

MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ ÉSZAK-KELET MAGYARORSZÁGI RÉGIÓBAN 2018

**KONFERENCIA
ELŐADÁSAI**

Szolnok, 2018. május 31.

**Szerkesztette:
Edited by**

*Dr. Bodzás Sándor
az MTA DAB Műszaki Szakbizottság Elnöke*

*Dr. Antal Tamás
az MTA DAB Műszaki Szakbizottság Titkára*

**Kiadja: Debreceni Akadémiai Bizottság
Műszaki Szakbizottsága**

ISBN 978-963-7064-37-1

Debrecen 2018

A konferencia szervezői:

*A Magyar Tudományos Akadémia Debreceni Területi
Bizottság (DAB) Műszaki Szakbizottsága,*

*a Nemzeti Közzolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Repülő Intézete*

A konferencia fővédnöke:

Dr. Palik Mátyás
Intézetigazgató

A konferencia elnöke:

Dr. Bodzás Sándor
az MTA DAB Műszaki Szakbizottság Elnöke

A Konferencia Programbizottsága		
Dr. Palik Mátyás	intézetigazgató, egyetemi docens	Nemzeti Közszerolgalati Egyetem, Katonai Repülő Intézet
Dr. Bodzás Sándor	főiskolai docens, az MTA DAB Műszaki Szakbizottság Elnöke	Debreceni Egyetem, Gépészmérnöki Tanszék
Dr. Antal Tamás	főiskolai docens, az MTA DAB Műszaki Szakbizottság Titkára	Nyíregyházi Egyetem, Jármű- és Mezőgazdasági Géptani Tanszék
Dr. Szigeti Ferenc	tanszékvezető, főiskolai tanár, az MTA DAB Gépészeti Munkabizottság Elnöke	Nyíregyházi Egyetem, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék
Dr. Mankovits Tamás	tanszékvezető, egyetemi docens, az MTA DAB Gépészeti Munkabizottság Társelnöke	Debreceni Egyetem, Gépészmérnöki Tanszék
Dr. Dezső Gergely	főiskolai tanár, az MTA DAB Gépészeti Munkabizottság Titkára	Nyíregyházi Egyetem, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék
Dr. Kovács Imre	tanszékvezető, főiskolai tanár, az MTA DAB Építési Munkabizottság Elnöke	Debreceni Egyetem, Építőmérnöki Tanszék
Kántor Anita	tanársegéd, az MTA DAB Építési Munkabizottság Titkára	Debreceni Egyetem, Építészmérnöki Tanszék
Dr. Palcsu László	tudományos főmunkatárs, az MTA DAB Hidrológiai Munkabizottság Elnöke	MTA Atommagkutató Intézet
Dr. Szűcs Péter	dékán, egyetemi tanár, az MTA DAB Hidrológiai Munkabizottság Társelnöke	Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet
Dr. Buday Tamás	adjunktus, az MTA DAB Hidrológiai Munkabizottság Titkára	Debreceni Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék
Klenóczky Károly	területi igazgató, az MTA DAB Infrastruktúra Fejlesztési Munkabizottság Elnöke	Magyar Közút Kht., Területi Igazgatóság
Dr. Békési Bertold	egyetemi docens, az MTA DAB Repülőműszaki Munkabizottság Elnöke	Nemzeti Közszerolgalati Egyetem, Fedélzeti Rendszerek Tanszék
Dr. Óvári Gyula	egyetemi tanár, az MTA DAB Repülőműszaki Munkabizottság Társelnöke	Nemzeti Közszerolgalati Egyetem, Repülő Sárkány – hajtómű Tanszék

A Konferencia Programbizottsága		
Dr. Kavas László	tanszékvezető, egyetemi docens, az MTA DAB Repülőműszaki Munkabizottság Titkára	Nemzeti Köszolgálati Egyetem, Repülő Sárkány – hajtómű Tanszék
Dr. Dudás László	egyetemi docens	Miskolci Egyetem, Alkalmazott Informatikai Tanszék
Dr. Battáné Dr. Gindert Kele Ágnes	egyetemi docens	Debreceni Egyetem, Gépészmérnöki Tanszék
Dr. Pálinkás Sándor	adjunktus	Debreceni Egyetem, Gépészmérnöki Tanszék
Dr. Kalmár Imre	főiskolai tanár	Nyíregyházi Egyetem, Jármű- és Mezőgazdasági Géptani Tanszék
Dr. Turai Endre	egyetemi docens	Miskolci Egyetem, Geofizikai Intézeti Tanszék
Dr. Czédli Herta	főiskolai docens	Debreceni Egyetem, Építőmérnöki Tanszék
Dr. Hagymássy Zoltán	egyetemi docens	Debreceni Egyetem, Agrár – Műszaki Tanszék
Dr. Musinszki Zoltán	egyetemi docens	Miskolci Egyetem, Számvitel Intézeti Tanszék
Dr. Molnár Viktor	egyetemi docens	Miskolci Egyetem, Vezetéstudományi Intézet
Dr. Csanády Gábor Mátyás	főiskolai tanár	Debreceni Egyetem, Építészmérnöki Tanszék
Dr. Lámer Géza	főiskolai tanár	Debreceni Egyetem, Műszaki Menedzsment Tanszék
Dr. Kulcsár Balázs	egyetemi docens	Debreceni Egyetem, Műszaki Alaptárgyi Tanszék

