

DOBKEMENCE FUTÓGYŰRŰJÉNEK JAVÍTÁSÁRA ALKALMAS CÉLGÉP TERVEZÉSI KÉRDÉSEINEK KUTATÁSA

Radványi Dániel

BSc géptervező hallgató, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: radvadani@gmail.com

Sarka Ferenc

egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: machsf@uni-miskolc.hu

Absztrakt

Kutatásom témáját egy olyan célgép tervezési kérdéseinek vizsgálata képezi, mellyel nagy átmérőjű futógyűrűk javítás utáni megmunkálását lehet szakszerűen elvégezni. Ennek során végigjáróm a tervezési folyamat kezdeti lépéseit, bemutatom a koncepció létrehozásának módját, és eközben a lehetséges problémákat illetve rájuk adható megoldásokat keresem.

Kulcsszavak: *géptervezés, célgép, dobkemence, futógyűrű, koncepció*

Abstract

The subject of this article is researching the design issues of a single purpose machine for preparing the big diameter running ring of a drum furnace. I present the first steps of the construction method and the creation of the concept. During this I am looking for the possible design issues and their possible solutions.

Keywords: *machine design, single purpose machine, drum furnace, running ring, concept*

1. Bevezetés

Kutatásom témáját egy olyan célgép tervezési kérdéseinek vizsgálata képezi, mellyel nagy átmérőjű futógyűrűk javítás utáni megmunkálását lehet szakszerűen elvégezni. A megmunkálendő alkatrészt ilyen méretben elsősorban forgó-dobkemencék részeként alkalmazzák a kemence külső, hengeres felülete és a szerkezet megtámasztására szolgáló futógörgők között. A futógyűrűk jellemző tönkremeneteli formája a felületi kifáradás. Mivel a gyűrű általában gyengébb minőségű anyagból készül (nagy mérete és gyártási technológiája miatt), mint a görgők, továbbá a szerkezet a szabadban üzemel, így az elhasználódás jelei először rajta jelentkeznek, elsősorban annak felületéből kisebb-nagyobb kiszakadó/kieső darabok képében. A futógyűrűk felületi kifáradásából keletkező anyagvesztés miatt, a görgők közös érintkezési felülete csökken. A csökkenés következménye a köztük lévő felületi nyomás növekedése, mely még gyorsabb kifáradáshoz fog vezetni.

A kemencék karbantartási költségeinek csökkentése érdekében a futógyűrűk cseréje helyett alkalmazható egy olyan technológia, mely során a gyűrűkön képződött mélyedéseket az eredetivel megegyező hozaganyaggal feltöltik. Ez azonban a javított felületrészek felületi egyenletlenségeket eredményez, amelyek eltávolítása nélkül a kemence forgása közben igen kedvezőtlenül befolyásolná

a gép működését és károsítanak a futógörgőket. A javított részek eredeti felületbe való munkálásához lenne szükség az általam vizsgált gépre.



1. ábra. Dobkemence (balra) [1], illetve a dobkemence futógyűrűje közelről (jobbra). Utóbbin pirossal a felületi kifáradás jeleit, a foltokban megjelenő anyagvesztéséget jelöltem néhány példával.

A kutatómunkámban olyan célgép tervezési kérdéseit vizsgálom, amely egy megadott átmérőhöz, kis darabszámban (akár egy) készül, és képes az általunk elvárt geometria és felületi minőség létrehozására a kívánt tűréshatárokon belül. A kutatás során a lehetséges problémákat és rájuk adható megoldásokat keresem.

2. A tervezés kezdeti lépései

A felvázolt feladat elvégzésére alkalmas gép létrehozását a tervezésmódszertan lépései szerint kezdem el. Összegyűjtöttem a munkadarab főbb adatait (például méretek, anyag és szilárdsági jellemzők), illetve tájékoztam a vonatkozó jogszabályokról, szabványokról, és szabadalmakról. Internetes piacutatást végezve felmértem a jelenleg elérhető termékeket, mely során arra jutottam, hogy futógyűrűk köszörülésére nincsen megvásárolható berendezés, pedig igény lenne rá. A felfedezett piaci rés betöltése céljából nekiláttam a koncepció megalkotásának.

