

## KERÁMIA DUGATTYÚ GYÁRTÁSA MIKROFOGYASZTÁSÚ VERSENYAUTÓHOZ

### CERAMIC PISTON MANUFACTURING OF A MICROCONSUMPTION RACE

Vaczkó Dániel

*Kecskeméti Főiskola, GAMF kar, Járőműtechnológia tanszék, Magyarország, Kecskemét, Izsáki út 10., Telefon: +36-76-516-387, vaczko.daniel@gamf.kefo.hu*

#### Abstract

In today's prospering world, electric vehicles broaden their horizons. Their presence will be just slightly noticeable in the future because of their high costs and restrained usability. Nowadays most vehicles operate with an internal combustion engine and their development takes a lot of money and effort. The biggest way in developing cars is the increase of efficiency. During our experiment, we did research on delivering a better efficiency, and within that the developments on parts having direct connection with the combustion chamber, namely the piston. After comparing different materials, we chose ceramics as the appropriate piston material.

**Keywords:** *piston development, ceramic,  $Al_2O_3$ , internal combustion engine.*

#### Összefoglalás

A mai fejlődő világban egyre nagyobb teret hódítanak az elektromos járművek. Ezek korlátozott használhatósága, illetve magas árak miatt elterjedésük lassan fog bekövetkezni. Manapság is a járművek nagy része belsőégésű motorokkal üzemelnek, fejlesztésükre sok időt és pénzt fordítanak. Az egyik legnagyobb fejlesztési irányvonal a hatásfoknövelés. A kutatásunk során a hatásfok javításával, azon belül az égéssel közvetlen kapcsolatban álló alkatrész fejlesztésével, a dugattyúval foglalkozunk. Különböző anyagok összehasonlítása után, a kerámiát választottuk megfelelő dugattyúanyagának.

**Kulcsszavak:** *dugattyú fejlesztés, kerámia,  $Al_2O_3$ , belsőégésű motor.*

#### 1. A fejlesztés szempontjából ideális dugattyú anyag kiválasztása

A fejlesztés célja, egy olyan dugattyú készítése, amivel a belsőégésű motor hatásfokát növelni lehet. Hatásfokot kétféle módszerrel lehet növelni, a súrlódások csökkentésével, illetve a hőátadás csökkentésével. A kettő közül, a súrlódási viszonyokat is szem előtt tartva, elsősorban a

hőátadás csökkentését tűztük ki célul. Ezt olyan anyag megválasztásával lehet elérni, amely hővezetési együtthatója a lehető legkisebb. A következő, **1. táblázatban** a jelenleg használt, illetve az új dugattyú fejlesztése során használható anyagokat mutatjuk be, a kiemelkedő tulajdonságokkal rendelkező kerámia tulajdonságai az utolsó sorban láthatóak.

1. táblázat. A lehetséges anyagok

Anyag	Sűrűség, g/cm <sup>3</sup>	Rug. eh., GPa	Hővezetési eh., W/(m K)	Lin. hőtágulási eh., 10 <sup>-6</sup> 1/K
Ötöttvas	7,8	115	60	9
Al + 18% Si	2,7	69	140	17
Rozsdamentes acél, AISI 302	7,86	193	16,2	17,8
Titán Ti-6Al-4V	4,43	114	6,7	9
A-997 kerámia (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3,90	380	24	5,4-8,4 ~ 7

A kerámia az az anyag, ami a járműgyártás terén még eléggé újnak számít. Ritkán, legfeljebb csak kísérleti fázisban használatosak. Az előgyártmány előállítás, majd a készremunkálás körülményes, különleges technológiát igényel, főképp az előző anyagokhoz képest. A fejlesztés céljai tekintetében rendkívül jó tulajdonságokkal rendelkezik. Hővezetése a rozsdamentes acéltól és a titántól csekély mértékben elmarad, de még így is az alumínium ötvözetekhez képest tényezője ötöde. Hőtágulási tényezője nagyon kicsi, így a legkedvezőbb. Sűrűlódási tényezője viszont rendkívül alacsony. [1]

Az új fejlesztésű dugattyú anyagául a kerámia bizonyul a legmegfelelőbbnek.

## 2. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - műszaki kerámia

A kerámia az emberiség életében már több ezer éve jelen van. A kerámia görög szóból ered, jelentése kiégetett. Régen az agyagból és kaolinból kiégetett porcelán tárgyakat neveztek kerámiáknak.

Mára a kerámia szó gyűjtőfogalomná vált. Kerámiának nevezünk minden olyan mesterségesen előállított szervesetlen anyagot, amely nemfémesen viselkedik. Ezek az anyagok általában igen nagy villamos ellenállással rendelkeznek, mivel az ezeket lehetővé tevő szabad elektronok a szerkezetből hiányoznak. [2]

A kerámiák osztályozása több csoportra sorolható. A dugattyú fejlesztése során az oxidkerámiák csoportjában található műszaki kerámiák közül az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-at fogjuk alkalmazni.

Az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> műszaki kerámiák fontosabb tulajdonságai a fejlesztés szempontjából:

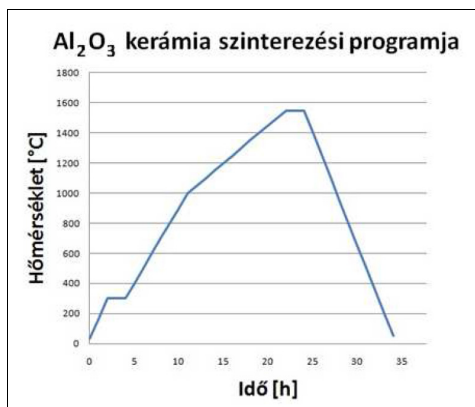
- kis sűrűség,
- magas olvadáspont,
- nagy keménység,
- nagy kopásállóság,
- nagy melegszilárdság,
- ridegség, törékenység,
- nehézkes gyárthatóság.