A konferencia kiadvány összeállításában segítséget nyújtottak a Debreceni Egyetem Gépészmérnöki Tanszékéről:

Csonkáné Dóró Lilla ügyvivő szakértő,
Sitku Szandra ügyvivő szakértő,
Nemes Dániel demonstrátor

TARTALOMJEGYZÉK

ANTAL Tamás, CZIÁKY Zoltán, SZÖLLŐSI István A KÍMÉLETES VÍZELVONÁS HATÁSA A SZÁRÍTOTT ANYAG BELTARTALMI ÉRTÉKEIRE	1
BERÉNYI László AZ ISO 14001 SZABVÁNY ELTERJEDÉSE EURÓPÁBAN	9
BEZZEG Pál, L. SZABÓ Gábor EGYENSÚLYI FANEDVESSÉG ÉS FŰTŐÉRTÉK TÉLEN	16
BODZÁS Sándor FERDE FOGAZATÚ FOGASKERÉKPÁROK SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTETT TERVEZÉSE ÉS MODELLEZÉSE	25
BUDAYNÉ BÓDI Erika, BUDAY Tamás A GEOTERMIKUS POTENCIÁL MEGHATÁROZÁSÁNAK GYAKORLATI PROBLÉMÁI A KÖZÉP-TISZÁNTÚLI FELSZŐ-PANNÓNIAI VÍZADÓK ESETÉBEN	41
CSANÁDY Gábor Mátyás ANTI-K ZSINAGÓGÁK TÉRSTRUKTÚRÁI IZRAELBEN	49
CSATÁRI Nándor, HAGYMÁSSY Zoltán, VÁNTUS András TEJELŐ TEHENÉSZETEK ENERGIAHATÉKONYSÁGA HAJDÚ-BIHAR MEGYÉBEN	58
DEÁK Dávid Péter, L. SZABÓ Gábor, BODÓ Béla A FAN-COIL-OS HŰTÉSI FOGYASZTÓI RENDSZER VIZSGÁLATA ELTÉRŐ MUNKAKÖZEGEK ESETÉN	65
DUDÁS László, KAPITÁNY Pálma, BENOTSMANE Rabab KOMPLEX KAPCSOLÓDÓ FELÜLETPÁROK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI ELEMZÉSE	77

FALUDI Tamás SZERZŐDÉSTÍPUSOKKAL TÖRTÉNŐ ELLÁTÁSILÁNC-KOORDINÁCIÓ ÖSSZEHASONÍTÓ ELEMZÉSE	84
FARAGÓ Enikő, BUDAY Tamás, MAKAI Levente HOMOKMINTÁK KAPILLÁRIS VÍZEMELÉSÉNEK, VÍZTARTALMÁNAK ÉS HŐVEZETÉSI TÉNYEZŐJÉNEK VIZSGÁLATA	92
HAGYMÁSSY Zoltán, VÁNTUS András, CSATÁRI Nándor PRECÍZIÓS TÁPANYAGVISSZAPÓTLÁS MŰSZAKI VETÜLETEI	99
ILOSVAI Mária Ágnes, PEKKER Péter, KRISTÁLY Ferenc, VANYOREK László SZUPERPARAMÁGNESES NANORÉSZECSKÉK SZINTÉZISE ÉS ALKALMAZÁSA NANOKOMPOZITOK FEJLESZTÉSE SORÁN	105
KISS Adrienn, ZAUER Károly A GYÖMBÉR KÉT KOMPONENSÉNEK ÚJ SZINTÉZIS LEHETŐSÉGEI	113
KOVÁCS Zoltán, SZEGEDI Attila KERÉKBEPATTOGÁSI JELENSÉG KIALAKULÁSÁNAK VIZSGÁLATA MEZŐGAZDASÁGI ERŐGÉPEKEN	118
KOVÁCS Zoltán, KALMÁR Imre, LAJTOS István, SIKOLYA László, SZILÁGYI Attila SZABOLCS-SZATMÁR-BEREG MEGYE ENERGIAFOGYASZTÁSBÓL EREDŐ ÜHG KIBOCSÁTÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA	126
KULCSÁR Balázs A NEM ENGEDÉLYKÖTELES, MEGÚJULÓ ENERGIÁT HASZNOSÍTÓ KISERŐMŰVEK TERÜLETI ELHELYEZKEDÉSE MAGYARORSZÁGON	132
LÁMER Géza AZ ÉPÜLET TARTÓSZERKEZETI VÁZÁNAK MODELLEZÉSE CELLÁK SEGÍTSÉGÉVEL	140

LÁMER Géza

FOLYTONOS ÉS DISZKRÉT MODELLEK A DEFORMÁLHATÓ SZILÁRD
TESTEK MECHANIKÁJÁBAN 159

METSZŐSY Gabriella

NEM TERMELÉSI FOLYAMATOK FEJLESZTÉSI SIKERTÉNYEZŐINEK
VIZSGÁLATA 178

**MOLNÁR András, BARKÓCZY Péter, BATTÁNE GINDERT-KELE
Ágnes, PÁLINKÁS Sándor**

TERMIKUS SZÓRÁSSAL ACÉL SZERKEZETEKRE FELVITT CINK ÉS
ALUMÍNIUM KORROZIÓÁLLÓ BEVONATOK VIZSGÁLATA ÉS 186
ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGE

