

KÜLÖNBÖZŐ KOMMUTÁTOR ÜLÉK-KIALAKÍTÁSOK EGYSÉGESÍTÉSÉNEK FOLYAMATA

Pleszkó István

MSc hallgató, Miskolci Egyetem, Gyártástudományi Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: pleszkoistvan84@gmail.com

Gergely Krisztián

minőségbiztosítási mérnök motorgyártási területen, Robert Bosch Power Tool Kft.
3526 Miskolc, Robert Bosch park 1, e-mail: krisztian.gergely@hu.bosch.com

Varga Gyula

egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Gyártástudományi Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: gyulavarga@uni-miskolc.hu

Absztrakt

A Miskolci Egyetem Gyártástudományi Intézete és a miskolci Robert Bosch Power Tool Kft. motorgyártás minőségbiztosításért felelős csoportjának közös munkája részeként megvizsgáltuk a kéziszerszámok motorjaiban alkalmazott kommutátor ülékeket, a vállalat részéről felmerülő problémára a cégen belül alkalmazott módszerek segítségével kerestük a megoldást. A tanulmányban bemutatásra kerülnek a korszerű minőségbiztosítási módszerek alkalmazásai, úgymint a Pareto-elemzés, ok-okozati elemzés, 5Why módszer, továbbá az ezen módszerek segítségével feltárt gyökérok tesztjei.

Kulcsszavak: minőségbiztosítás, motorgyártás, kommutátor

Abstract

As part of the joint work of the Institute of Manufacturing Science at University of Miskolc and the quality assurance group of Robert Bosch Power Tool Ltd. we examined commutator seats used in power tool motors. We used inner problem-solving methods to the company's problem. This study introduces the application of modern quality assurance methods, such as Pareto-analysis, Cause and Effect Analysis, 5Why, furthermore the tests of the root cause discovered by these methods.

Keywords: quality assurance, engine production, commutator

1. Bevezetés

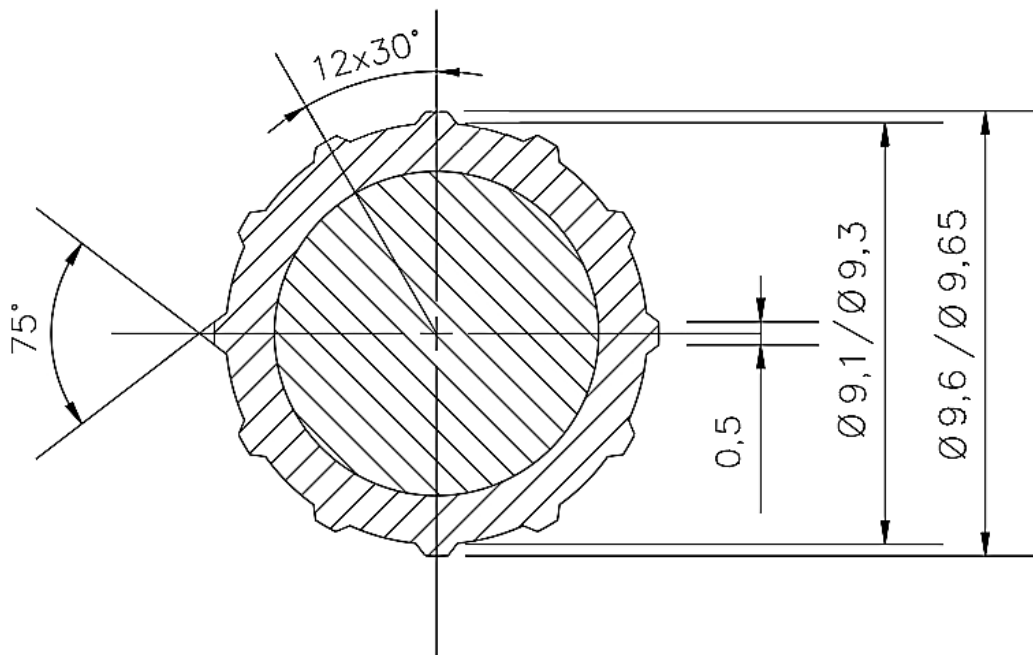
E tanulmányban egy több évet átfogó motor gyártással kapcsolatos folyamat egy része kerül bemutatásra, mely során a feladat a gyártásban lévő kommutátor ülék-kialakítások vizsgálata. A vizsgálat az előzetesen megvalósított tesztek is bemutatja. Ismertetésre kerülnek a Bosch által alkalmazott problémamegoldási módszer lépései. Ennek részeként az összegyűjtött adatok alapján Pareto-elemzést végeztünk. A vizsgálat által feltárt leggyakoribb hiba okai meghatározása céljából elkészítettünk egy Ishikawa-diagramot, majd kiválasztottuk közülük a legvalószínűbbet. A kiválasztott hibák gyökérokának meghatározásához a 5Why módszert használtuk, melynek ismeretében további teszteléseket végeztünk. Az elvégzett élettartam vizsgálatok, préselési erőket vizsgáló tesztek és a

