

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word)* 1 (2017) 1-21

Amerikai és európai perspektívák a kerámiák és üvegek ipari alkalmazásaira

Furkó Mónika, Dr. Balázs Katalin, Dr. Balázs Csaba

MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet,
1121 Budapest, Konkoly-Thege út 29-33,

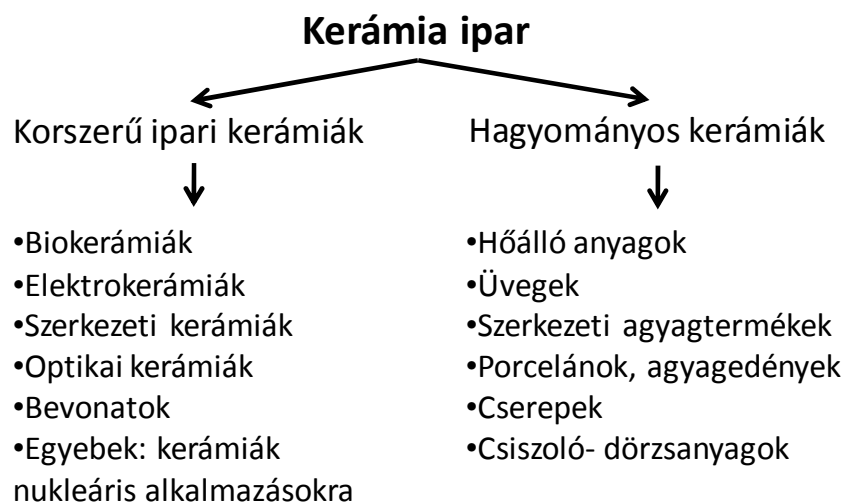
email: balazsi.csaba@energia.mta.hu

Absztrakt

A kerámia és üvegyipar jelentős helyet foglal el a többi iparág között változatos kereskedelmi termékskálával; téglák, csempék, cserepek, üvegeszközök, tárolóedények, különféle tartozékok, kiegészítők kapacitorokhoz, optikai szálakhoz, orvosi eszközökhöz, repülőgép motorokhoz vagy üvegeszközök elektronikai felhasználásra. A termékek változatossága és a lehetőségek szinte végtelenek, de emellett előállításuk magas szintű tervezést igényel. A cikk bemutatja az amerikai és európai kerámiaipar fő alkalmazási területeit az elmúlt évekre visszatekintve és kitér a közeljövő trendjeire is.

Bevezetés

A kerámiaipar alapjaiban két részre osztható: 1) korszerű kerámiák és 2) hagyományos kerámiák (1. ábra). Bizonyított tény, hogy a hagyományos kerámiaipar (hőálló anyagok és üvegek) olyan minőségű újszerű, innovatív termékeket állít elő, amelyek vitathatalanul elérik a korszerű technikai kerámiák minőségét.