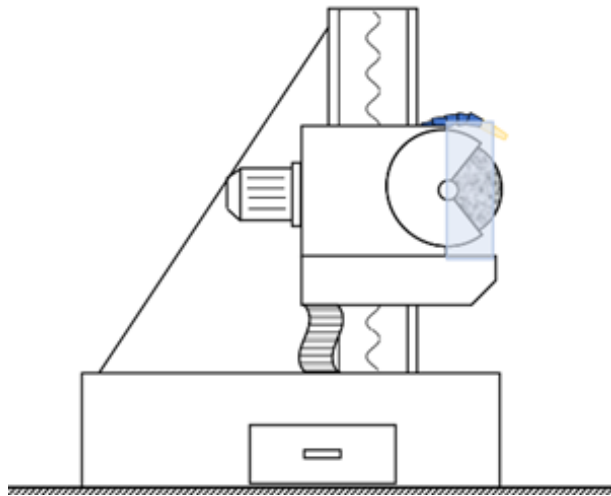
Első lépésként meg kell határoznom a megmunkálás módját. Mivel hengeres test külső palástfelületén kell munkát végezni, így a lehetséges opciók a *finomesztergálás*, a *fémcsiszolás*, a *palástköszörülés* és a *szalagköszörülés*. Ezek közül a palástköszörülést választom, ugyanis a kutatás tárgyát képező futógyűrű esetén technológiai okokból sem a finomesztergálás, sem a fémcsiszolás nem valósítható meg, szalagköszörülés esetén pedig a hosszú megmunkálás sok mellékidőt eredményezne a szalag gyors elhasználódása miatt.

A köszörülés fogalma: Az MSZ ISO 3002-5:1993 szabvány a köszörülést olyan anyagleválasztó műveletként értelmezi, amely szerszáma egy forgó köszörűszerszám, és a forgácsoló mozgás a köszörűkorong forgó mozgása. Az előtolást a szerszám vagy munkadarab végzi, az anyagleválasztás pedig a munkadarab folyamatos, nagy sebességű koptatása révén, kis méretű, de nagy mennyiségű forgács formájában keletkezik, mivel egyszerre több aktív él is lehet. [2] [3]

A következő lépésben feltárom a létrehozandó egyedi köszörűgép funkcióit. Ezt oly módon teszem meg, hogy végiggondolom, milyen műveleteket, milyen gépelemek segítségével kell elvégeznem, milyen szabályoknak, illetve szabványoknak megfelelően.

Ezek a következők lettek: *vázszerkezet, köszörűkorong, meghajtás, hajtás, hűtés, melléktermék gyűjtő-tároló, védőburkolat, fokozatmentes mozgást biztosító részegység, vészleállító gomb, megvezetés.*

A funkciókból több megoldásvázlatot is képezek, melyek közül néhányat már az elején elvettem. A fennmaradókon az ún. „*dátum módszer*” segítségével végzek funkcióanalízist, mely segítségével kiválasztom a legjobbnak ígérkező koncepciót. Elképzelésem szerint ennek vázlatos rajza a következő:



2. ábra. A köszörűgép vázlatos rajza

3. A célgép tervezési kérdései

3.1. Szabálytalan munkadarab problémája

Ekkor már foglalkozhatok a célgép tervezési kérdéseivel.

Közvetlenül a vázlat kidolgozása után felmerült, hogy a futógyűrű alakja valójában nem szabályos kör. Mivel az eredeti elképzelés nem ezzel számolt, ki kell dolgoznom egy megoldást a felület lekövetésére, hiszen ha kört köszörülnék belőle, akkor néhol vékonyabb, néhol vastagabb lenne a gyűrű. A vékonyabb szakaszok feszültséggyűjtő helyekként viselkednének terhelés során.

Milyen gépelem lenne alkalmas egy ilyen feladatra? Mindenképpen egy olyan rugalmas, elmozdulásra képes szerkezeti egységet építék be a köszörűkorong és az oszlopos vázszerkezet közé, amely képes a korongot a megmunkáláshoz szükséges erővel a felülethez nyomni, azonban a munkadarab forgástengelyéhez képesti kitüremkedéshez érve a megnövekvő erő képes a korongot hátrébb tolni a főforgácsoló erő megtartása mellett.

Ilyen például a *rugó*, a *pneumatikus munkahenger* és a *hidraulikus rendszer*, melyek közül a pneumatikát választottam annak ismeretében, hogy az alkalmazás helyszínén az ehhez szükséges rendszer már kiépítésre került.