végeleemes szoftverrel lefuttatott szimulációk eredményeinek ismeretében javaslatot adtunk az ülék módosítására.

2. Kommutátor ülékek

Mielőtt a tesztek kiértékelésére térnénk, érdemes tisztázni, hogy a miskolci Robert Bosch Power Tool Kft.-nél milyen ülék típusok használatosak, azok milyen szerszámokban kerülnek alkalmazásra, és hogy mik voltak az ülékek egységesítésének okai.

Az úgynevezett B-ülékek (1. ábra) a hobbi felhasználásra szánt, zöld színű szerszámokban kerülnek alkalmazásra. A B-ülékek maximum 9,65 mm átmérőjűek, körben tizenkét fog helyezkedik el rajtuk 30 fokként. A fogak magassága 0,25 mm, szélességük 0,5 mm.



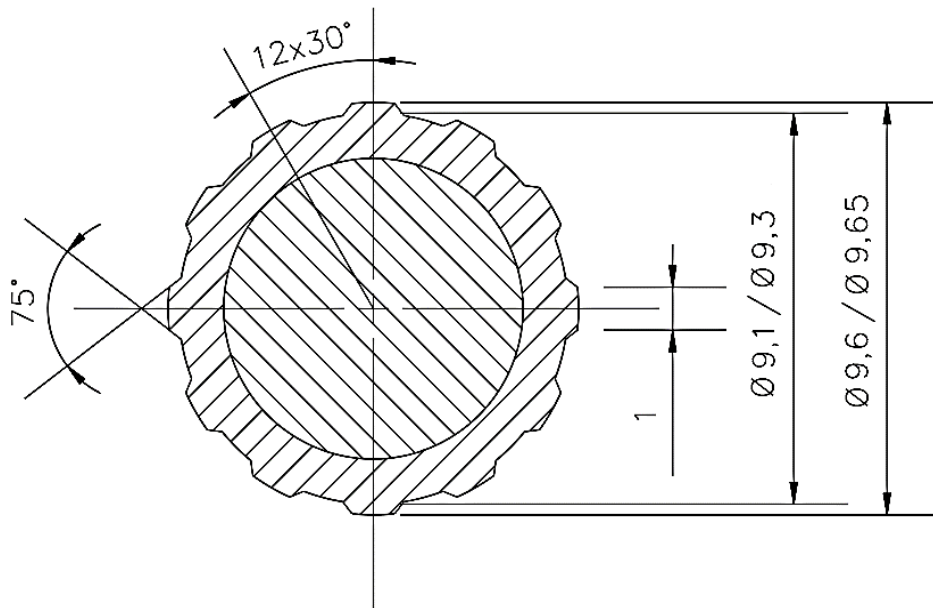
1. ábra. A B-ülék geometriai jellemzői

A D-ülékeket (2. ábra) az ipari felhasználásra szánt szerszámokban alkalmazzák. Ezen ülékek kialakítása jóval robusztusabb, a fogak szélessége a duplája a B-ülékekének, emiatt közelebb helyezkednek el egymáshoz. Az átmérőjük egyforma, a fogak száma és elhelyezésük szöge sem tér el a „B” kialakításúakétól.