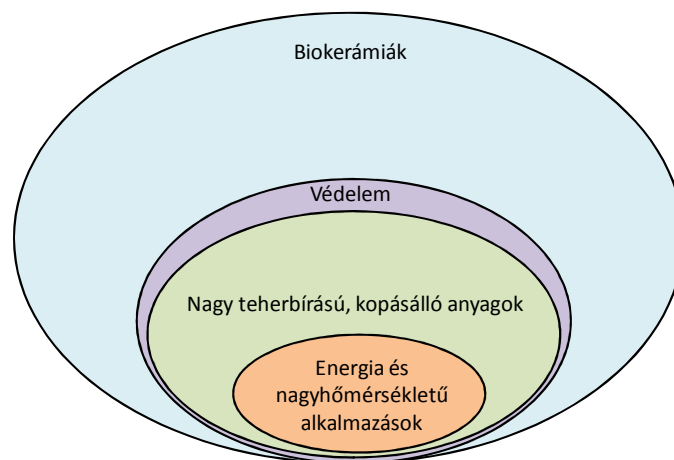
1. ábra. A kerámiaipar felosztása

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word)* 1 (2017) 1-21

Visszatekintés a kerámia ipar alkalmazásaira és a jövő céljai

A *Grand View Research* piackutatási felmérése alapján, mely egészen 2024-ig előrejelzi a végfelhasználás alakulását, 56,7 milliárd dollárra becsülték 2015-ben a kerámia hasznosításának bevételét [1]. A tanulmány magában foglalta az alumínium, titanát, cirkonát és ferrit komponensek piacát a többi kerámiaanyagok között a tömbi kerámiákban, kerámiabevonatokban és kerámia-mátrix kompozitokban, amiket az elektronikában, autóiparban, gépgyártásban, környezettechnológiában és az orvosi eszközökben használnak. Az ipari szereplők a jelentős piaci igény miatt várhatóan növelik a kutatás-fejlesztésre szánt kiadásait, hogy eleget tegyenek az elvárásoknak és próbálják fejleszteni a gyártástechnológiát a termelés költségeinek csökkentése érdekében.

A *BBC Research* felmérése szerint, a korszerű kerámiák piaca csak Észak-Amerikában 4,5 milliárd dollár volt 2015-ben és előreláthatóan 6,7 milliárdra növekszik 2020-ra. A 2. ábra mutatja az egyes ipari szektorok várható hozzájárulását ehhez a növekedéshez [2]. A repülőgépipar kitűnő példát szolgáltat arra, hogyan tud egy iparág jelentős bevételhez jutni az ellátó hálózatán keresztül a kerámiák felhasználásával.



2. ábra. Piaci szegmensek arányainak várható alakulása az észak-amerikai korszerű ipari kerámiagyártás területén 2020 ig.

A gázturbinák világméretű eladása 2015-ben elérte a 39 milliárd dollárt és várhatóan 2028-ig terjedően a civil és katonai repülőgépipar 1,07 trillió dollárt fog generálni [3].

A kerámia védőbevonatok, amelyek ellenállnak az extrém hőmérsékleteknek és agresszív környezeti hatásoknak, fontos részei a gázturbina motoroknak. A globális kerámiabevonat piac, beleszámítva a repülőgépipari felhasználást, előreláthatóan eléri a 9,07 milliárd dolláros bevételt 2020-ban [4], amihez 1,9 milliárd dollárral az észak-amerikai piac is hozzájárul [5]. Mindezek mellett, a Safran (GE) által tervezett 3D LEAP motor, kerámia mátrix kompozit

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word)* 1 (2017) 1-21

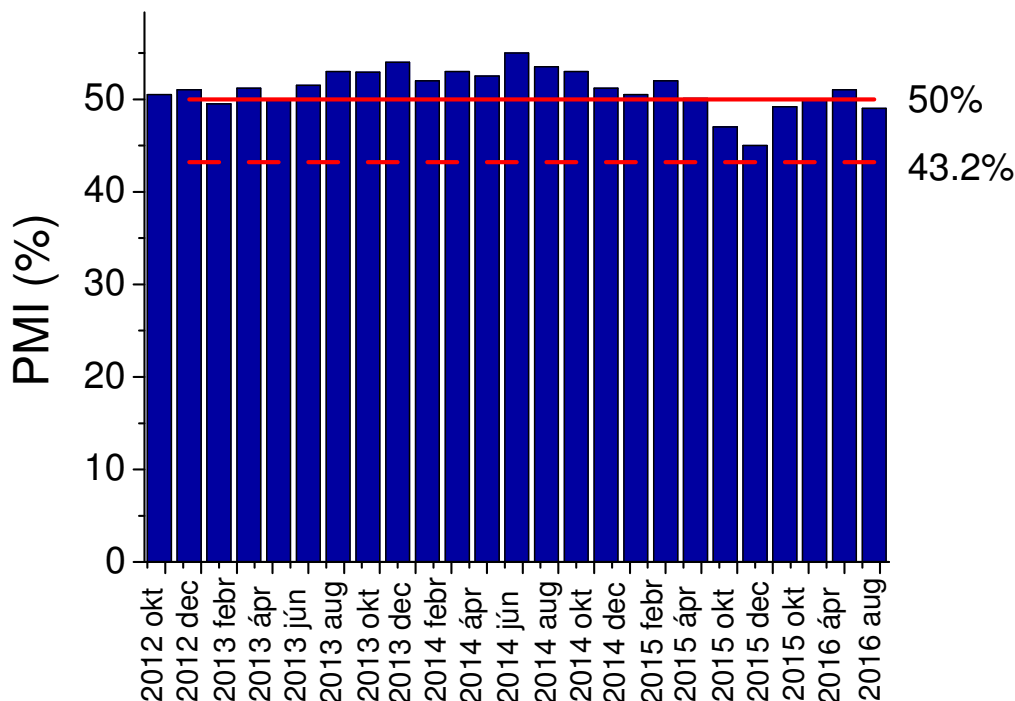
összetevőkkel, 2016 őszén lett bemutatva. A GE weboldala szerint a vállalat már több, mint 6000 darabot rendelt belőle kb. 78 milliárd dollár értékben [6].