MOLNÁR András, KAVAS László, ÓVÁRI Gyula, FAZEKAS Lajos

A HIDEGSZÓRÁS (COLD GAS DYNAMIC SPRAYING) ALKALMAZÁSI
LEHETŐSÉGEI HELIKOPTER ALKATRÉSZEK FELÚJÍTÁSÁNÁL 201

MOLNÁR Viktor

A DÖNTÉSI TÉNYEZŐK KÖZÖTTI INTERAKCIÓ KEZELÉSÉNEK
VIZSGÁLATA TÖBBTÉNYEZŐS DÖNTÉSI MÓDSZEREK ESETÉN 213

MURÁNYI Klaudia

A KRIPTOVALUTÁK MŰKÖDÉSI HÁTTERE 221

MURVAY Csanád, RADNAY László

OLDALIRÁNYÚ MEGTÁMASZTÁSOK MEREVSÉGÉNEK HATÁSA
EGYSZERŰ TARTÓK KRITIKUS NYOMATÉKÁRA 226

MUSINSZKI Zoltán

A TÁMOGATÓ TEVÉKENYSÉGEK KÖLTSÉGFELOSZTÁSI PROBLÉMÁI 234

NEMES Dániel, BODZÁS Sándor, GÉRESI Zoltán Gergő

AUTOMATIZÁLT RETESZHORONY MEGMUNKÁLÁSI TECHNOLOGIÁK
TERVEZÉSE 241

PÁLINKÁS Sándor, FAZEKAS Lajos, GINDERT-KELE Ágnes, JÁSZAI Zoltán István, MOLNÁR András MELEG FÉMPORSZÓRÁSSAL FELÜLETKEZELT KULTIVÁTOR KAPÁK VIZSGÁLATA TALAJMŰVELÉS UTÁN	248
PREKOB Ádám, SÁNDOR Csaba, SIKORA Emőke, PEKKER Péter, KRISTÁLY Ferenc, VANYOREK László IPARI KOROM KOLLOIDKÉMIAI ÉS MORFOLÓGIAI JELLEMZÉSE	252
RAVAI NAGY Sándor, SZIGETI Ferenc, VARGA Gyula FELÜLETI ÉRDESSÉG VIZSGÁLATA IPARI MŰANYAGOK FURATMEGMUNKÁLÁSÁNÁL	259
ROMÁN Krisztina, ROMÁN László ÜVEGSZÁL ERŐSÍTÉSŰ PVC KOMPOZITOK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAINAK MEGHATÁROZÁSA	268
ROMÁN Krisztina, ZSOLDOS Gabriella PVC/KUKORICACSUTKA LISZT KOMPOZITOK TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA	274
ROZGONYI Valentin, L. SZABÓ Gábor, BODÓ Béla A FAN-COIL ÉS A KLÍMAGERENDÁS RENDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA	280
RUGÓCZKY Péter, LASSÚ Gábor, LAKATOS János WC-Co FELÜLETI RÉTEG VIZSGÁLATA SPEKTRÁL ANALITIKAI MÓDSZEREKKEL	288
RUGÓCZKY Péter, MURÁNSZKY Gábor, LAKATOS János GYÉMÁNT FELÜLETI RÉTEG LEVÁLASZTÁSÁT LEHETŐVÉ TEVŐ ELŐKÉSZÍTŐ MŰVELETEK WC-Co KOMPOZIT ANYAGOKON	295
SÁNDOR Zoltán Barnabás, TAMÁSI Kinga, VANYOREK László SZÉN NANOCSÖVEKKEL ERŐSÍTETT POLIURETÁN NANOKOMPOZIT ELŐÁLLÍTÁSA ÉS VIZSGÁLATA	302

SIKORA Emőke, PREKOB Ádám, VANYOREK László, MURÁNSZKY Gábor, BÁNHIDI Olivér, HUTKAINÉ GÖNDÖR Zsuzsanna, PEKKER Péter KLORÁTMENTESÍTÉSRE ALKALMAS HIDROGÉNEZŐ KATALIZÁTOROK FEJLESZTÉSE	308
SOMLYAI-SIPOS László, BAUMLI Péter AZ ÓN-NIKKEL FORRASZANYAG NEDVESÍTÉSVIZSGÁLATA RÉZ SZUBSZTRÁTON	316
SÜVEGES Gábor Béla HŐSZOLGÁLTATÓK KÖRNYEZETI ELEMZÉSE - TECHNOLÓGIAI ÉS TERMÉSZETI TÉNYEZŐK	323
SZEGEDI Attila, KOVÁCS Zoltán ÜZEMI JELLEMZŐK VIZSGÁLATA POWERSHIFT NYOMATÉKVÁLTÓK TENGELYKAPCSOLÓINÁL	330
SZÖLLŐSY Zsófia, BODÓ Béla OFFSZET NYOMÓGÉPEK BELSŐ LÉGÁLLAPOTÁNAK BEFOLYÁSA A PAPIRRA	338
TAMÁSI Kinga, SÁNDOR Zoltán Barnabás, ZSOLDOS Gabriella SZÉN NANOCSSŐVEL ÉS IPARI KOROMMAL ERŐSÍTETT GUMIKEVERÉKEK TERMO-MECHANIKAI TULAJDONSÁGAINAK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA	344
TÓTH Lajos, ERDŐSY Dániel ICL8038 TÍPUSÚ PRECÍZIÓS HULLÁMFORMA-GENERÁTOR DISZKRÉT ALKATRÉSZEKBŐL FELÉPÍTETT FUNKCIONÁLIS MODELLJÉNEK VIZSGÁLATA	350
TRUZI Alexandra, BODNÁR Ildikó, VARGA József NEONIKOTINOID NÖVÉNYVÉDŐ SZEREK OXIDATÍV LEBONTÁSÁRA IRÁNYULÓ MÓDSZERFEJLESZTÉSEK	358
TUMIK Ábel SORBANÁLLÁSI MODELLEK ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA LEAN SZEMLELETBEN MŰKÖDŐ KÖZSZOLGÁLTATÓKNÁL	366

