

FORGÓDUGATTYÚS ROBBANÓMOTOR FEJLESZTÉSE

DEVELOPING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE HAVING ROTARY PISTON

Dudás László¹, Biró Máté², Novák László Lajos³

¹Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Alkalmazott Informatikai Intézeti Tanszék, 3515 Magyarország, Miskolc-Egyetemváros; +36/46 565111/1414, iitdl@uni-miskolc.hu

²Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Alkalmazott Informatikai Intézeti Tanszék, 3515 Magyarország, Miskolc-Egyetemváros; +36/46 565111/1414, biroommate@gmail.com

³Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Alkalmazott Informatikai Intézeti Tanszék, 3515 Magyarország, Miskolc-Egyetemváros; +36/46 565111/1414, dariusz4424@gmail.com

Abstract

The paper presents the development process of a new internal combustion engine construction having rotary piston. The first part analyses the evolution of the antecedents, first shows the screw compressor line, than the progressive cavity type constructions are presented. As a consequent step of the motor evolution the paper introduces the construction of a new three dimensional rotary engine that has some advantages, in the second part. The main advantage of the new internal combustion engine is its simplicity. It has three rotary parts: the chamber, the rotor and the synchronising gear. The gas mixture moves in axial direction. The compression and the expansion of the explosive mixture happens in the caves formed between chamber and rotor. The initial theoretical modelling and visualisation was performed with Surface Constructor spatial kinematical modelling software application. The construction work to design the parts of the engine was carried out with a professional CAD software tool.

Keywords: internal combustion engine, rotor, rotary piston, design

Összefoglalás

A cikk egy új forgódugattyús belsőégésű robbanómotor kifejlesztését mutatja be. Az első rész elemzi az ősökét, elsőként a csavarkompresszor vonalat, majd a haladó üregű konstrukciók bemutatása következik. A motorevolúció ésszerű lépéseként a cikk a második részében bemutat egy új háromdimenziós forgódugattyús motorkonstrukciót, mely rendelkezik néhány előnyös vonással. Az új belsőégésű motor fő előnye az egyszerűsége. Három forgó alkatrészt tartalmaz: a kamra, a rotor és a szinkronizáló fogaskerék. A gázkeverék tengelyirányban mozog. A komprimálás és a tágulás a kamra és a rotor között kialakuló üregekben zajlik. A kezdeti elméleti modellezés és megjelenítés a Surface Constructor kinematikai modellező szoftverrel zajlott. A motor alkatrészeinek konstrukciós tervezése egy professzionális CAD szoftvereszközzel történt.

Kulcsszavak: belsőégésű motor, rotor, forgódugattyú, tervezés

1. Bevezetés

Bár többen már temetik a robbanómotorokat, és az elektromos hajtás térnyerését látjuk, több olyan terület van még, ahol az energiaellátás hiánya és a súlyos és terjedelmes akkumulátorok miatt a robbanómotor még előnyben van. Ilyen pl. a műrepülés. Amíg használnak robbanómotorokat, azok fejlesztésének van létjogosultsága. Egyik nem is új irány a forgódugattyús motorok fejlesztése, mivel ezeknél elmarad az alternáló mozgást végző dugattyú az összes dinamikai hátrányával. A forgódugattyús motorok további előnyei a rezgésmentes járás, kevés alkatrész, nagy fordulatszám lehetősége stb. Az egyik legismertebb forgódugattyús motor kialakítás a *Wankel*-motor, melynek első konstrukciója csak forgómozgást alkalmazott, a későbbiekben tértek át a bolygódugattyús elrendezésre. A cikkben bemutatott motoroktól jelentősen eltér abban, hogy a konstrukciója lényegét tekintve síkbeli.

Jelen dolgozat az igazi térbeli, háromdimenziós forgódugattyús motorok kialakulását mutatja be, ehhez élő találmányi bejelentésekre, szabadalmakra utal. A forgódugattyús motorok elterjedése előnyeik ellenére még várat magára a tömítés problémái és a megszokott motoroktól eltérő gyártóberendezések, anyagok és egyéb csatlakozó szolgáltatások igénye miatt. Az alternáló mozgás ellenére még uralkodó hagyományos kialakítás a gyártásukra és karbantartásukra kiépült hatalmas iparág érdekei miatt nem szolgálja az új konstrukciók elterjedését. Remélhetőleg ez a cikk is tesz egy kis lépést a jóval egyenletesebb járású új szerkezetek elterjedése irányában. Mivel ezek a motorok még fejlődésük kezdetén tartanak, sok fejlesztési lehetőséget rejtenek a gyártómérnökök, az áramlástannal és hőtannal foglalkozó kutatók, az anyagmérnökök és további területek szakemberei számára. Különösen az új anyagok, az ipari

kerámiák alkalmazása hozhat áttörést ezeknél a súrlódás nélküli rotorral és forgókamrával működő erőgépeknél.