A jövőben az innovatív eljárások (adalékanyagok gyártása, alkalmazása valamint polimer alapú kerámiák) újfajta anyagok és formulák felfedezését eredményezhetik. Ezen technológia kiváló lehetőségeit jól tükrözi a 2021-re előreláthatóan 131,5 millió dollár bevételt hozó 3D nyomtatott kerámia anyagok, termékek széles piaca [7]. A kerámia komponensek alkalmazási köre függ az anyag fizikai-kémiai és mechanikai tulajdonságaitól, e szerint a tömbi kerámiák, kompozitok, porózus kerámiák, szálak vagy bevonatok más és más területen használhatóak optimálisan.

Számos konferencia és rendezvény célja manapság a legfrissebb kutatási eredmények és fejlemények bemutatása és terjesztése a funkcionális kerámiák területén, megmutatva az iparág folyamatos növekedését és fejlődését. Elmondható az is, hogy a harmadik alkalommal megrendezett 'Ceramic Expo' mára bebiztosította helyét mint évente megrendezendő esemény Észak-Amerikában, ami összehozza a vállalatokat és szervezeteket, amelyek a kerámia technológiából élnek és azzal foglalkoznak. Az Amerikai Kerámia Szövetség (ACerS) szintén megalapította a Kerámia és Üveg Ipari Alapítványt (The Ceramic and Glass Industry Foundation) 2014-ben, hogy vonzza, inspirálja és képezze a kerámiaipar következő generációjának szakértőit. Ezek az események mind jól demonstrálják az ipar életképességét, azonban kérdés, mit hozhat még a jövő.

Széleskörű felmérések az iparágban optimista jövőt jósolnak a gyártás területén. Az 'Institute for Supply Management, (ISM)' egy világméretű professzionális ellátást irányító szervezet, amely gazdasági indikátorokat tesz közzé a havi publikációiban, amit 'Report on Business'-nek hívnak. A különféle iparágak hivatalos értékesítői között végzett felmérés alapján általános képet kaphatunk az úgynevezett termelő és nem termelő iparágak aktuális helyzetéről az USA-ban, amit PMI-ként, azaz Purchasing Manager's Index-ként is ismernek. Habár az adatok kifejezetten USA centrikusak, a nemzetközi gyártók ugyanúgy követik a PMI értékeket, mivel gyors rátekintést biztosítanak a teljes gazdaságra és a rész-iparágakra is. Az ISM szerint a PMI értékek következetesek és pontosak a globális gazdaság várható alakulásának meghatározásában a termelő és nem-termelő szektorban egyaránt [8]. Az értékeket százalékokban fejezik ki, ahol az 50%-nál nagyobb értékek növekedést jósolnak, míg az 50%-nál kisebbek a gazdaság visszaesését. Az ISM által megadott legfrissebb PMI százalék 51,5% volt 2016 szeptemberében, hét különböző iparág, köztük a nemfémes ásványi anyagok piacának egyértelmű növekedésével [9]. Az utóbbi 12 hónap átlagos PMI értéke 50,3% míg az utóbbi 4 évé 52,9% (3. ábra). Ezen kívül az ISM állítja, hogy amennyiben a PMI értékek tartósan 43,2 % fölé maradnak, akkor általános gazdasági növekedésről beszélhetünk és hogy a PMI már 88 egymást követő hónapban növekvő tendenciát mutat a termelőiparban.