TURAI Endre, NÁDASI Endre, SZILVÁSI Marcell FELSZÍN ALATTI OBJEKTUMOK ÉS FÖLDTANI SZERKEZETEK KUTATÁSA GEOELEKTROMOS TOMOGRÁFIÁVAL	374
TURAI Endre, ILYÉS Csaba, SZŰCS Péter MAGYARORSZÁGI CSAPADÉK ÉS TALAJVÍZSZINT ADATOK SPEKTRÁLIS ELEMZÉSE	382
VÁNTUS András, HAGYMÁSSY Zoltán, CSATÁRI Nándor A MŰSZAKI ELLÁTOTTSÁG FEJLESZTÉSE A TEJTERMELÉSBEN	390
VARGA Gyula, FISER-NAGY ÁGNES MESTERSÉGESEN KONSZOLIDÁLT KÖZETMAGOK PETROFIZIKAI TULAJDONSÁGAINAK MÓDOSÍTÁSA KÜLÖNBÖZŐ ADALÉKANYAGOKKAL	397
VARGA Zsolt A MAGASSÁG MEGHATÁROZÁSÁNAK PROBLÉMÁJA A GEODÉZIÁBAN	405
ZÁKÁNYI Balázs, SZŰCS Péter, TURAI Endre, VASS Péter, ILYÉS Csaba, MÓRICZ Ferenc A GEOTERMIKUS ENERGIA FELHASZNÁLÁSÁNAK LEHETŐSÉGI A BÜKK-ALJA TÉRSÉGBEN	411
ZÁKÁNYINÉ MÉSZÁROS Renáta, VARGA Gyula Gábor, JOBBIK Anita HŐENERGIA KINYERÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI FELHAGYOTT CH KUTAK HASZNOSÍTÁSÁVAL	417
ZÁKÁNYINÉ MÉSZÁROS Renáta, VARGA Gyula Gábor, JUHÁSZNÉ SZALAI Adrienn, BÁRÁNY Sándor BENTONITOK ZÉTA POTENCIÁL VÁLTOZÁSÁNAK VIZSGÁLATA SÓOLDATOK JELENLÉTÉBEN	423
NEMES Csaba, LUBOMIR Javorek, BODZÁS Sándor, PÁLINKÁS Sándor FORGÁCSOLÓ ERŐ HÁROM KOMPONENSÉNEK MÉRÉSE ESZTERGÁLÁSI FOLYAMAT SORÁN	429
FÉNYKÉP GYŰJTEMÉNY	439

KOMPLEX KAPCSOLÓDÓ FELÜLETPÁROK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI ELEMZÉSE

MANUFACTURING ANALYSIS OF COMPLEX CONNECTING SURFACES

DUDÁS László¹, KAPITÁNY Pálma², BENOTSMANE Rabab³

¹ PhD, egyetemi docens, iitdl@uni-miskolc.hu

¹ Alkalmazott Informatikai Tanszék, Miskolci Egyetem

² kutató, kapitanypalma@gmail.com

² Alkalmazott Informatikai Tanszék, Miskolci Egyetem

³ doktorandusz, benrabab1@gmail.com

³ Alkalmazott Informatikai Tanszék, Miskolci Egyetem

Kivonat: A cikk egy szabadalmaztatott forgódugattyús belsőégésű motor két fő alkatrészének, a rotornak és a forgókamrának, mint egymást kölcsönösen burkoló felületű gépelemeknek a gyártástechnológiai elemzését mutatja be. Előtte röviden ismerteti a motorkonstrukciót és a konstrukció és a technológiai tervezésben egyaránt használt Surface Constructor kinematikai felületek modellezésére és mozgásszimulációra kidolgozott szoftvert. A végső fejezet a javasolt gyártástechnológiákat foglalja össze.

Kulcsszavak: forgódugattyús belsőégésű motor, rotor, forgókamra, gyártástechnológia, Surface Constructor

Abstract: The paper introduces the manufacturing analysis of the two main parts of a patented rotary internal combustion engine, the rotor and the rotary chamber as machine elements that have reciprocally enveloping surfaces. Previously shortly describes the engine construction and the Surface Constructor software application that is equally used in the engine design and in the technological process planning, as a software that is developed for modelling of kinematic surfaces and for motion simulation. The final section summarizes the suggested technologies.