A cikkben a szerzők egyikének találmányához vezető út bemutatása során ismertetésre kerülnek az egy- és többrotoros energiaátalakító berendezések. Az egyes kialakítások alkalmassága robbanómotor céljára, a már a geometriai kialakításukból is látható előnyeik és hátrányaik is elemzésre kerülnek a cikk elején. Majd részletesebben bemutatja a kifejlesztés alatt álló új motort, mely talán a világ legegyszerűbb kialakítású forgódugattyús robbanómotorja.

A cikk második részében az új motor gyakorlati kivitelezésére alkalmas alakjának tervezését mutatja be a dolgozat, néhány konstrukciós megfontolást és a kialakítás indoklását adva. A dolgozatot a konstrukciós munka eredményének, egy legyártható és a szerzők reménye szerint működőképes motorkialakításnak a bemutatása zárja.

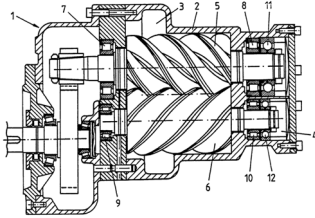
2. A forgódugattyús motorok kifejlesztése

A robbanómotorok elterjedtsége a termelés igen fontos szegmensét jelentő logisztikában, a járműiparban a legnagyobb. Bár ezen a területen az elektromos meghajtás áttörésének korszakát éljük, egy kiemelkedő képességű robbanómotornak még lehetnek évtizedei az alkalmazásban, nem is beszélve a súlyra érzékeny repülésről.

2.1. Csavarkompresszor ősök

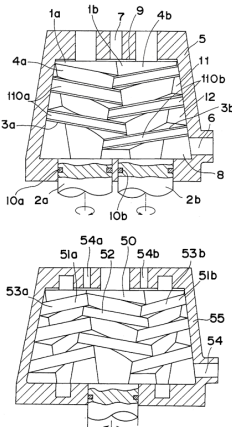
Bár nem motor, de a tömítési kérdések hasonlósága miatt első konstrukcióként a gázsűrítésre használt jól ismert kétrotoros csavarkompresszort kell említeni, melyet Henrich Krigar szabadalmaztatott Németországban 1878-ban a 4121-es számú találmánnyal [13]. Az ilyen kompresszorokban két összefonódóan kapcsolódó rotor működik, melyek az állórészben forognak. A rotorok állandó emelkedésű csavarfelületek, és a fogak profilja a csavartengely mentén

nem változik. Kompresszor nevük ellenére a gépekben a gáz nem komprimálódik, azt csak szállítják, a sűrűsödés a fogadó tartályban jön létre. Ha nagynyomású közeget vezetnénk a gépbe, akkor az motorként működne, bár gyenge hatásfokkal, mivel táguló térrész csak a beömlő résznél van, utána a mozgó zárt térfogat állandó. Az **1. ábrán** a [10] irodalom alapján mutatunk egy bevált konstrukciót.



1. ábra. Csavarkompresszor

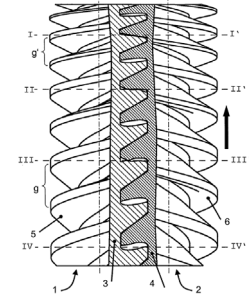
További variánsokat eredményez a rotor fogprofiljának, a menetek számának, a tengelyek közötti szögnek, valamint a csavarkerekek számának a változtatása [2,11,12,20,28]. Két forma a **2. ábrán** látható.



2. ábra. Két, vagy három kúpos rotorral rendelkező közegetovábbító gépek

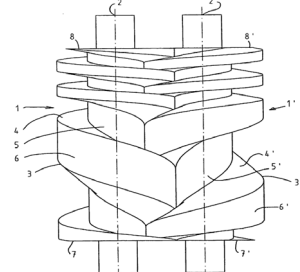
Martin találmányában [14] egymáshoz folytonosan kapcsolódó eltérő osztású több csavarfelületű szakaszt tartalmazó csavar-

kompresszor konstrukciót láthatunk, mely belső sűrítésre képes (lásd **3. ábra**).



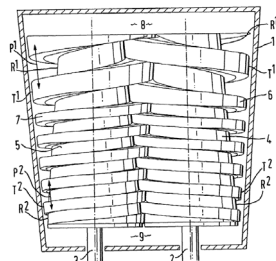
3. ábra. Eltérő osztásokkal rendelkező rotorok, Martin és Sachse javaslata

Becher a **4. ábrán** látható eltérő és folyamatosan változó osztással rendelkező rotorpárt mutatott be a [3]-ban.



4. ábra. Folyamatosan változó emelkedésű csavarfelületű rotorok Becher javaslataiban

North az elképzelést a fogmagasságra is kiterjesztette, amint az **5. ábrán** látható [19].