Furkó M., Balázsi K., Balázsi C., *Anyagok Világa (Materials Word)* 1 (2017) 1-21



3. ábra. Az ISM által meghatározott PMI indexek 2012 augusztusától 2016 augusztusáig [10] az USA gazdasági termelékenységére. Az 50%-nál nagyobb indexek (folytonos piros vonal) növekedést jelez és alatta kisebb gazdasági visszaesést. A folyamatosan 43,2%-nál nagyobb PMI indexek (szaggatott piros vonal) viszont általános gazdasági növekedést mutat.

A PMI értékek kiegészítéseként az 'U.S. Department of Labor's Bureau of Labor Statistics (BLS)' nyomon követi és közzéteszi a részletes hivatalos gazdasági információkat a munkaerőpiac területén. Ezek az információk pontos rálátást engednek a foglalkoztatottság és termelékenység általános alakulására a különféle független ipari szektorokban, ami jelezheti azon iparágak piacképességét, fejlettségét. A BLS adatai (Current Employment Statistics survey) magában foglalja megközelítőleg 146000 üzlet és állami hivatal adatait mind az 50 USA államban.

A 2015 decemberében publikált statisztikai adatok (Monthly Labor Review) meglehetősen optimizmusra adnak okot a jövőre nézve [11]. Ezen kívül a BLS azt jósolja, hogy a foglalkoztatottság az USA-ban elérheti a 160,3 millió főt 2024-re, mintegy 0,6 % növekedést eredményezve. A termelési előrejelzések jóslata szerint a USA hozama eléri a 34,6 trillió dollárt 2024-re, 2,2%-os átlagos évenkénti növekedéssel, a 2014-es adatok alapján. A termelési hozam 2004-től 2014-ig mintegy 1%-os átlagos évenkénti növekedést mutatott.

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word)* 1 (2017) 1-21

1. Táblázat. *BLS statisztikai adatai az USA foglalkoztatottsági és termelékenységi rátájának változásáról.*

	Foglalkoztatottság változása 2004 és 2014 között	Foglalkoztatottság változása 2014 és 2024 között	Termelékenység változása 2004 és 2014 között	Termelékenység változása 2014 és 2024 között
Bányászat	4,9%	0,9%	2,1%	1,9%
Építészet	-1,3%	1,2%	-3,0%	2,8%
Gyáripar	-1,6%	-0,7%	0,7%	1,9%

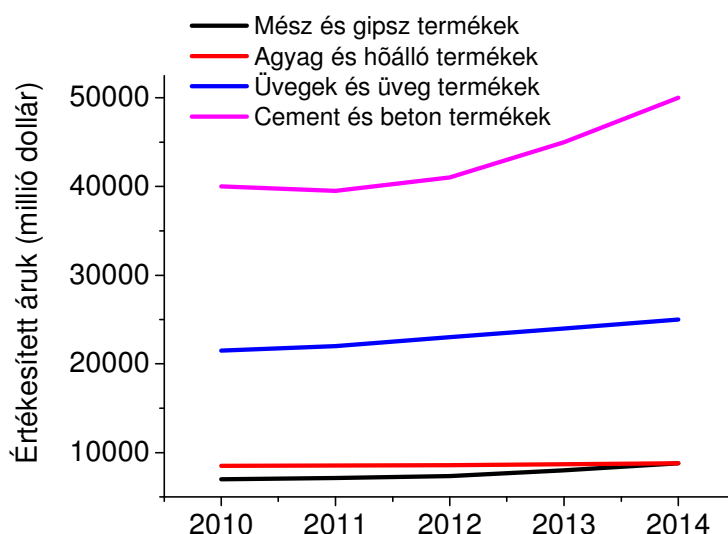
A bányászat területén megfigyelhető lassú növekedés főként az olajárak változása miatti bizonytalanságnak tulajdonítható, azonban az alkalmazott technológiák, úgymint vízszintes fúrás, hidraulikus repesztéses olajbányászat valamint a nyílttengeri olajbányászat várhatóan hozzájárul a termelékenység növekedéséhez.