Keywords: rotary internal combustion engine, rotor, rotary chamber, manufacturing technology, Surface Constructor

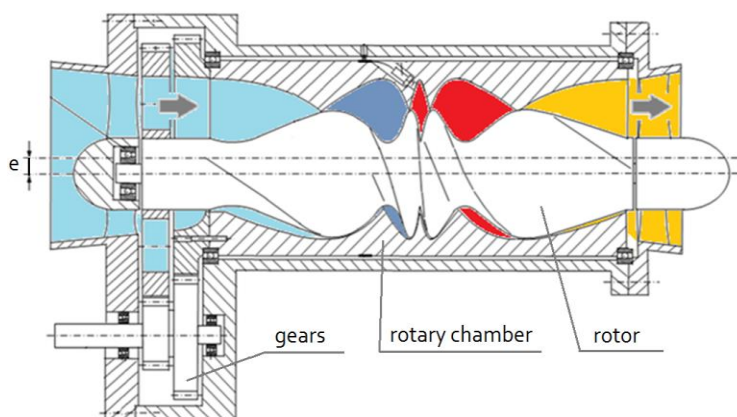
1. BEVEZETÉS

Bár a jövőt az elektromos autók jelentik [1], mind autók és egyéb gépek fognak belsőégésű motorokat használni speciális környezetekben [2]. Ezek a csak forgó alkatrészeket tartalmazó nagy fordulatszámú motorok melyek alapvetően ipari kerámiából fognak készülni [3], mint az első szerző szabadalmaztatott találmánya [4], olyan új tulajdonságokkal bírnak, melyek indokolják az ilyen gépek mélyebb elemzését. Az 1. ábra mutatja ezen előremutató konstrukció vázlatát. A motor csak három forgó alkatrészt tartalmaz, melyek az ábrán is jelölve vannak. A forgástengelyek között az e excentricitás van alkalmazva.

A rotor és a forgókamra között kialakított zárt üregek balról jobbra mozognak, és a menetek változó emelkedésének köszönhetően megvalósítják a belső égésű motor négy ciklusát: beszívás, sűrítés, robbanás és kipufogás. Ezeket a munkaciklusokat az ábrán különböző színek jellemzik. A következőket említhetjük az előnyök közül:

- A keverék és a kipufogógáz tökéletesen elszigetelt.
- Csak jól kiegyensúlyozott forgó alkatrészek vannak - nincs rezgés.

- A változó emelkedés a csavarfelületeknél a sűrítési és kitágulási igényeknek megfelelően állítható be.
- A kerámia anyagok miatt nagyon magas hőmérséklet alkalmazható.
- Vízhűtés nem szükséges.
- A rotor és a forgókamra közötti súrlódás drasztikusan csökken, mivel közöttük nagyon kis hézag van.
- Nagyon nagy forgási sebesség érhető el: 40 000 fordulat / perc.



1. ábra. Forgódugattyús belsőégésű motor

2. A MOTOR PROTOTÍPUSÁNAK MEGTERVEZÉSE

A fejlesztés végső célja kerámia prototípus készítése. Azonban a valós lehetőségek figyelembevételével az első cél egy alumínium verzió létrehozása. A tervezési folyamat figyelembe vette a fém alkatrészek későbbi cseréjét kerámia alkatrészekre. A konstrukciós fejlesztés lépései a következők voltak:

- A rotor és a forgókamra felületének meghatározása megfelelő keresztmetszetekkel és emelkedési függvényekkel.
- A mozgó üregek kialakulásának modellezése és elemzése, valamint a mozgás szimulálása.
- A prototípus 3D CAD modelljének létrehozása.

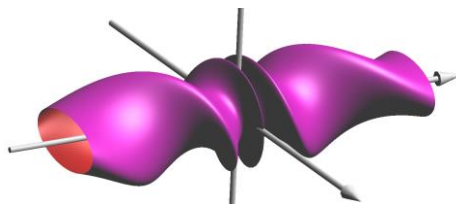
A két első lépésben a Surface Constructor (SC) kinematikai modellező eszközt használtuk, míg a harmadik lépésben az Autodesk Inventor CAD szoftver segítette a munkát.

2.1. A rotor felületének megtervezése

A rotor felülete sűrűlt felület, a generáló görbe ellipszis a forgórész tengelyére merőleges síkban. Spirális mozgatással, ahol az állandó emelkedés függvényt egy köbös funkcióval módosítottuk, a felületet könnyen megkaphatjuk az SC szoftverben. Az előállított felületet a 2. ábrán mutatjuk be.

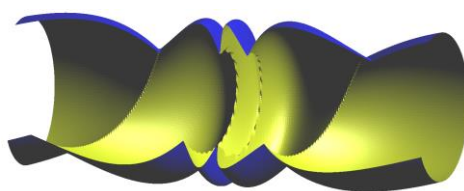
2.2. A forgókamra felületének megtervezése

A forgókamra belső felületének kialakítása az SC szoftver speciális képességét igényli.



2. ábra. A rotor felülete

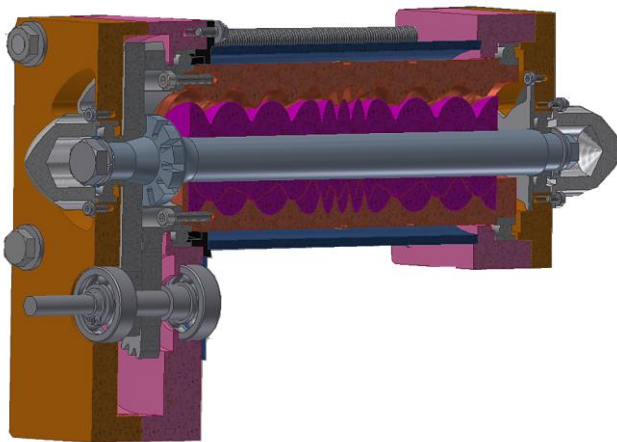
Ebben a generálási folyamatban a rotor felülete a viszonylagos mozgásban burkolja a kamrafelületet. A kamra forgásának és a rotor forgásának aránya 2:1. A 3. ábra a létrehozott kamrafelület nyitott alakját mutatja.