A B-ülékről D-re váltás előnyei a hobbi felhasználási célú gépeknél a következők:

- A B-ülékek legnagyobb hátránya, hogy a kommutátor rögzítése a gyártás során nem elegendő. A kommutátor préselést követő lépések közben akár 0,1mm-rel elmozdulhatnak a vasmag irányába, ezáltal előfordulhat olyan eset, hogy túrésen belülré préselt kommutátor a gyártás végeztével kicsúszik a rajzi túrésből. Ezzel szemben a D-ülékek alkalmazásánál a kommutátorok a helyükön maradnak, vagyis ennek az üléktípusnak a használata nagyban megkönnyíti és biztonságossá teszi a kommutátor préselési méret rajzi méreteken belül tartását.

- Továbbá idő- és költségcsökkenés várható a kommutátorok, a gyártás közben emberi hibából adódó újra felhasználása esetén. Ugyanis újra felhasználás esetén a B-ülékekre másodszor rögzíteni már csak ragasztással lehet, aminek komoly idő- és költségbeli vonzatai vannak. A D típusú ülékek ezzel szemben, kialakításuknak köszönhetően könnyedén kibírnak egy másodszori felpréselési folyamatot is.
- A D-ülékek bevezetésével csökkenhet a gyártás közbeni esztergálás alatt tapasztalható lamella ütés, stabilabban ülhetnek a kommutátorok a helyükön.
- Végül, de nem utolsósorban az is a váltás mellett szól, hogy megnőhet a szerszámgépek motorjainak élettartama.



2. ábra. A D-ülék geometriai jellemzői

3. Az alkalmazott problémamegoldási folyamat

Ezen okok elegendőek ahhoz, hogy a „B” kialakítású üléktípust megszüntessük, a hobbi felhasználásra szánt szerszámgépekben is a D-ülékek kerüljenek alkalmazásra. E törekvést célzó tesztek nagy számban megvalósításra kerültek, viszont azok összegzéséből megállapítható, hogy nem eredményezték az elvárt eredményt. A kísérletek mindössze 50%-a volt sikeres kimenetelű. Emiatt a D-ülékek nem vezethetők be a hobbi felhasználásra szánt szerszámgépek gyártásába, a hiba kiváltó okának megtalálásához további elemzések elvégzésére volt szükség.

Az elemzések módszertana több minőség ellenőrzéssel, minőségbiztosítással kapcsolatos szakkönyvben, tankönyvben megtalálható [1-4]. Ezek tartalmazzák a Pareto- és az Ishikawa elemzések lépéseit is. Az első lépés az adatok összegyűjtése, melyek birtokában el lehet kezdeni azok valamilyen kiválasztott szempont szerinti kategorizálását és sorba rendezését, majd a Pareto-diagram megrajzolását [4].

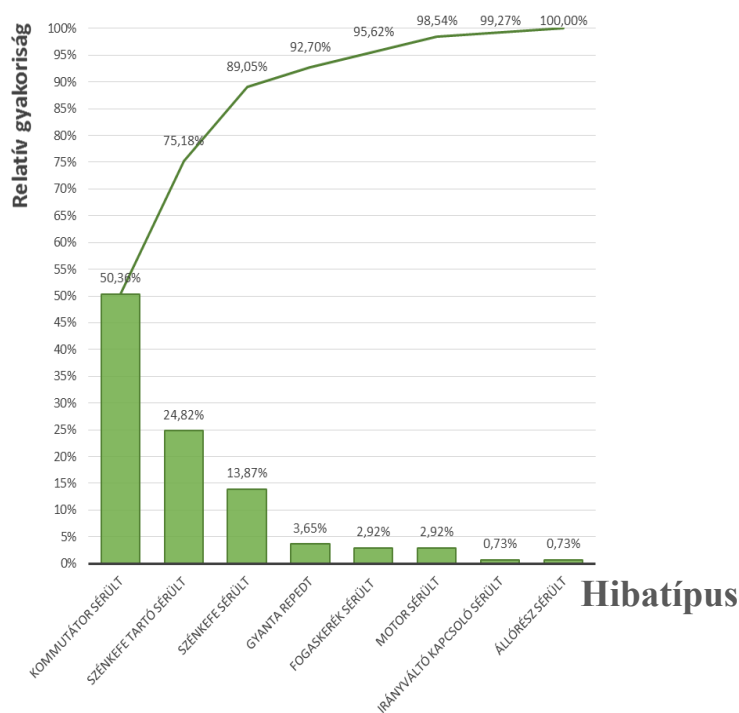
A lefuttatott tesztekét összegezve az 1. táblázatban felsorolt hibatípusok és gyakoriságok kerültek beazonosításra:

1. táblázat. Az előforduló hibák és relatív gyakoriságuk

Hibatípus	Relatív gyakoriság
kommutátor sérült	50,36%
szénkefe tartó sérült	24,82%
szénkefe sérült	13,87%
gyanta repedt	3,65%
fogaskerék sérült	2,92%
motor sérült	2,92%
irányváltó kapcsoló sérült	0,73%
állórész sérült	0,73%

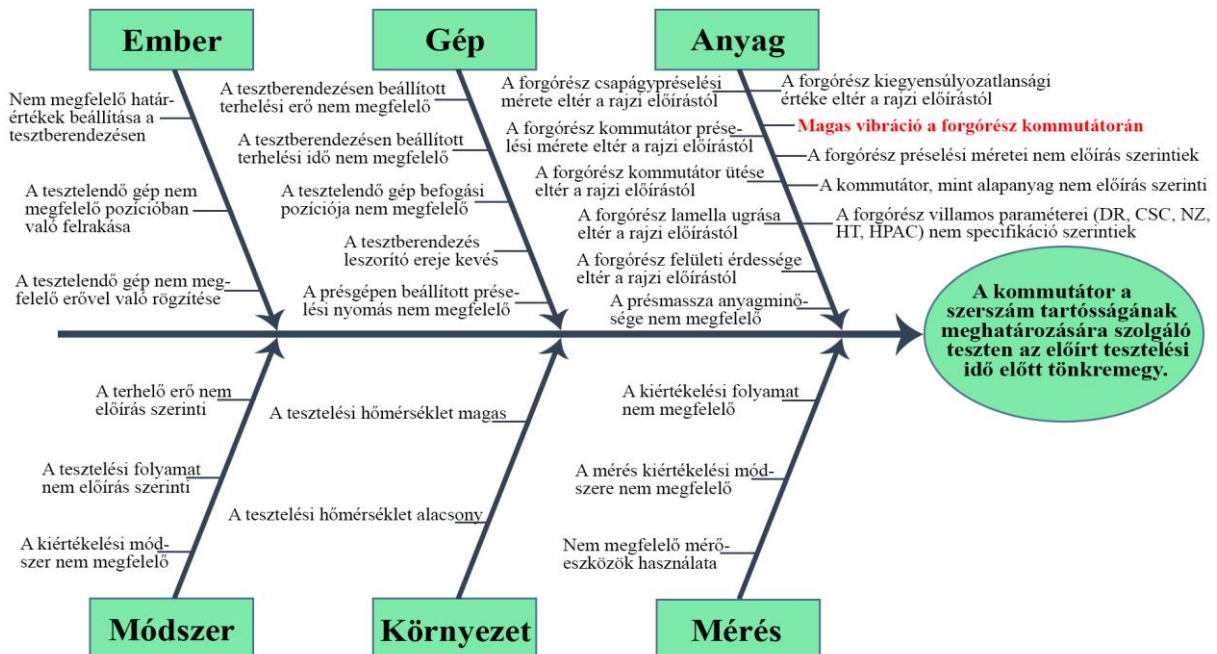
Ahogy az 1. táblázatból is látszik, a legtöbbször előforduló hiba a kommutátor és a szénkefe tartó sérülése. A szénkefe sérülésének relatív gyakorisága is 10% felett van. A többi hiba előfordulása e háromhoz képest nem számottevő.

A Pareto-elemzés eredményét a 3. ábrán látható Pareto-diagramban szemléltettük.



3. ábra. Az ülékváltással kapcsolatban előforduló hibák Pareto-diagramja

A leggyakoribb hibának a kommutátor sérülése bizonyult. Ezért erre a hibatípusra kell megalkotni az Ishikawa-diagramot (4. ábra) [4-5].