A statisztikai adatok alapján az építőipar fog a legtöbb munkahelyet biztosítani az árutermelő szektorban 2014-től 2024-ig, azonban még mindig nem fogja elérni a gazdasági válság előtti időszakét. A gazdasági növekedés rátája és a termelési hozam azonban mégis ebben az iparágban lesz a legnagyobb, meghaladva az átlagos növekedési ütemet. Azonban a gyáriparban a munkahelyek száma csökkenni fog, míg a termelékenység várhatóan növekedik a 2014 és 2024 közötti időszakban. A jelentések szerint a termelési hozam 1,9 % éves növekedést fog hozni és eléri a mintegy 6,6 milliárd dollár összeget 2024-ben. A kevesebb munkahely és mégis megnövekedett bevétel magyarázata az automatizálás bevezetése, gyári egységek összevonása és költséghatékonyabb termelési eljárások bevezetése a legtöbb iparágban. Mindez azt is eredményezte, hogy a munkáltatóknak az eddigiekhez képest más kézettségű munkaerőkre is szükségük lett. Mivel az utóbbi néhány évtizedben a gyárak egyre automatizáltabbak lettek, ezért nagy szükség lett informatikusokra és szakképzett technikusokra akik tervezni és működtetni is tudják a berendezéseket. A gyártási részleg az árutermelő szektorban további specifikus területekre osztható az NAICS (North American Industry Classification System) besorolása szerint. Ezen besorolás szerint a nemfémes ásványi anyagok termelése a 327-es kódot kapta. Ez az iparág adja a kerámiaipar legnagyobb hozamát, ezért a következő fejezetben részletesen tárgyaljuk a jövőben várható alakulását, fejlődését.

A nemfémes ásványi anyagok 4 fő területre oszthatók; hőálló agyag termékek, üvegtermékek, cement és beton termékek, mész, gipsz és egyéb termékek. Az előállításuk 2004 és 2014 között éves 1,3% csökkenést mutatott a bevételben, azonban 2014 és 2024 között várhatóan 1,8 %-os növekedést fog eredményezni. A legnagyobb ütemben a cement és betongyártás fog növekedni, mintegy 2,5 %-al évente. A legutóbbi 2014-es felmérés szerint (U.S. Census Bureau's Annual Survey of Manufactures) több, mint 50000 cég és intézmény adatait

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word) 1 (2017) 1-21*

felhasználva, megfelelő statisztika kapható az előállított és értékesített, NAICS kódokkal ellátott összes termék értékére [12]. A statisztika szerint a megtermelt és értékesített nemfémes ásványi anyagok értéke 2004 és 2014 között összesen 26%-al nőtt. Ezen belül az eladott hőálló agyag termékek értéke 15%-al, az üvegtermékeké 20%-al, a cement és betontermékeké 25%-al és a mész, gipsz eladás pedig 45%-al növekedett (4. ábra)



4. ábra. A 2010 és 2014 között értékesített összes termék (NAICS kód 327: nemfémes ásványi termékek gyártása) értéke dollár millióban. Az adatok az 'U.S. Census Bureau legfrissebb éves piackutatási eredményeinek összefoglalása [12].

Általánosan elmondható, hogy a kerámia és üvegyanyagokat főként komplex rendszerekben használják, úgymint autók alkatrészeiben és épületekben valamint felhasználják alapanyagként más termékek gyártására is. Erre a legjobb példa a hőálló anyagok gyártása. Ezen kívül a végfelhasználó szektornak nagy hatása van a kerámia és üvegyiparra.