3. ábra. A forgókamra nyitott felülete

2.3. A prototípus CAD modelljének létrehozása

A tervezési folyamat következő lépése egy 3D CAD-modell kialakítása volt. Több változat került kidolgozásra és elemzésre ebben a fázisban, az egyik lehetséges konstrukciót a 4. ábrán mutatjuk be.



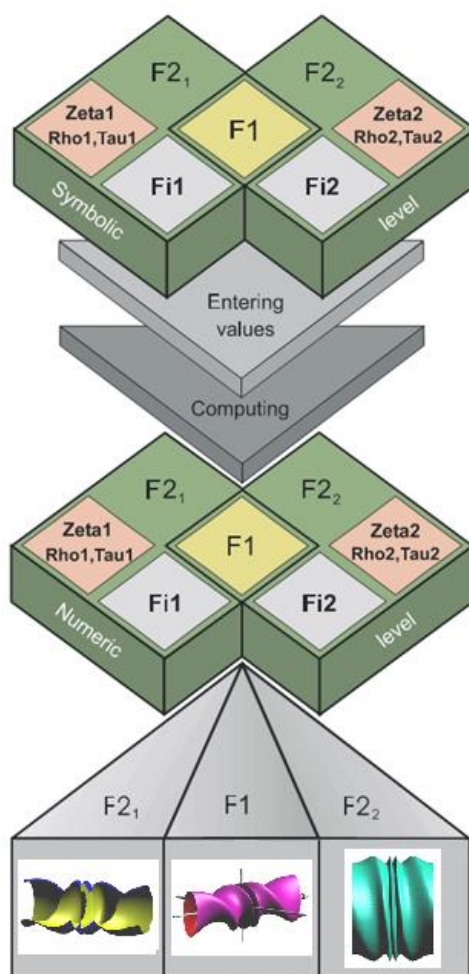
4. ábra. A motorprototípus egyik lehetséges variánsa

A CAD modell lehetővé teszi a kinematikai elemzést, a dinamikai modellezést és az áramlási szimulációkat, továbbá alapot ad a gyártás megtervezéséhez.

3. A MODELLEZÉSHEZ ÉS TERVEZÉSHEZ HASZNÁLT ALKALMAZÁSOK

A prototípus-motor tervezéséhez az Autodesk Inventor® CAD szoftverrendszert alkalmaztuk. A rotor és a forgókamra komplex 3D csavarfelületeinek modellezésére, valamint

mozgásuk szimulációjára az első szerző által kidolgozott Surface Constructor (SC) számítógépes programot használtuk. Ezt a szoftvert előnyösen a rotor felületének modellezésére és a forgókamra belső felületének előállítására használhatjuk fel, mivel képes meghatározni a más felülettel burkolt felületeket (lásd [5, 6]). Ez a szoftver segített továbbá a belső üregek kialakulási folyamatának és a motoralkatrészek mozgásszimulációjának elemzésével a motor munkaciklusai sajátosságainak meghatározásához. Mivel ez a szoftveralkalmazás központi szerepet játszott a jelen tanulmányban leírt kutatásban, adunk róla egy rövid ismertetést. Az SC elsősorban egy adott felület által létrehozott ismeretlen felület meghatározására szolgál. Ez a feladat általában a fogaskerek fejlesztése és tökéletesítése során merül fel. A szoftver funkcionális szintjeit az 5. ábrán mutatjuk be, ahol a felső szint szimbolikus kifejezésekkel ábrázolja az adott $F1$ felületet és a relatív mozgásokat ($Fi1$, $Fi2$) az $F1$ és $F21$ felületek, illetve az $F1$ és $F22$ felületek között. A Zeta, Rho és Tau változókat a burkolási folyamatok használják, melyekben az $F21$ és $F22$ felületek generálásra kerülnek. Az animációkban megjeleníthető modellezett 3D objektumok valós formájának eléréséhez az értékeviteli és számítási lépések szükségesek. Az alsó szinten láthatók a kijelölt 3D objektumok, animálható és megvizsgálható a mozgásuk. Esetünkben az $F1$ a rotor felülete, az $F21$ a forgókamra felülete és az $F22$ a köszörűkorong felülete a rotor köszörüléséhez. A köszörülést itt nem elemezzük, mert a prototípus esetében elmarad. Az SC részletesebb magyarázata a [7]-ben található meg.



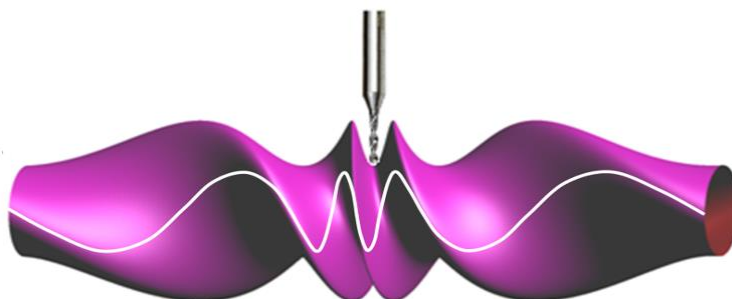
5. ábra. Az SC szerkezete

4. GYÁRTHATÓSÁGI ELEMZÉS

A konstrukciós tervezési folyamathoz hasonlóan a motor gyártástervezése szintén érdekes problémákat vet fel. A technikailag legösszetettebb kérdés a rotor és a forgókamra megmunkálása a változó emelkedésű csavarfelületek miatt. A gyártási lehetőségeket elemeztük figyelembe véve a lehetséges összeszerelési és szétszerelési követelményeket is, melyeket korábban a [8]-ban részletesen vizsgáltunk. Az elvégzett vizsgálatok összegzése az alábbiakban olvasható.