Azonban nem egyszerű pneumatikus rendszert alkalmazok, hanem az ún. szervopneumatikusat. Ez abban különbözik a megszokott pneumatikától, hogy a szervopneumatikus manipulációs rendszerrel

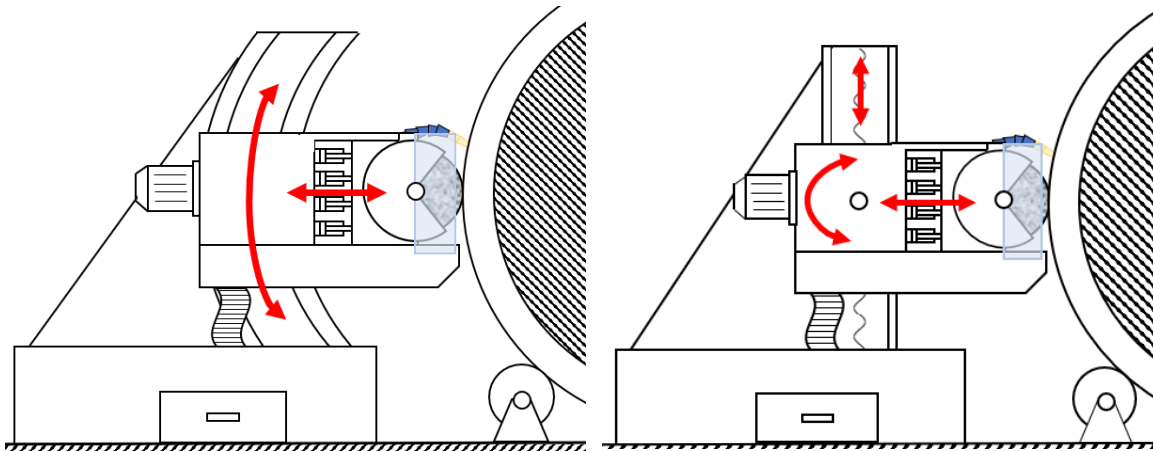
bárhol megállítható a mozgás, ezzel alkalmassá téve azt a korong finom-pozícionálásának megvalósítására is. [4]

A felület lekövetése azonban így még nem a leghatékonyabb, mivel az egyenlőtlenégekből fakadó erőhatásváltozások teljes mértékben a korongot terhelik. Ennek a kiküszöbölésére a korongot is magába foglaló szerkezeti egységhez egy megvezetést erősíték, amely a gyűrű külső palástfelületén fut. Kihasználva, hogy a futógyűrű kiemelkedik a kemence felületéből a vonatkerékhez hasonlóan peremekkel ellátott, különálló sorokban elhelyezkedő görgőket tervezek kapcsolódási pontként. A berendezés szélesebb körű felhasználhatósága érdekében ezeket a sorokat egymáshoz képest távolíthatónak és közelíthetőnek tervezem.

3.2. A korong pozícionálás finomítása

A futógyűrű kívánt minőségű megmunkálásának azonban alapfeltétele, hogy a köszörűkorongot jól pozícionáljuk be. A tervezés ezen pontján a szerszám a munkadarabhoz képest mind függőlegesen, mind vízszintesen beállítható, azonban annak tengelye körül még nem tudjuk elmozdítani. Erre két lehetőséget vázoltam fel (3. ábra):

- Az egyik esetén az oszlop hasonló görbülettel rendelkezik, mint a munkadarab külső felülete, így a korong mindig rá merőlegesen állt, magasságtól függetlenül,
- míg a másik verzióban függőleges oszlop és a korongot is magába foglaló szerkezeti egység közé egy olyan gépelem/szerkezet van beiktatva, amely segítségével ez az egység a megadott középpont körül elforgathatóvá válik.



3. ábra. Variációk a korong tengely körüli elforgathatóságának megoldására.

Balra egy íves oszloppal-, jobbra egy elforgathatóságot megvalósító gépelemmel rendelkező koncepció látható.