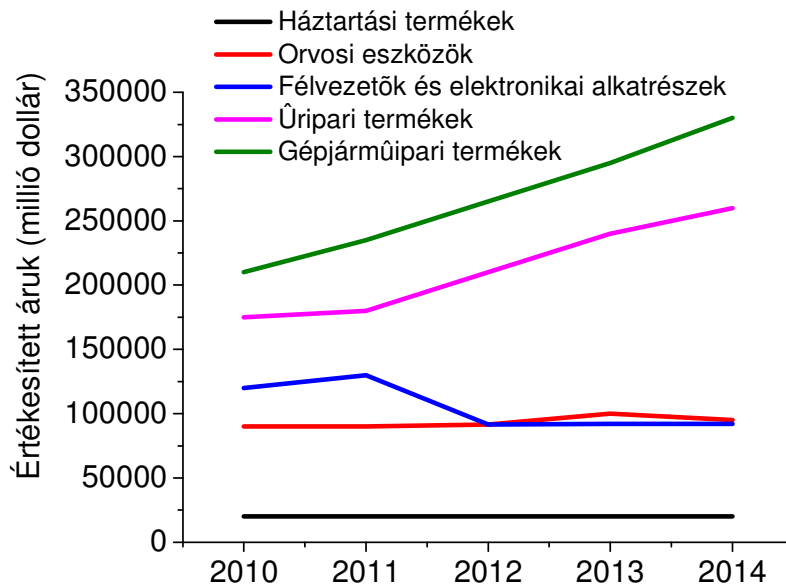
Kulcsfontosságú iparágazatok, amelyek nagy mennyiségű kerámia és üveg alapanyagot használnak fel a következők:

- Számítógép és elektronikai termékek gyártása, bevételük 2004 és 2014 között éves 2,6%-al nőtt és várhatóan 2014 és 2024 között is ilyen ütemű növekedést mutat.
- Elektromos berendezések, készülékek és alkatrészek gyártása, 2004 és 2014 között mintegy 0,7%-os csökkenést mutatott, azonban 2014 és 2024 között előreláthatóan 2,1% os növekedést hoz bevételben.
- Szállító berendezések gyártása 2004 és 2014 között 1,9%-al nőtt és várhatóan 1,3%-al még tovább növekszik a bevétele a 2014 és 2024 közötti időszakban.
- Kiegészítő anyagok gyártása mintegy 3,3%-os éves növekedést mutatott 2004 és 2014 között és várhatóan ebben az ütemben fog növekedni az ezt követő 10 évben is.

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word)* 1 (2017) 1-21

- Orvosi műszerek és eszközök gyártása és eladása 2004 és 2014 között éves 5,6%-os ütemben nőtt, azonban előreláthatóan 2014 és 2024 között ez a növekedési ütem lecsökken éves 3,3%-ra.

Az eladási adatok alakulása az utóbbi 5 évben a 5. ábrán láthatóak.



5. ábra. A 2010 és 2014 között értékesített összes termék értéke dollár millióban a kiválasztott végfelhasználói szektorokban. Az adatok az 'U.S. Census Bureau legfrissebb éves piackutatási eredményeinek összefoglalása [13].

Manapság sokféle módszer és besorolás létezik az egyes iparágak produktivitásának mérésére. Az eladási adatok jól mutatják az adott cég hozzájárulását a szektor teljes bevételéhez. Azonban ezeket az adatokat óvatosan kell kezelni és nem lehet túlértékelni. Például a legtöbb cég eladási adatai nem csak a kerámia és üveg termékek eladásából származó bevételt tükrözik, valamint nem tartalmazzák a különböző ún. mellékköltségeket.

A következő táblázatban (2. Táblázat) összefoglaljuk néhány piacvezető cég eladási adatait valamint a cégek főbb jellemzőit. Néhány nagy mult cég, úgymint a GE és a 3M, ugyanúgy tekinthetők végfelhasználónak, mint ellátóknak. Mindezek mellett széleskörű termékportfóliójuk hatalmas bevételt eredményez. A táblázat ezen kívül mutatja az egyes cégek hozzájárulását az iparág teljes bevételéhez. Látható, hogy még a kisebb cégek, úgymint a Du-Co Ceramics és a Superior Technical Ceramics is milliárd dolláros vállalkozások.