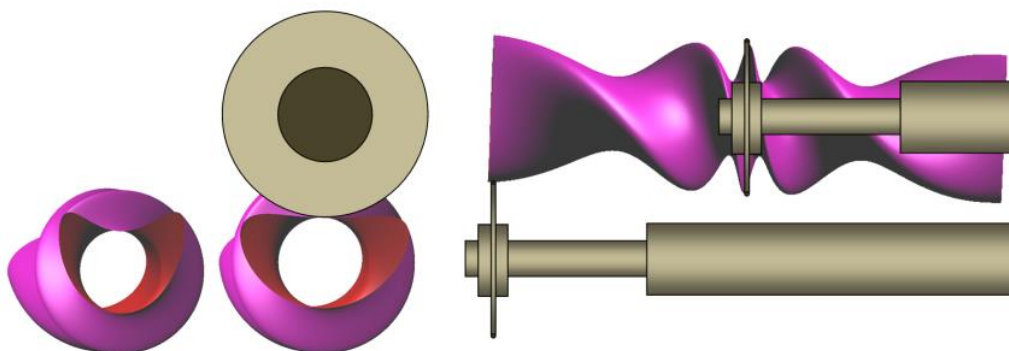
4.1. A rotor megmunkálása

A rotor gyártásához két technológiát elemeztünk. A technológiákhoz CNC marógépet használunk és CAM szoftverre van szükségünk a CNC vezérlőegység pontos NC-kódjának létrehozásához. Az első megmunkálási technológia a szabad formájú marás félgömbvégű maróval. Ez a technológia elsősorban a nagyoláshoz előnyös, de az elemzés bizonyította, hogy 1 mm átmérőjű félgömbvégű maróval a legkritikusabb legmélyebb és legszűkebb völgyekben is a rotor pontosan megmunkálható. A nagyoláshoz és a precíz simításhoz csökkenő sugarú marószerszámok sorozatát tervezzük alkalmazni. A legnehezebb probléma, amely felmerült, az alámetszés megoldása. A rotort két felfogásban kell előállítani, és elengedhetetlen a megfelelő osztófelület meghatározása az alámetszett felületrészek elkerülése érdekében. Az osztófelület megadható a vízszintes normálvektorokkal rendelkező rotorfelületi pontok meghatározásával. A 6. ábrán látható a rotor ezzel az elméleti osztófelülettel, amely korlátozza az egy felfogásban megmunkálható rotorfelületet. Továbbá ez az ábra mutatja a legszűkebb völgyben lévő 1 mm átmérőjű félgömbvégű ujjmarót is.



6. ábra. A rotor az egy felfogásban alámetszés nélkül megmunkálható terület határvonalával valamint a félgömbvégű maró

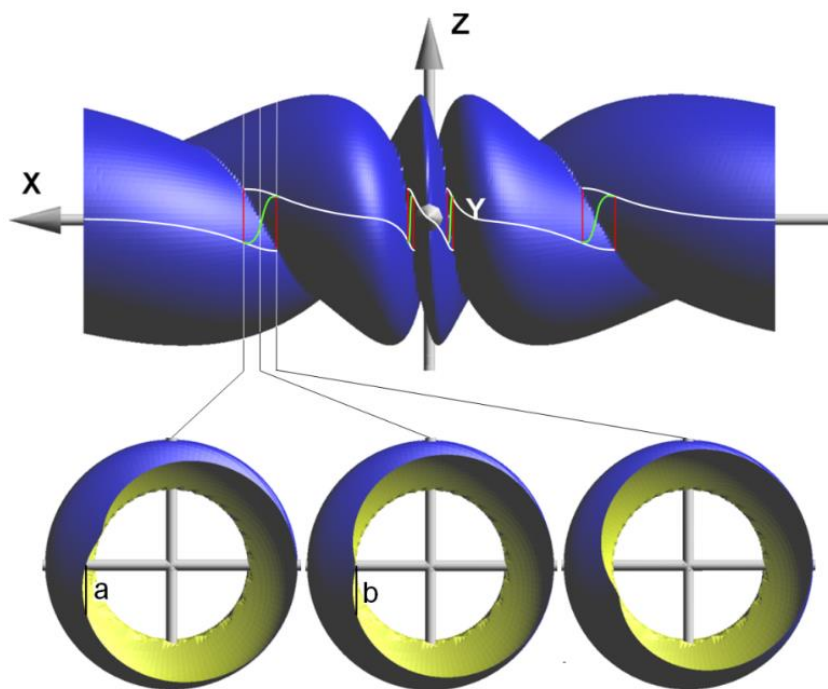
A második vizsgált marási technológia tárcsa alakú marószerszámot alkalmaz. Ez a technológia elsősorban a befejező simításhoz előnyös, főleg azért, mert elkerülhető a két felfogás, és a kisebb erők a simítás során nem okoznak problémás elhajlást a csak az egyik végén befogott rotornál. A simításhoz használt domború tárcsa alakú szerszám toroid alakú. Ez a forgácsolási módszer két problémát vet fel: a rotor vízszintes síkbeli elfordítását a tárcsa alakú szerszám külső átmérője korlátozza. Előnyös lenne, ha a rotort a legmélyebb és legszűkebb völgy spirális emelkedési szögére döntenénk be, de ez problémás metszeti görbét eredményez (a 7. ábra bal oldalán látható) a tárcsa alakú szerszám adott minimális külső átmérője miatt. A bedöntés szögét 2,5 fokra csökkentve a metszeti görbe (az ábrán közepén látható) megfelelő formájú a helyes gyártáshoz. Az ábra jobb oldala a szerszámot a kritikus helyeken mutatja. A vizsgálatok igazolják, hogy a pontos simítás megvalósítható.