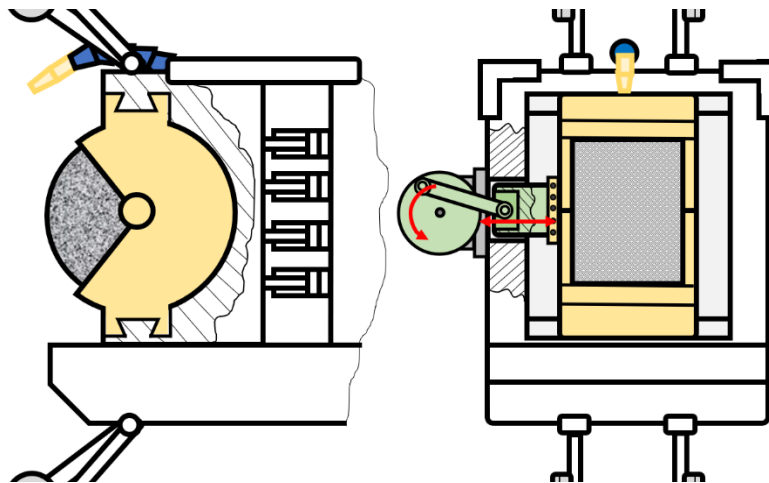
Végül utóbbi mellett döntöttem, mivel ez egyel több szabadsági fokot jelent.

3.3. A köszörűszerszám tervezési kérdései

A korongválasztás egy rendkívül fontos aspektusa a feladatnak, hiszen ezen múlhat, hogy a megmunkálás az elvárt eredményt adja majd, vagy sem. Gyakorlati szabály, hogy lágy anyagot keményebb, míg keményebb anyagot lágyabb koronggal kell megmunkálni.

Ismert, hogy a futógyűrű anyaga Aö50F típusú acélöntvény, mely segítségével kiválaszhattam a megfelelő táblázatból az ehhez tartozó technológiai ajánlásokat. [5]

Eldöntöttem azt is, hogy a gyorsabb megmunkálási idő és a berendezés egyszerűsége érdekében beszűrő palástköszörülést alkalmazok. Ez esetben ajánlott tengelyirányban 1-3 mm-es oszcilláló mozgást is végeztetni a koronggal [6], annak érdekében, hogy jobb felületminőséget és egyenletesebb korongkopást érjek el. Ennek megvalósítására szükség van a mozgást létrehozó rendszerre is. Két különböző kialakítást, egy pneumatikán- és egy forgattyús mechanizmuson alapulót, hoztam létre, melyeket különböző szempontok szerint értékelek. Mivel a forgattyús hajtóművel úgy vélem, jobb felületminőséget érhetek el (mivel ilyen rövid lökethosszú munkahenger esetén csak kevésbé hatékony löketvégi csillapítást tudnék alkalmazni), így választásom erre esik (**4. ábra**).



4. ábra. Vázlat a köszörűkorong oszcilláló mozgásának megvalósítására forgattyús mechanizmussal. Sárgával a mozgatni kívánt részegységet-, zölddel a forgattyús mechanizmust jelöltem.

Tudjuk továbbá, hogy a gyűrű szélessége 250 mm. Mivel a kutatásom során azt tapasztaltam, hogy ilyen széles köszörűkorongot nem kapni a piacon, végül amellett döntöttem, hogy egyedi gyártást veszek igénybe. Az oszcilláció miatt a munkadarabnál 4 mm-rel szélesebb korongot használok.

Összefoglalva tehát az alkalmazni kívánt korong a következő:

1 Ø 450x254x40 MSZ4510 C 32L10V 25

3.4. Hűtő-kenő rendszer kialakítása

Viszont a köszörülés jellegéből fakadóan igen magas hőterheléssel jár, amely a munkadarab felületében nemkívánatos szerkezeti módosulásokat hozhat létre, továbbá hozzájárulhat a korong robbanásához is. [7] Ez azt jelenti, hogy elkerülhetetlen egy megfelelő hűtő-kenő rendszer alkalmazása. A köszörülési mód és futógyűrű anyagának figyelembe vételével az erre vonatkozó táblázat [6] és szakirodalom [8] jó alapot szolgáltat a hűtőfolyadék összetétele (amely víz alapú emulzió lett), továbbá annak ajánlott mennyisége (amely 20-50 l/min) tekintetében. A folyadék használata általában körkörös rendszerben történik, melynek főbb részei a *keringtető szivattyú*, a *tisztító rendszer*, és a *hűtőcső*. [9]

A rendszer elemeinek kiválasztása során piackutatást végeztem, és arra jutottam, hogy a felsoroltak közül az első kettő szinte csak egybeépítve kapható. A tisztítás történhet *ülepítéssel*, *mágneses*

tisztítással, papírszűrővel vagy centrifugális szeparátorral. [6] Ezek közül utóbbi a legkorszerűbb és legtöbb előnnyel járó megoldás, így választásom erre esett.