4. ábra. A kommutátor sérülés bekövetkezését vizsgáló Ishikawa-diagram

A fentebb felsorolt hibalehetőségek közül a magas vibráció a többivel ellentétben nincs ellenőrizve a gyártás során, így ez jelölhető meg a legvalószínűbb hibaokként. A 5Why módszerrel [6] lehet megkeresni a gyökérokat:

1. Miért: Magas a vibráció a forgórész kommutátorán.
2. Miért: A teszt alatt a kommutátor nem megengedhető mértékben rezeg.
3. Miért: A tesztelés alatt álló gép leterhelt kihajtótengelyéről a vibráció a forgórész tengelyen keresztül áttevődik a kommutátorra.
4. Miért: A forgórész ülke és a kommutátor belső átmérője között az átfedés mértéke túl nagy.
5. Miért: Az ülke bordaszélessége túl nagy.

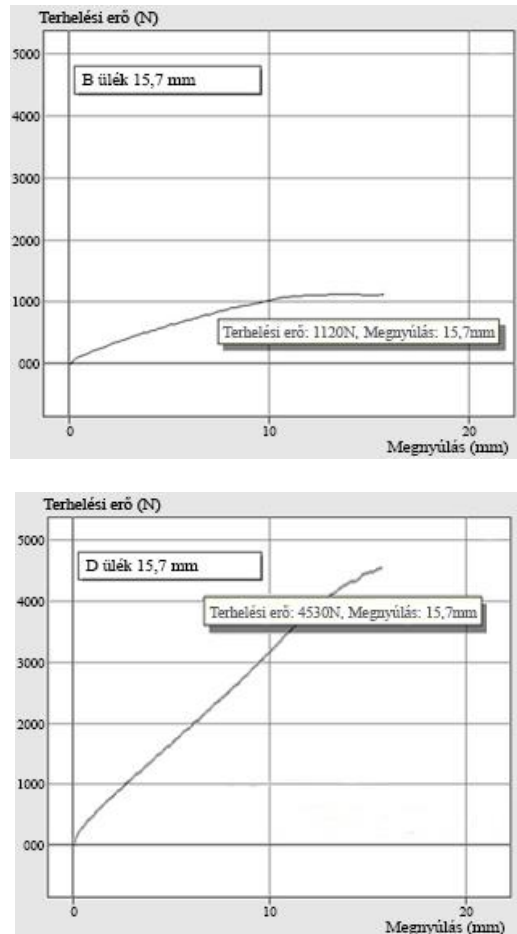
4. A probléma gyökérokanak tesztelése

4.1. Élettartam tesztek elvégzése

Az ülke bordaszélességének teszteléséhez a szerszámgépek az alapján kerültek kiválasztásra, hogy melyek előzetes tesztelésénél adódtak problémák a legnagyobb számban. A D-ülkével szerelt forgórészek esetében a tesztek sikertelenek voltak. Összehasonlításképpen a tesztek elkészültek az eredeti, B-ülkékkel is, egyik esetben sem volt tapasztalható semmilyen meghibásodás.