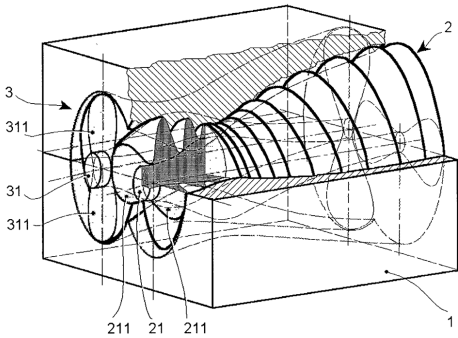


5. ábra. Rotorok változó osztással és fogmagassággal

Annak ellenére, hogy az említett csavargépek legtöbbször használható motorként

külső nyomásforrással vagy külső robbanótérrel, ezek nem belsőégésű motorok.

Belsőégésű motorként alkalmazható kialakítást mutatott be Perna a találmányában [21], mely két, változó emelkedésű és átmérőjű külső menettel rendelkező rotort tartalmaz, amint a **6. ábra** mutatja.



6. ábra. Perna belsőégésű motor találmánya

Mivel a szállítóüregek mérete ennél a konstrukciónál előbb szűkül, majd tágul, ez a gép használható belsőégésű motorként. A feltaláló hangsúlyozta ezt és elhatárolta a találmányát a korábbi motortalálmányoktól, kiemelve a különbségeket és előnyöket. Mivel a legtöbb elhatárolás a cikkbeli motort megalapozó találmánnyal kapcsolatban is érvényes, Perna állításait ide emeltük: „Elvben mint sikertelenekeket az ismert leírt csavarfelületű belsőégésű robbanómotorokat említhetjük. Az elrendezése az ilyen motoroknak eddig a kettő vagy több kapcsoló független berendezésekre, mint egy kompresszor és egy expanziós gép, korlátozódott. A hátránya ezeknek a megoldásoknak elsősorban a berendezés független részeiben megtestesülő munkatér alakjának és elrendezésének a beszíváshoz, sűrítéshez, kitáguláshoz és kipufogáshoz, egy belsőégésű motor különösen fontos folyamataihoz való korlátozott adaptációs képességét rejti magában. Az összes ismert berendezés nagyméretű. A tengellyel és henger alakú házzal rendelkezők elsősorban hosszú alakúak bírnak, a kúpos tengellyel és házzal

rendelkezők pedig nagy átmérőjűek. Ezek a tulajdonságok még a rotor dinamikus kiegyensúlyozására is hátrányos hatásúak.” Perna rotorkonstrukcióját két North-féle csavarrotorként képzelhetjük el.

A közös tulajdonsága az említett konstrukcióknak, hogy mindegyikük kettő, vagy több egymásba kapcsolódó csavarorsót alkalmaz melyek külső működőfelülettel bírnak, és az álló ház belső felülete szintén érintkezik a mozgásban lévő folyadékkal vagy gázzal. Amint a csavargépek fejlődésének előbbi áttekintéséből látható volt, sok kis módosítás vagy hozzáadás vezetett végül a csavarkompresszor alapú belsőégésű robbanómotorhoz.

2.2. A haladó üregű pumpa vonal fejlődése

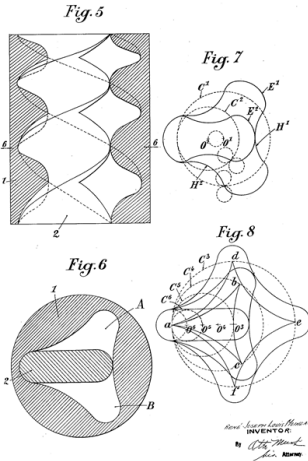
A fő geometriai felismerést, amely egy sokkal kompaktabb pumpakonstrukciót eredményezett, csavarfelületű rotorról és olyan házzal, mely eggyel több vagy kevesebb fogú belső konjugált felülettel bír, az 1930-as években dokumentálták [16,17,24]. Ezek a konstrukciók egy előnyös tulajdonsággal rendelkeznek: a konjugált felületek maguk zárnak közre üregeket, melyek axiális irányba mozognak, amikor a rotor és a forgó kamra egy megadott áttétellel forognak. Ezeknek a mozgó üregeknek köszönhetően ezek a gépek használhatók folyadék vagy gázközeg szállítására, és működhetnek pumpaként, kompresszorként, folyadék- vagy gáznyomás hatására üzemelő motorként, hasonlóan a két vagy több rotorról bíró csavargépekhez. Moineau gépében [17] a külső ház volt rögzített, és a rotor végezte a két egyesített excentrikus forgást, hasonlóan a Wankel-motor bolygódugattyújához. A **7. ábra** mutat egy képet a szabadalomból [17].

A következő gép, amelyet említeni kell ebben a sorban, a FORCYL típusú vízpumpa [15], lásd a **8. ábrát**.