A nyersanyagból előállított porok alkalmazásának két lehetősége van, iszapöntés és sajtolás. Öntésre azok a kerámiák alkalmazhatók, amelyeknek a vízfelvétele széles határok között választható. Sajtolásnál a kerámiapor csak a kötést erősítő anyagokat tartalmaz. Az alakadást követően, a víz kiszárítása után (öntésnél), megfelelő követelményeknek megfelelően kiégetik a terméket. [2]

A dugattyú előgyártmányát sajtolásos módszerrel hozzuk létre, így a továbbiakban ezzel fogunk foglalkozni. A sajtolás többféle módja ismert, ilyen a száraz, nedves, illetve hideg és meleg sajtolás.

Végső tulajdonságait kiégetéssel lehet elérni. A kiégetés nagy hőmérsékleten, álta-

lában 1300-1600°C-on történik, amelynek során új fázisok jönnek létre az adalékanyagok hasznosulásával. Hatására csökken a kerámia porozitása, törekenysége, javulnak a mechanikai tulajdonságai.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  kerámia esetén az elérhető sűrűség a kiégetés hőmérsékletétől is függ. [2]



1. ábra. A szinterelés programja [2, 53. oldal]

### 3. Gyártás

Miután kiválasztásra, megismerésre került a kiválasztott anyag, elemeztük a dugattyú igénybevételeit, ezután elkezdtük annak geometria tervezését. A kész geometriával szimulációkat végeztünk, majd a végleges forma segítségével a gyártáshoz szükséges prészszerzőt terveztük meg. Az elkészült sajtoló szerző segítségével a nagy pontosságú kerámia alkatrészeket gyártó cég elkészítette a dugattyút.

Az elkészült szerzőval a gyártónál folytatódott a dugattyú elkészítése. A szerzőt egy speciális gumicsőbe helyeztük bele, majd feltöltöttük a 95% tisztaságú, 1  $\mu\text{m}$ -nél kisebb szemcsenagyságú kerámia porral. A gumicsövet felülről lezártuk, ezután behelyeztük a présgépbe. A préselést a gépben lévő szobahőmérsékletű víz fogja elvégezni 1000 bar-os (!) nyomással. A présgép ezt a nagy nyomást hidraulikus áttételeken keresztül valósítja meg. A prése-

lés közben a porszemcsék között maradt levegő gyors nyomásesés esetén képes szétrepeszteni a préselt darabot, ezért a nyomás leengedése elég kényes művelet. Az utolsó fázisban a szerzőt ki kell venni az elkészült előgyártmányból. Ez nagy tapasztalattal és kezűgyességet igényel.

Az első préselést követően a szerzőt kivéve a préselt előgyártmányból a csapszelemből sajnos le is tört egy kisebb darab. Ezt a problémát szerző felületén utólag megtalált kisebb hiba okozta. A felületi hibát speciális polírozó szerrel, (disznózsírba kevert gyémántporral) a szerzőn kijavításra került, így a további előgyártmányok sikeresen elkészültek.



2. ábra. A présszerző

A következő lépésben esztergálással és marással készült el a külső geometria. Ennél a folyamatnál minden méretet egy megadott értékkel felszorozva kell elkészíteni a munkadarabot a hőkezelés közben fellépő zsugorodás miatt. A forgácsolás során a préselt előgyártmány kréta állagú anyagával kell dolgozni, ami a megfogásoknál igen nagy odafigyelést igényel, ugyanis csekély erő alkalmazása esetén az előgyártmány összeroppan. Az előgyártmány kréta állaga ellenére is csak gyémántszerzőkkel munkálható meg. Ez a préselt, kréta állagú anyag rendkívüli módon képes koptatni a

gyémánt anyagú, illetve a gyémánt bevonatú szerszámokat is. Az esztergálási folyamat a **3. ábrán** látható.



**3. ábra.** A kerámia előgyártmány esztergálása

A forgácsolás után a darabok kiégetése következett. Ezt 1300-1600 fokon több napon keresztül, fontos és titkos technológiai folyamatok betartásával végeztük. Eközben a szerves kötőanyagok kiégnek és végül a kréta állagból egy igen kemény, most már kerámia anyag lesz. A kiégetés utáni művelet a köszörülés. A kiégetett kerámia olyan kemény anyaggá válik, amit tisztán csak kötőanyagba ágyazott gyémántszemcsés koronggal lehet köszörülni. A köszörülés során speciális munkadarab készüléket kell igénybe venni a darab ridegségéből adódóan. Ebben a műveletben készült el a műszaki számítások és a szimuláció segítségével meghatározott kúposság, illetve a

csapszemfuratok tűrésezett méretei. Az elkészült alkatrész a **4. ábrán** látható.



**4. ábra.** Az elkészült dugattyú

#### 4. Következtetések

A gyártás után a szokásos méretellenőrzések kerültek elvégzésre, amely során meggyőződünk arról, hogy a meghatározott méretek, tűrések pontosan kerültek legyártásra.

Az utolsó lépésben félpadi méréseket végeztünk, aminek eredményeiről egy későbbi cikkünkben fogunk beszámolni.

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Vaczkó D.: *Mikrofogyasztású versenyautó dugattyú fejlesztése*. 2015., OTDK, különdíj
- [2] Engyel F.: *Alumínium-oxid alapú polimerfeldolgozó szerszámok fejlesztése*. 2012.