4.2. Préselési erők vizsgálata

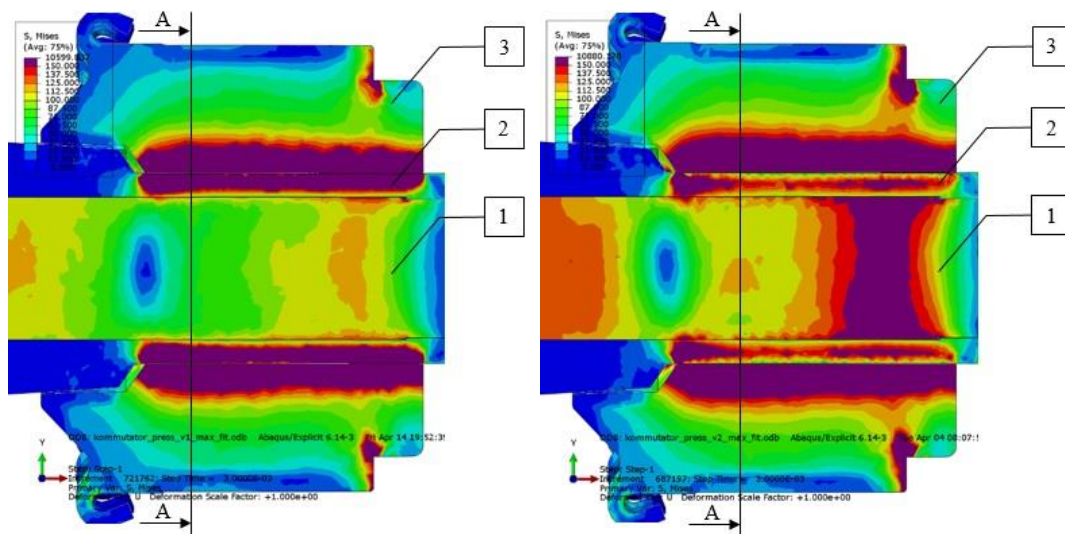
A B- és D-ülékek közötti eltérések a felsajtoló erőknél is tapasztalhatók. A kommutátor B-ülékre való felhelyezéséhez általában 1000-1150N erő kell, míg a D-ülékre való felpréseléshez a négyszerese, azaz körülbelül 4000-4600N (5. ábra).



5. ábra. A B-, és D-ülék felpréseléséhez szükséges erők

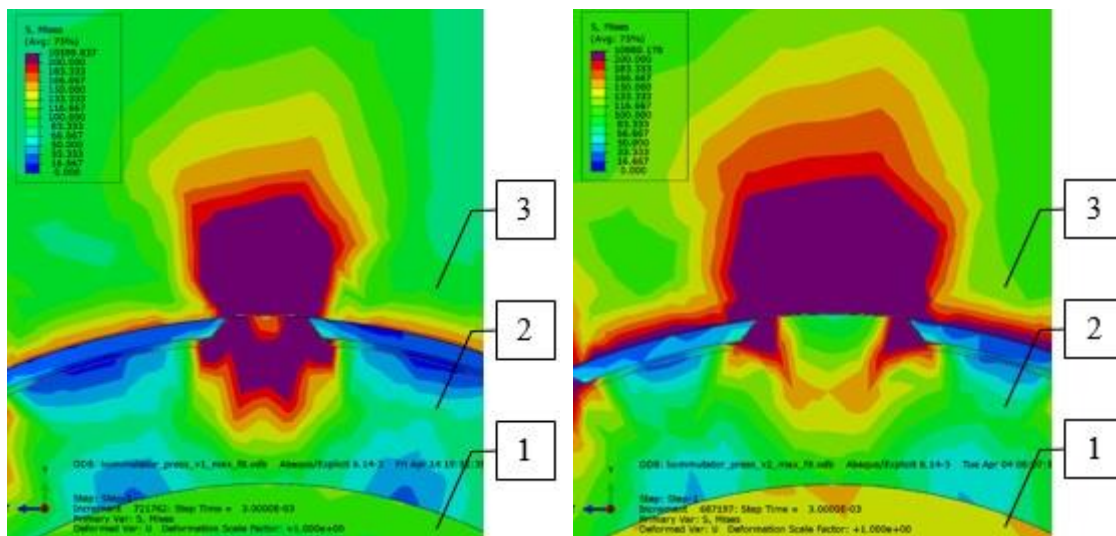
4.3. Tesztek elvégzése végeelemes szoftverrel

A két üléktípus közötti különbségek az Abaqus nevű végeelemes szoftverrel készült szimulációk alapján is bizonyíthatók. A végeelem rendszerek működésének alapjairól információ nyerhető pl. az [7-8] irodalomból. Ennél a tesztnél mutatkozik a legszemléletesebb módon a probléma forrása. Az Abaqus programban létrehozott kommutátor ülékek (B- és D ülék) modelljén lefuttatott szimulációban (1) a forgórész tengelye, (2) a kommutátor ülék és (3) a kommutátor között ébredő von Mises feszültségek jelennek meg (6. ábra) [9].