Ennek a gépnek a két fő alkatrésze az 1 rotor és a 2 forgókamra. Az elv hasonló a

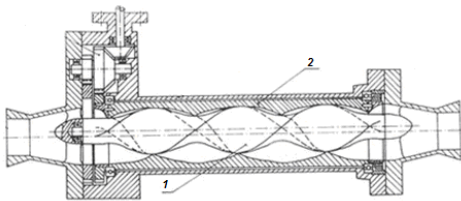
Moineau-féle gépekéhez, de ez nem eggyel több, hanem eggyel kevesebb fogat alkalmaz a belső felülethez.

Dec. 27, 1932. R. J. L. MOINEAU 1,892,217
 GEAR MECHANISM
 Filed April 27, 1931 5 Sheets-Sheet 3



7. ábra. Moineau-féle „fogaskerék-mechanizmus”

Azaz ebben a konstrukcióban a rotornak két foga van, a kamrának pedig egy. Még pontosabban a 11. ábrán 19-es számmal jelzett kamraprofil „félszög keresztmetszete”. Ezt a lehetséges kialakítást nem mutatták be a FORCYL típusú vízpumpa előtt. Ebben a konstrukcióban az aktív alkatrészek párhuzamos tengelyek körül forognak eltérő szögsebességgel ugyanabban az irányban.

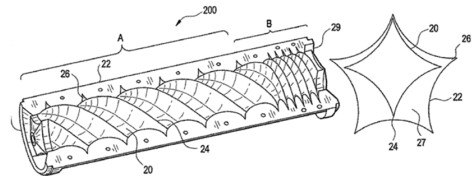


8. ábra. FORCYL típusú vízpumpa

A mozgás során a felületek zárt kamrákat alkotnak, melyek a tengelyek mentén egyenesen haladnak és szállítják a folyadék- vagy gázközeget. A jó tömítés érdekében az alkalmazott hézag közel nulla. Gázszivattyúk esetén vékony film kenés adja a

légzáró tömítést az olajfolt tehetetlenségének köszönhetően, hasonlóan a csavar-kompresszorokhoz [23]. A pontos felület lehet köszörült a szűk rés biztosítására. Ez a köszörülő folyamat hasonló a csigák köszörüléséhez, és a köszörűkorong profilja a jól ismert tervezőprogram csomagokkal, mint pl. a HELICAD [4] vagy a Surface Constructor [5,6,7] meghatározható. A korongok számított felülete előállítható CNC korongszabályzókkal.

Új szabadalmak [24,26] módosított csavarfelületet alkalmaznak a tengely mentén a növekvő vagy csökkenő térfogatú üregek eléréséhez hogy kompresszorzerű vagy expanziós gépszerű működést produkáljanak, lásd a 9. ábrát.



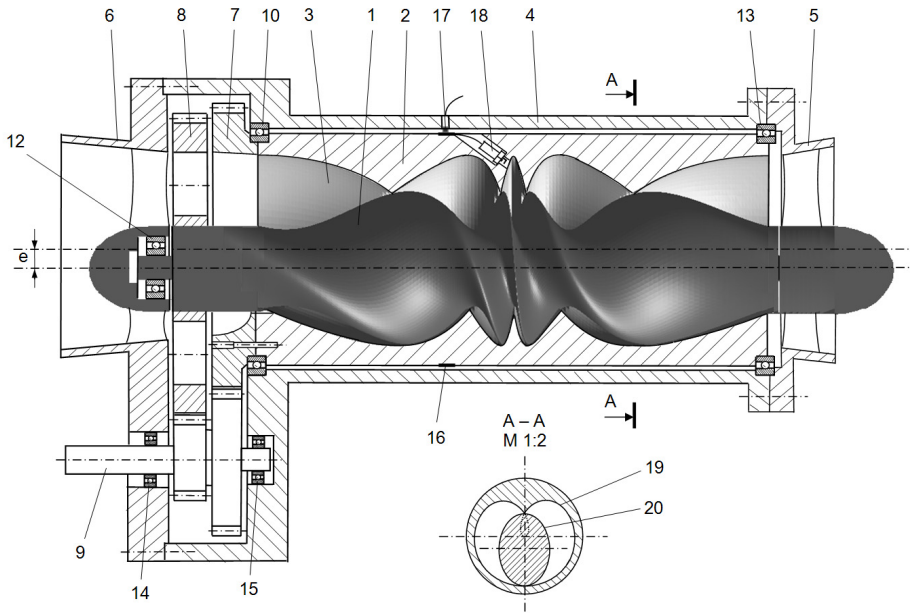
9. ábra. Nagy (A) és kicsi (B) osztás a Murrow-Giffin szabadalomban [8]

Amint az ábra mutatja, a feltalálók két, eltérő emelkedésű csavarfelületet alkalmaztak. A táguló vagy sűrítő hatás a két csavarfelület kapcsolódásánál jelentkezik. Ez a megoldás nem előnyös, mert a zárt üregek és következésképpen a nyomás csak egy igen rövid szakaszán jelentkezik a forgó alkatrészeknek. Továbbá az átmeneti részek geometriája és gyártásuk egyik szabadalomban sincs részletezve.