2. Táblázat. Korszerű kerámia alapú termékeket fejlesztő, gyártó és értékesítő cégek eladási adatai

Vállalat	Helyszín	Eladás/mrd dollár	Aktualitás
General Electric Co	USA	117386	2016 júl.
A GE 5 milliárd dollárral támogatja a kutatási központjukat (GRC) évente. A			

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word) 1 (2017) 1-21*

<p>technológiájuk között szerepel repülőgép motorok, vonatok és egyéb szállítóeszközök, világítási eszközök, elektromos vezérlőegységek, generátorok és turbinák valamint orvosi képpalkotó eszközök gyártása. Üzleti területeik a következők: légi közlekedés, energiatermelés, világítás, egészségügy, olaj és földgázipar, megújuló energiaforrások és szállítás.</p>			
Saint-Gobain Group	Franciaorsz.	43500	2016 okt.
<p>66 országban van jelen a vállalat. Az eladási adataik megoszlának 48%-ban az építőanyagok és terjesztésük, 24%-ban innovatív anyagok, úgymint speciális síküvegek és ellenálló anyagok valamint egyéb építkezési termékek (gipsz, szigetelőanyagok, cserépragasztók, malter, öntött vas csövek stb.) között.</p>			
3M Co	USA	30274	2016 júl.
•Ceradyne, 3M Co	USA	543	2016 máj.
<p>Ennek a vállalatnak és leányvállalatának 5 működő szegmense létezik: ipari, biztonság és grafika, elektronika és energia, egészségügy és fogyasztók. Ezek közül a piacvezető temékei az egészségügyben, elektronikában és az alternatív energia területén vannak. A Ceradyne vállalat a 3M Co. tulajdona. A vállalat bevételeinek harmada az USA kormányához és hivatalaihoz megy. Termékeik között vannak katonai helikopterek páncélzata, rakétakilövő tartozékok, védőruhák és sisakok, dízelmotor alkatrészek, kerámiaipari termékek, napenergia hasznosító üvegek valamint fogszabályzók. A piacvezető termékei a hadipar, védelem, autópár és a repülőipar területén vannak.</p>			
PPG	USA	15330	2016 júl.
<p>A vállalat 156 gyárteleppel rendelkezik 70 országban. Termékei: bevonatok, üvegszálás anyagok, síküvegek. Ezek közül piacvezetőek a légiközlekedés, építészet, autópár, ipari berendezések, elektronika valamint a speciális bevonatok területén vannak.</p>			
Kyocera Corp	Japán	12645	2016 jún.
<p>A vállalat kiszolgálja többek között a telekommunikációs, autópári, orvosi, elektronikai és a gyártástechnológiai szektorokat. A vállalat gyárt még elektronikai termékeket, úgymint vezeték nélküli telefonokat és irodai berendezéseket is. Piacvezető termékeik a szenzorok, okostelefonok, energia, elektronika és a LED gyártás területén vannak.</p>			
Corning Inc	USA	9111	2016 júl.
<p>A vállalatnak 17 országban 70 telephelye létezik. Piacvezető termékeik az elektronika, telekommunikáció, autópár és az élettudományok területén vannak.</p>			
Owens-Illinois	USA	6156	2016 júl.
<p>A vállalat főként üveg tárolóedények gyártásával foglalkozik. Több mint 10000 féle tárolóedényt gyártanak a felhasználóknak és 85 országban vannak jelen. Piacvezető termékeik az élelmiszer és italgyártás valamint a gyógyszeripar területéről kerültek ki.</p>			
Federal-Mogul Corp	USA	6117	2016 ápr.
<p>A vállalat USA bázisú, bevételeinek mintegy 38%-a az USA-ban, 24%-a pedig Németországban keletkezik. Termékei: dugattyúk, gyújtógyertyák, gyújtótékercek, csapágycsák, tömítések, biztosítók és fékbetétek. Piacvezető termékeik az autópárban vannak.</p>			
Owens Corning	USA	5350	2016 júl.
<p>A vállalat főként üvegszál szigetelőket, tetőszerkezeti anyagokat és üvegszál tartalmú kompozitokat gyárt. Piacvezető termékei főként a szállítás, ipari gyártás, infrastruktúra, tengerészeti és a szélenergia területéről kerülnek ki.</p>			