6. ábra. A B-, és D-ülék esetében keletkező feszültségek oldalnézetből

A 6. ábrán is látható módon, a B-ülék esetében az ébredő feszültség nagy része a kommutátor ülékben koncentrálódik, így nem sérül maga a kommutátor. A D-üléknél ezzel szemben a feszültség a tengelybe és a kommutátorba is áttevődik, ezzel vibrációt kelt és a kommutátor tönkremenetelét okozza.



7. ábra. A B-, és D-ülék esetében keletkező feszültségek az A-A metszetben

A 7. ábrán a B- és D-ülékek A-A metszetbeli pillanatképei láthatók. Itt is megfigyelhető, hogy a B-ülék esetén a keletkező feszültségek nagy része a kommutátor ülékben koncentrálódik. Összehasonlításképpen a D-ülék esetében a kommutátor ülék egy kis részében, a szélénél figyelhető meg csupán generált feszültség. A teljes feszültség nagy része a kommutátorban összpontosul.

5. Összefoglalás

A préselési erők vizsgálatából kiderül, hogy a D-ülékek rögzítéséhez négyszer akkora erő kell, mint a B-ülékekhez. Ez a bordák szélességével van összefüggésben és mivel a D-ülékeken a bordák szélesebbek, ez azt is jelenti, hogy működés során nagyobb feszültséget visznek át a kommutátorokba, ami a tesztek felének bukásához vezethet. A szimulációs program alapján is megállapítható, hogy a B-ülék esetében a kommutátorban ébredő feszültséget az alkatrész még képes elviselni működés közben, a D-ülékkel ellátott szerszámgépek esetén viszont a feszültségek már túl nagyok a sérülésmentes működés fenntartásához. Élettartam vizsgálat esetén ez okozza a termék tönkremenetelét.

A tesztek végkimenetelét tekintve a D-ülék sorozatgyártásban való használatát nem lehet elkezdni. Egy új üléktípus bevezetése javasolt, aminek bordaszélessége a B- és a D-ülék között van.

6. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- [1] M. O. Lorenz: Methods of measuring the concentration of wealth. Publications of the American Statistical Association 1905, 9(70):209–219. <https://doi.org/10.2307/2276207>
- [2] Róth András (szerk.): Minőségbiztosítás és irányítás az ISO 9000 alapján. Aktuális gyakorlati tanácsadó minőségbiztosítási és műszaki szakembereknek, 13. rész: Minőségbiztosítási módszerek és eszközök. VERLAG DASHÖFER Gazdasági és Jogi szakkiadó kft, Budapest, 1998.
- [3] Koczor Zoltán (szerk.): Bevezetés a minőségügybe (A minőségügy gyakorlati kérdései), Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.
- [4] Bedzsula Bálint, Erdei János, Dr. Topár József, Dr. Tóth Zsuzsanna Eszter: Minőségmenedzsment, Oktatási segédanyag a Műszaki menedzser és a Vezetés és szervezés mesterszakos hallgatók számára, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 2015
- [5] Dr. Tolvaj Béláné: Segédlet, „Komplex tervezés” feladatok kidolgozásához (Gépészmérnöki szak, Minőségbiztosítási szakirány), Miskolci Egyetem, Miskolc, 2001
- [6] Koncz Annamária: A 8D problémamegoldó technika, Repüléstudományi közlemények, Vol.: 3, 2015, pp.: 7-17, http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015_3/2015-3-01-0227_Koncz_Annamaria.pdf (megtekintés dátuma: 2019.08.12.)
- [7] Páczelt István, Szabó Tamás, Baksa Attila: A végeelem-módszer alapjai, A HEFOP 3.3.1-P.-2004-09-0102/1.0 pályázat támogatásával készült jegyzet, 2007 <http://www.mech.uni-miskolc.hu/~paczelt/notes/VEM-ME-jegyzet.pdf> (megtekintés dátuma: 2019.08.12.)
- [8] http://moodle.autolab.uni-pannon.hu/Mecha_tananyag/vegeelem_modszerek/ch02.html (megtekintés dátuma: 2019.08.12.)
- [9] <https://www.simscale.com/docs/content/simwiki/fea/what-is-von-mises-stress.html>, (megtekintés dátuma: 2019.08.12.)