Jelen cikk egyik szerzőjének megoldása folyamatosan változó osztást alkalmaz a csavarfelületek teljes hosszában, lehetővé téve a nyomásváltozási hatás kiterjesztését hosszabb területre [9].

3. Az új forgódugattyús motor

A technika állásának áttekintése után a konklúzió az, hogy nem létezik a tágulókamra elvű szivattyúkon alapuló robbanómotor-konstrukció. Mivel ennek lehetnek



10. ábra. A találmány szerinti robbanómotor a rotorral (1), forgókamrával (2) és gyújtógyertyával (18)

előnyei, pl. kompaktság, egy kialakítás került bejelentésre. Egy fontos sajátossága a találmánynak [9] a kompressziós és expanziós igény kombinálása egy robbanómotorban, amint a **10. ábrán** látható. Hasonló elv figyelhető meg Perna két- vagy többrotoros konstrukciójában.

A javaslat szintén integrálja a két funkciót egy új konstrukcióban, és a szerkezet közepén egy gyújtógyertyát alkalmaz. Hogy elhatároljuk ezt az új konstrukciót a korábban szabadalmaztatottaktól, a következő eltéréseket kell kiemelni:

- Ez a kialakítás eltér Perna konstrukciójától, mert egy forgókamrát alkalmaz egy belső működő felülettel, ezáltal egy kompaktabb kialakítást eredményezve. Az áthaladó gáz a két forgóelem által van közrezárva, az állórész felülete nem fontos ehhez a feladathoz.
- Ez a konstrukció eltér a Murrow–Giffin- [18] vagy a Wiednerhofer–Rasheed- [26] gépektől, mert folytonosan változó osztást

alkalmaz, és tartalmaz egy kompressziós és egy expanziós részt is. Továbbá része egy gyújtógyertya. A fő eltérés hogy a forgóháznak csak egy foga van.

A motor működése nagyon egyszerű: a kompresszor rész beszívja a robbanókeveréket, sűríti, majd a motor közepén lévő gyertya szikrája felrobbantja. Majd a kitáguló gáz forgatja a rotort és a forgókamrát, hogy tágítsa az üreget azok között. Ez az egyik legegyszerűbb robbanómotor-konstrukció a világon. A motor egy kétütemű működésű, szelep nélkül. Mivel nincsenek szelepek, nincs veszteség a szeleprugók összenyomásakor, azok mozgatasakor és a szelepvezérlő mű működtetésekor. Nincs zaj és kopás a szelepek szeleplésen való felütközésekor, nincs ezek okozta vibráció, mely csökkentheti a motor megbízhatóságát és élettartamát. A fő dinamikai előnye a konstrukciónak a folyamatosan forgó, statikusan és dinamikusan kiegyensúlyozott részek alkalmazása, mindennemű alternáló

mozgás nélkül, és ami még fontosabb, mindenféle rángatás és vibrálás nélkül. Nincs gyorsulása az alkatrészeknek a motor nagy fordulatszámánál. A robbanás periodikus hatását csökkenti a robbanótér alakja, a tengelyirányú erők a robbanás kezdetén kis gyorsító hatással bírnak, és a tangenciális erők, melyek a forgást okozzák, hosszabb tér- és időintervallumon át hatnak, simább működést okozva. Nincs szükségtelen mozgás, a motor egyszerűen forog mindennemű csúszó tömítés nélkül, igen nagy fordulatszámokat lehetővé téve ezáltal. A sűrítési és a tágulási arányok tetszőleges függvény szerint beállíthatók. Nincs lehetőség a keverék és a kipufogógáz keveredésére a motorban. A gáz lineárisan mozog a beszívótoroktól a kipufogónyílásig. A károsanyag-kibocsátás minimális értéken tartható, mert elnyújtott égés és ismételt gyújtás szintén lehetséges. Elégtelen égés és magas kibocsátási ráta elkerülhető a kipufogó szakasz kellő hosszúságúra tervezésével. Nincs szükség kipufogóra és hangtompítóra, mert a kipufogógáz nyomása olyan alacsony lehet, mint a légköri nyomás. Ipari kerámiát alkalmazva a rotor és a forgókamra anyagaként nincs szükség hűtésre, ezáltal extrém magas hőmérséklet lehet a motorban. Az [1] forrásban bemutatott motorhoz hasonlóan olyan magas hőmérsékleten üzemelhet a motor, mely a fémmotorokat megoldasztaná. A magas hőmérséklet kevesebb el nem égett keveréket eredményez a kipufogógázban az égés hatásfokának növelése révén. Az alacsony hővezetésű kerámiáknak köszönhetően alacsonyan tartható a hővesztés. A vízűtés hiánya egyszerűbb felépítést eredményez, és magasabb energiateljesítményt eredményez, és magasabb energiateljesítményt. Amint az [1,22] említi, a vízűtés 25-35%-kal csökkenti a hatásos hőt a motorban. Egy további előny, hogy majdnem tetszőleges üzemanyag használható: bioüzemanyag, benzin, dízelolaj, JP8 repülőgép-üzemanyag, földgáz, növényi olaj és hulladékolaj.