Katalógus alapján az ehhez illő hűtőcső a Loc-line 3/4" magasnyomású fűvókával ellátva. [10]

Végül a kifűjt folyadék, a leváló forgács és köszörűszemcsék összegyűjtését egy forgácsgyűjtő tálca végzi közvetlenül a korong alatt elhelyezve. Ez azért is fontos, mert „a 98/2001. (VI. 15.) számú kormányrendelet és a 16/2001. (VII. 18.) KoM rendelet az emulziókat veszélyes hulladéknak minősíti, ezért azok különleges bánásmódot igényelnek.” [11]

3.5. Köszörűszerszám hajtásának tervezési kérdései

A különböző részegységek esetén felmerült problémák megoldása után rátérhetek a szükséges számítások elvégzésére. Ezeket a kalkulációkat és eredményeiket a következő táblázatban foglaltam össze (1. táblázat):

1. táblázat. Az elvégzett számítások és azok eredményei

Számított paraméter	Képlet	Eredmény
Fő forgácsolóerő	$F_c = K_c \cdot h_{eq} \cdot a_p \cdot K_\gamma$ (1)	216,88 [N]
Teljesítmény	$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{10^3}$ (2)	5,55 [kW]
Munkadarab fordulatszáma	$n = \frac{1000 \cdot v_w}{d_w \cdot \pi}$ (3)	1,2 [1/min]
Köszörűkorong fordulatszáma		1061 [1/min]

Mindezek ismeretében már kiválaszthatom a megfelelő villanymotort. Ezt a *motor-systems.hu* weboldalon végzem, mivel itt katalógus helyett legördülő listákban adhatom meg a kívánt tulajdonságokat, ezzel is gyorsítva a munkát. Végeredményben egy Morgensen márkájú, háromfázisú, aszinkron motorra esett a választásom 7,5 kW teljesítménnyel. [12]

Ezután a motor és korong közötti erőátvitel kérdésével is kell foglalkoznom. A legészszzerűbb megoldást ékszíjhajtás vagy tengelykapcsoló alkalmazása jelenti. Mivel az előbbi bonyolultabb, több elemből áll és a szerkezet felépítése (pl. oszcilláló korong) miatt nehezen megvalósítható, így nagyperemes kivitelű motort alkalmazok, amelyet közvetlenül a köszörűszerszám védőburkolatára erősítek, annak tengelyével egy vonalba. Ezeknek köszönhetően elegendő a tengelykapcsoló is.

Láthatjuk továbbá, hogy a korong percenkénti fordulatszáma 1061 kell, hogy legyen, míg a motoré 1500/perc. Ismert, hogy az aszinkron motorok fordulatszáma közvetlenül nem változtatható, így azt például megfelelő áttételezésű ékszíjtárcsákkal vagy váltóművel befolyásolják általában.

Vizsgáljuk meg azonban az aszinkron motor tengelyfordulatszámát leíró egyenletet, mely a következő!

$$n = \frac{f}{p} \cdot (1 - s) \quad (4)$$

Ebből látható, hogy a fordulatszámot alapvetően 3 tényező befolyásolja:

- a hálózati frekvencia (f),
- a póluspárok száma (p),
- és a slip (s) [13].

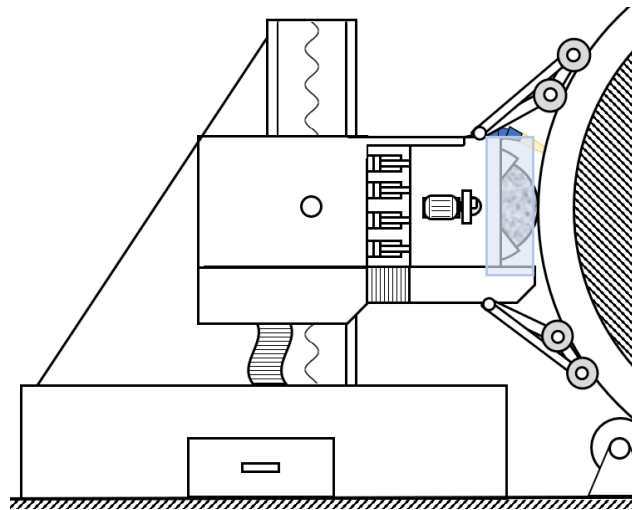
Ez azt is jelenti, hogy bármelyik változtatásával a fordulatszám is közvetlenül változtatható. Napjainkra a legelterjedtebbé a frekvencia módosítása vált. Ennek eszköze a frekvenciaváltó, mely segítségével a motorok fordulatszáma fokozatmentesen, szabadon változtatható így én is ezt alkalmazom a tervezés alatt álló berendezés esetén.