7. ábra. Balra: 5 fokos bedöntésnél adódott metszet. Középen: 2,5 fokos bedöntésnél adódott metszet a szerszámmal. Jobbra: A megmunkálás felülnézetben.

4.2. A forgókamra megmunkálása

A forgókamra belső csavarfelületének gyártása összetettebb problémákat vet fel. A változó emelkedésű belső csavarfelület felszínén a tárcsa alakú szerszámmal végzett megmunkálás gyakorlatilag lehetetlen, csak simítási műveletként képzelhető el, amikor a ráhagyások és következésképpen a vágóerők nagyon kicsik. Ezért a kamrának két összerakott félből kell állnia. A kérdés az elválasztó felület formája. Az elvégzett vizsgálatok azt bizonyították, hogy a kamrát nem lehet két féltre osztani alámetszett régiók nélkül. Ezt a 8. ábrán követhetjük, ahol az *a* és *b* betűk az alámetszett területeket jelölik. Mivel a kamra hossza mentén olyan intervallumok vannak, ahol a vízszintes normálvektorokkal rendelkező felületek megduplázódnak, egyértelmű elválasztófelület nem határozható meg. A lehetséges megoldás egy átvezető kontúr alkalmazása az intervallumokban és az alámetszés mélységének minimalizálása. De szerencsére az alámetszéses félfelületet pontosan meg lehet munkálni, ha a technológia vékonyított szárral rendelkező gömbvégű marószerszámot alkalmaz.



8. ábra. Az osztófelület optimalítása az alámetszés minimalizálásával

5. ÖSSZEGZÉS

A tanulmány bemutatta egy hosszabb fejlesztési folyamat eredményeit, amelyek egy új forgódugattyús belsőégésű motor prototípusát kívánják megteremteni. Az áttekintés ismertette a szabadalmaztatott konstrukció főbb jellemzőit, vázolta a tervezési folyamat lépéseit, amelyek egy 3D CAD modellt eredményeztek. A CAD modell lehetővé teszi a mechanikai és áramlási elemzéseket FEM szoftverekkel. Ezután a megvalósítás technológiai vonatkozásait tárgyaltuk, főként a forgórész és a forgókamra gyártását CNC marás segítségével. A fejlesztési folyamat minden fázisát az innovatív SC kinematikai modellezési és szimulációs eszköz segítette. A végső cél a motor prototípusának legyártása és tesztek elvégzése a motoron.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a kutatás részben a Miskolci Egyetemen működő Mechatronikai és Logisztikai Kiválósági Központ keretében került kivitelezésre. A tanulmány elkészítését támogatta továbbá az EFOP-3.6.1-16-00011 projekt. A pénzügyi támogatást köszönjük.

A szerzők köszönik Biró Máté és Novák László segítségét is, akik hozzájárultak a 4. ábrán bemutatott konstrukció kialakításához.

7. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **MUNEER, T., KOHLE, M., DOYLE, A.:** *Electric vehicles: prospects and challenges*. Elsevier, 2017.
- [2] **KALGHATGI, G. T.:** *Developments in internal combustion engines and implications for combustion science and future transport fuels*, in Proceedings of the Combustion Institute, vol. 35, issue 1, Elsevier, 2015, pp. 101–115.
- [3] **BALENDRA, R., HENSHALL, J. L., THURAISINGHAM, T. S., WALKER, R. J. J.:** *Rotary engine comprising a ceramic material*, United States patent US20140230776A1, 2014.
- [4] **DUDÁS, L.:** *Rotary piston internal combustion engine*, Hungarian patent HU230082, 2015.
- [5] **DUDÁS, L.:** *Modelling and simulation of a new worm gear drive having point-like contact*, Engineering with Computers, vol. 29, issue 3, 2013, pp. 251–272.
- [6] **DUDÁS, L.:** *New way for the innovation of gear types*, Engineering the Future, L. Dudás (Ed.), chapt. 6, Sciyo, Croatia, pp.111–140, 2010.
- [7] **DUDÁS, L.:** *Advanced software tool for modelling and simulation of new gearings*, Int. J. Des. Eng, vol. 3, no.3, 2010, pp. 289–310.
- [8] **DUDÁS, L., BIRÓ, M., NOVÁK, L. L.:** *Construction modeling and manufacturing analysis of a new rotary combustion engine*, 20th Jubilee IEEE Int. Conf. Intell. Eng. Syst. INES2016, Budapest, pp. 89–94.