További előnye a konstrukciónak a kiváló teljesítmény/súly arány, kevés alkatrész, nem változó hőállapot a motor mentén, azaz állandó fordulatszámú állandósult hőmérsékletértékek adódnak, kiváló üzemanyagbeszívás és kipufogás, sima nyomaték- és teljesítményleadás. Rövidebb tömítési réshosszakkal üzemel, mint Perna gépe, és a forgókamra belső felületének az élén akár hagyományos csúszótömítés is alkalmazható.

Hátrányként említhető a 3D felületek előállítási költsége, a szűk rés igénye miatti gyártási költség, a kis rés miatti nem tökéletes tömítés. A Redline [27] szerint a fizikai fordulatszám limit tényező extrém magas ennél a kialakításnál, könnyen túlszárnyalhatja a benzinmotorok 5000-7000 fordulat/perc értékét vagy a Mazda RX-8 Wankel-motorjának 9400-as fordulatszámát, sőt a versenymotorok 20 000 fordulat/perc értékét. A motorban alkalmazott fogaskerék határ fordulatszámja 40 000 ford/min [25], nem korlátozó tényező. Nagyobb teljesítményigények esetén több forgókamra párhuzamosan építhető ugyanazzal a szinkronizáló fogaskerékkel.

3.1. Motortervezés

A motor fejlesztésének a következő lépése egy kinematikai, dinamikai modellezésre, áramlástani szimulációkra is alkalmas konkrét terv elkészítése, amely akár le is gyártható. A terv, figyelembe véve a későbbi gyártáshoz elérhető lehetőségeket, első lépésben nem kerámia anyagokkal számol, hanem hagyományos fémkonstrukcióval. Továbbá a motor mérete is kisebb, várható teljesítménye a méretéből eredően egy kézi fűkasza motorjának értékét nem haladja meg.

Már a konkrét tervezés első lépéseinél jelentkezett Perna figyelmeztetése, miszerint a forgókamrás, axiális átömlésű motorokat a nagyobb hossz jellemzi. A geometriai kialakítás még a Surface Constructorral végzett elemzésnél megmutatta, hogy a zárt

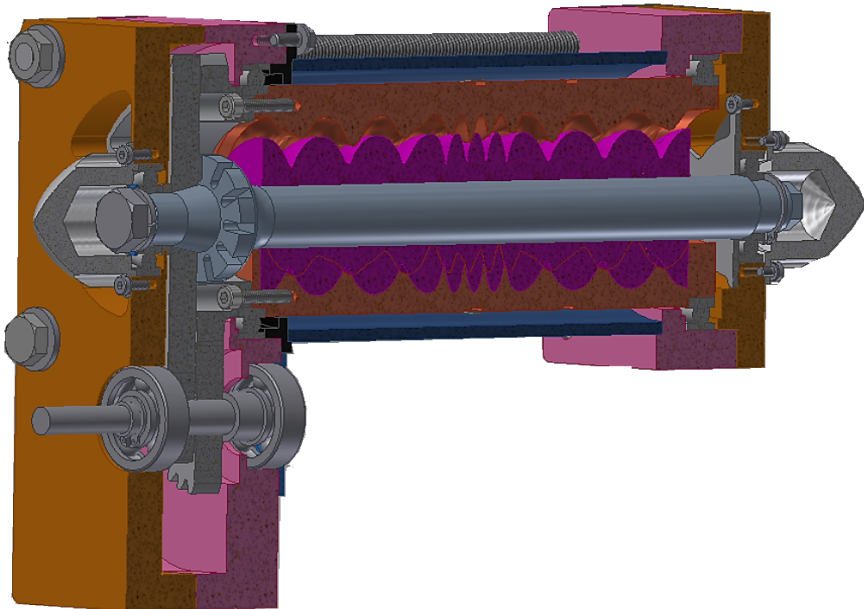
kamrák hossza jelentős, és a későn záruló, illetve hamar kinyíló kamrák miatt egyrészt hosszabb motorral, másrészt a középső részen sűrűbb menetemelkedéssel kell számolni. Ezen utóbbinak viszont ellene hat a gyárthatóság, melynél kétféle lehetőséget elemeztünk. Az első elképzelést, a forgókamra 3D-s szoborfelületként való megmunkálását félgömb végű forgácsolószerszámokkal első lépésben elvetettük, mivel egyrészt vékony árokban kellene nagy kinyúlású szerszámmal dolgozni, másrészt alámetszés is fellép a tengelye mentén osztott kamra belső alakos felületén a tengelymetszeti profil kvázi kardiodoid alakja miatt. A második elképzelés, az osztott kamrafelek kinagyolása külön-külön teknőszerűen, az alámetszésnek megfelelő ráhagyással, majd a két félből összeszerelt üreges kamra végső alakra hozása és simító megmunkálása a származtatáshoz alkalmazott ellipszisekbe illeszkedő tárcsaszerű szerszámmal realisabbnak tűnt. Itt is szükséges azonban erősített szárú szerszám a

viszonylag hosszú kinyúlás miatt. Az alkatrészek megmunkálhatóságánál további szokatlan igény nem merült fel.