4. Összefoglalás

Kutatásom során megpróbáltam egy megoldandó feladat felvetődésétől kezdve végighaladni egy tervezési folyamaton, mely során körvonalazódni kezd egy megvalósítható koncepció. A célom az volt, hogy ezen keresztül bemutassak egy gondolatmenetet, mely során újabb-és-újabb fényre derülő problémák megoldási lehetőségeit kutatom, és az azok közül történő választás menetét, logikáját.

Az ismertetett folyamat végére eljutottam a kialakításban arra a pontra, ahol létrejött a közel véglegesnek mondható koncepció a berendezés kapcsán.

Ennek vázlatos rajza tehát a következőképp változott (**5. ábra**):



5. ábra. A koncepció közel végleges vázlatos rajza

A tervezés elkövetkezendő fázisai a következők lesznek: szilárdsági számítások, geometriai méretezés, részlettervezés, dokumentáció (használati utasítás készítése a berendezéshez), CAD modell rajzolása és végül a munkám összefoglalása, ezek már azonban nem képezik ennek a kutatásnak a témáját.

Az eddigiekből is látható, hogy a berendezés kialakítása számos különböző tudományterület bevonását, ismeretét igényelte, amely jól mutatja, hogy egy termék létrehozásakor elengedhetetlen a széles látókör, illetve a tájékozottság a régi és új megoldások kapcsán. Kritikus pont még a nyitottság és a kreativitás. Véleményem szerint, amely tervezőmérnök rendelkezik ezekkel a tulajdonságokkal, az kellő kitartással szinte bármely feladatra képes működőképes és jó megoldásokat kínálni!

5. 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 fejlesztés” című pályázat keretében valósult meg.

tése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- [1] <http://hu.zhongbo-machine.com/drying-machine/rotary-dryer.html> [Hozzáférés dátuma: 25. 05. 2020]
- [2] *MSZ ISO 3002-5:1993*, Magyar Szabványügyi Testület, 1993.
- [3] „Sulinet,” [Online]: <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-3/a-koszorules-alapjai/a-koszorules-technologiaja>
- [4] „PLCweb Project,” [Online]: <http://users.atw.hu/plcweb/plc/servo.htm>
- [5] Kodácsy, J., Pintér J.: *Forgácsolás és szerszámai*, Győr: Széchenyi István Egyetem, 2011.
- [6] Köves, E., Almásy, P., Gyódi, I.: *Köszörülés*, Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1982.
- [7] „Sulinet,” [Online]: <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-3/a-koszorules-technologiaja/a-koszorules-elonyei-hatrainyai-es-fobb-parameterei>
- [8] Dudás I.: *Gépgyártástechnológia I.*, Miskolc: Miskolci Egyetemi Kiadó, 2000.
- [9] „Sulinet,” [Online]: <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-3/cnc-gepek-kenese-hutese/altalanos-vizsgalatok> [Hozzáférés dátuma: 24. 04. 2020].
- [10] *Loc-Line Katalógus*, Lockwood Products, INC., 2019.
- [11] Kári-Horváth, A., Valasek I.: „Techmonitor.hu,” [Online]: <http://www.techmonitor.hu/piacmonitor/elemezes-velemeney/a-minimalkenes-jelentosege-a-forgacsolasban-20121112> [Hozzáférés dátuma: 24. 04. 2020].
- [12] „Motor-Systems,” [Online]: <https://www.motor-systems.hu/villanymotorok/haromfazisu-villanymotor/villanymotor/haromfazisu-villanymotor/msn-3ph-132m4-b5-7,5kw-info> [Hozzáférés dátuma: 26. 04. 2020].
- [13] Retter, Gy.: „Aszinkron gépek,” in *Villamos Energetika*. [Online]: <http://www.sze.hu/~szenasy/aszmot.pdf>