 10, no. 5, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26282>.
- [3] S. Vafaei, H. Rahnejat, and R. Aini, "Vibration monitoring of high speed spindles using spectral analysis techniques," *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 42, no. 11, pp. 1223–1234, Sep. 2002, doi: [https://doi.org/10.1016/s0890-6955\(02\)00049-4](https://doi.org/10.1016/s0890-6955(02)00049-4).
- [4] J. Yang, J. Xu, X. Zhang, C. Wu, T. Lin, and Y. Ying, "Deep learning for vibrational spectral analysis: Recent progress and a practical guide," *Analytica Chimica Acta*, vol. 1081, pp. 6–17, Nov. 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2019.06.012>.
- [5] M. H. Mohd Ghazali and W. Rahiman, "Vibration Analysis for Machine Monitoring and Diagnosis: A Systematic Review," *Shock and Vibration*, vol. 2021, p. e9469318, Sep. 2021, doi: <https://doi.org/10.1155/2021/9469318>.