További megfontolást igényelt a gáz átáramlási irányának megválasztása. Ennél abból indultunk ki, hogy az önálló olajkezeléssel ellátott szinkronizáló fogaskerék áttétel a kiáramlási oldalon legyen, ahol már az olajat lemosó benzines keverék nem éri.

A konstrukció kialakítása a technológiai megfontolások után a szokásos gépészmérnöki ismeretek felhasználásával történt. A szerkezetbe a rotor és a forgókamra közé tervezett igen kis hézag könnyebb biztosíthatósága érdekében egy, a rotor és a kamra relatív szöghelyzetének finomállítást lehetővé tévő excenteres beállító egységet is beterveztünk. A professzionális CAD rendszerben történt konstrukciós tervezés eredményét a **11. ábra** mutatja.

Egy izgalmasabb résznek még a robbanókeverék berobbanásáért felelős szikraképző elektronika és „gyújtógyertya” kiala-



11. ábra. *A kifejlesztett forgódugattyús motor metszeti nézete*

kítása tűnik. A problémát a szikraképzéshez szükséges nagyfeszültség igénye okozza, amelynek a „gyújtógyertyához” történő odavezetése a forgókamra miatt nem triviális. A tervezett módszer azzal számol, hogy a gépjárművekben szokásos módon a testet maga a fémszerkezet adja, és elegendő csak egy pólusnak a csúszógyűrű-csúszókefe párosán történő átvezetése.

Reményeink szerint a közeljövőben lehetőségünk nyílik a terv realizálásának tesztelésére és a szerzett tapasztalatok alapján a konstrukció finomítására.

4. Következtetések

A cikk áttekintette a forgódugattyús belsőégésű motorok fejlődését szabadalmi bejelentéseken keresztül. Bemutatta a szerzők egyikének találmányát, mely a világ egyik legegyszerűbb motorja, számos előnyös tulajdonsággal. A második rész ismertette egy konkrét konstrukció kialakításához vezető gyárthatósági, szerkezeti és működési megfontolásokat, és bemutatta a tervezés eredményét. A továbbiakban a prototípus megépítése és kísérletek végzése kell hogy bizonyítsa a várakozásokat, és tapasztalatokat adjon a szerkezet finomításához.

Köszönetnyilvánítás

Ez a projekt a TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0002 „Járműipari Felsőoktatási és Kutatási Együtműködés” projekt keretében került kidolgozásra. A projektet támogatta a Magyar Kormány, valamint az Európai Szociális Alap.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] 2012 Ceramic Rotary Engines, Inc: *Ceramic Rotary Engine*, <http://www.youtube.com/watch?v=YnfFEf7wyww>, Elérve: 2013. dec. 20.
- [2] Abe, Y., Maruyama, T.: *Fluid rotary apparatus having tapered rotors*. United States patent US 5533887 A, 1996 <http://www.google.no/patents/US5533887>, Elérve: 2013. aug. 21.
- [3] Becher, U.: *Twin screw rotors and displacement machines containing the same*. United States patent US 20030152475 A1, 2003, <https://www.google.no/patents/US20030152475>, Elérve: Aug. 21, 2013.
- [4] Dudás, L.: *Resolution of Geometrical Problems of Contacting Surfaces Using the Reaching Model*. Thesis for Candidate of Technical Science Degree, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, 1993.
- [5] Dudás, L.: *Surface Constructor - a Tool for Investigation of Gear Surface Connection*. Proceedings of CIM 2003 Advanced Design and Management Conference, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2003. pp. 140–147.
- [6] Dudás, L.: *Advanced Software Tool for Modelling and Simulation of New Gearings*. International Journal of Design Engineering IJDE Vol. 3, No.3, 2010. pp. 289–310.
- [7] Dudás, L.: *Gear Investigations Based on Surface Constructor Kinematical Modelling and Simulation Software*. Proceedings of UMTIK 2010 14th International Conference Machine Design & Production, Güzelyurt, T.R. Northern Cyprus, 2010. pp. 731–742.
- [8] Dudás, L.: *Modelling and Simulation of a Novel Worm Gear Drive having Point-like Contact*. Proceedings of TMCE 2010 Symposium, Edited by I. Horváth, F. Mandorli and Z. Rusák, Ancona, 2010. pp. 685–698.
- [9] Dudás, L.: *Forgódugattyús belsőégésű motor*. Magyar szabadalom P1100552 Bejelentve 2011. szept. 3, Közzétéve 2013. május 28.
- [10] Jacobsson, B. O., Gabelli, A.: *Screw compressor*. European patent EP0376373 A1, 1990, <http://www.google.com/patents/EP0376373A1?cl=en>, Elérve: 2013. aug. 21.
- [11] Jones, W. A.: *Motor*. United States patent US 678570 A, <http://www.google.no/patents/US678570>, 1901, Elérve: 2013. aug. 21.
- [12] Kapp, B.: (), *Improvements in Screw Pumps*. Patent GB696732 (A), <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=GB&NR=696732A&KC=A&FT=D&ND=&date=19530909&DB=>

- &locale=en_EP, 1953. Elérve: 2013. aug. 21.
- [13] Mann, D.: *Compressor System Technology: Evolutionary Potential and Evolutionary Limits*. [http://www.systematic-innovation.com/Articles/05/Feb05-Compressor System Technology-Evolutionary Potential and Evolutionary Limits.pdf](http://www.systematic-innovation.com/Articles/05/Feb05-Compressor%20System%20Technology-Evolutionary%20Potential%20and%20Evolutionary%20Limits.pdf), 2005. Elérve: 2013. aug. 21.
- [14] Martin, H., Sachse, R.: *Rotors for a screw compressor*. Patent EP 1722104 A2, [https://www.google.no/patents/EP1722104 A2?hl=hu&cl=en](https://www.google.no/patents/EP1722104A2?hl=hu&cl=en), 2006, Elérve: 2013. dec. 21.
- [15] Micro Europe Kft.: *A Sokszögmegmunkálás élvonalában* (In the Frontline of Polygon Surface Machining), <http://www.microeur.ope.hu/indexsziv.html>, 2012. Elérve: 2012. febr. 19.
- [16] Moinean, B. J. L.: *Gear Mechanism*. United States patent US RE21374 E, 1940. <http://www.google.com.tr/patents/USRE21374>, Elérve: 2013. aug. 21.
- [17] Moineau, L. R. J.: (), *Gear Mechanism*. United States patent US 1892217 A, <http://www.google.com.tr/patents/US1892217>, 1932, Elérve: 2013. aug. 21.
- [18] Murrow, K. D., Giffin, R. G.: *Axial Flow Positive Displacement Turbine*. United States patent 2009/0226336 A1
- [19] North, M. H., (), *Screw vacuum pump*. United States patent US 20010024620 A1, <http://www.google.com/patents/US20010024620?hl=hu&cl=en>, 2001. Elérve: 2013. dec. 21.
- [20] Oscar, L., Rich, J. P., Thompson, N.: *Intermeshing screw pumps and the like*. United States patent US 2908226 A, <http://www.google.no/patents/US2908226>, 1959. Elérve: 2013. aug. 21.
- [21] Perna, V.: *Equipment with mutually interacting spiral teeth*. United States Pat. US 20030012675 A1, <http://www.google.de/patents/US20030012675>, 2003. Elérve: 2013. dec. 21.
- [22] Ronney, P. D.: *Hydrocarbon-fueled internal combustion engines: "the worst form of vehicle propulsion... except for all the other forms"*. <http://ronney.usc.edu/whycengines/WhyICEngines.pdf>, Elérve: 2013. dec. 21.
- [23] Stosic N., Smith I. K., Kovacevic, A.: *Opportunities for Innovation with Screw Compressors*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering, Vol. 217 No. 3, 2003. pp.157–170. <http://www.staff.city.ac.uk/~ra601/oportsvi.pdf>, Elérve: 2013. aug. 23.
- [24] Taylor, A., Ashbourne, E. P. S.: *Helical gear pumps*. United States patent US 3168049, <http://www.google.com.tr/patents/US3168049>, 1965. Elérve: 2013. aug. 21.
- [25] Triveni Engineering & Industries Ltd. product catalogue: *High Speed Gears and Gearboxes*. <http://www.trivenigroup.com/download/gearbox-catalogue.pdf>, Elérve: 2013. dec. 21.
- [26] Wiedenhofer, J. F., Rasheed, A.: *Non-contact seal for positive displacement capture device*. United States patent US 20090220369 A1; 2009. <http://www.patentgenius.com/patent/7837451.html>, Elérve: 2013. aug. 21.
- [27] Wikipedia: *Redline*. <http://en.wikipedia.org/wiki/Redline>, 2008, Elérve: 2013. dec. 21.
- [28] Yoshihiro, M., Toshio, M.: *Rotary gas motor and compressor with conical rotors*. United States patent US 3116871 A, 1964. <http://www.google.no/patents/US3116871>, Elérve: 2013. aug. 21.