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word) 1 (2017) 1-21*

NGK Spark Plug Co Ltd	Japán	3275	2015 jún.
A vállalat bevételeinek kb felét az autóiipari alkatrészek, úgymint gyújtógyertyák és oxigénszenzorok gyártása teszi ki. A bevétel többi részét a félvezetők és elektronikai alkatrészek, orvosi eszközök (mesterséges csont, oxigén-sűrítő) és vágószerszámok eladása adja. Piacvezető termékei az autóiiparban és a ortopédiában vannak.			
Osram GmbH	Németorsz.	2078	2016 júl.
A vállalat piacvezető termékei a világítástechnikában, LED-ek, fotonika, lézerek és az autógyártás területén vannak.			
Morgan Advanced Materials PLC	UK	1375	2016 júl.
A vállalat két fő ágazatra oszlik: hőálló termékek gyártása és szén tartalmú ipari kerámiák gyártása. Ezen kívül van öt üzleti egysége. A vállalat kompozitok és védelmi rendszerek gyártásának egysége kívül esik a fenti ágazati struktúrából. Piacvezető termékei az elektronika, energia, egészségügy, ipari berendezések, olajipar, védelmi eszközök és a szállítás területén vannak.			
Ferro Corp	USA	1075	2016 jún.
A vállalat termékei: átlátszó bevonatok, fényező, színezőanyagok, pigmentek és gyanták. Ezek közül a piacvezetők a festékek és bevonatok, vegyszerek valamint autók karosszéria alkatrészei.			
CoorsTek Inc	USA	954	2016 jún.
A vállalat érdekessége, hogy a termékek sorozatgyártásán kívül végez anyagvizsgálatot, analitikai kémiai vizsgálatokat, egyedi igényekre történő gyártást, precíziós megmunkálásokat és egyéb szolgáltatásokat is. Piacvezető termékei az autóalkatrészek, energiatermelő berendezések, orvosi eszközök és a precíziós megmunkálások.			
CeramTec GmbH	Németorsz.	538	2016 ápr.
A cég autóalkatrészek, tűzálló agyageszközök, kerámiaszálak, háztartási elektronikai eszközök és cserépáruc termelésével és eladásával foglalkozik.			
Rauschert Heinersdorf– Pressig GmbH	Németorsz.	159	2015 ápr.
A vállalat termékei: ipari kerámiák, funkcionális alkatrészek, gyújtóberendezések és fűtőelemek.			
Superior Graphite Co	USA	94	2016 máj.
A vállalat grafitot és szilícium-karbid anyagokat gyárt különböző alkalmazásokra, úgymint akkumulátorokba, tüzelőanyag cellákba, gépi kenőanyagokhoz, ipari kerámiákhoz és nyomtatók festékpátrónjaihoz.			
Du-Co Ceramics Co	USA	35	2015 máj.
Ez a cég sokféle technikai kerámiát gyárt, úgymint zsrkövet, kordieritet, porcelánt, magnézium és alumínium oxidot, mullit és forsterit ásványokat. Termékei még ezen kívül csapágyerselyek, gömbcsuklók, termopár csövek, kerámia szalagok és törhető kerámiák is.			
Superior Technical Ceramics	USA	34	2016 máj.
A vállalat a technikai, ipari kerámiák fő gyártója. Főként az úripar, tüzelőanyag cellák, optika, orvostechnológia, védelem, olaj és földgázipar, papíripar, tudományos berendezések, félvezetők és telekommunikációs eszközök területén vannak jelen.			
McDanel Advanced Ceramic Technology LLC	USA	24	2015 jan.

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word)* 1 (2017) 1-21

A vállalat kerámia csöveket, rudakat, olvasztótégelyeket, laboratóriumi eszközöket, nagy tisztaságú alumínium oxidból, mullit ásványból, stabilizált cirkónium oxidból és SiAlON-ból készült alkatrészeket gyárt. A termékek használhatóak korrózív környezetben és nagy hőmérsékleteken.			
Amedica Corp	USA	19	2016 júl.
A vállalat főként szilícium-nitrid alapú ízület- és gerinc-implantátumok gyártásával és eladásával foglalkozik			

Az adatok a 'Mergent Intellect' korábban a 'Dun & Bradstreet Million Dollar Database'-ből (2016/9/27) származnak.

A továbbiakban részletesebben bemutatunk még két jelentős iparágat, az elektrokerámiákat és a hőálló anyagok gyártását.

Az elektrokerámia szektor a korszerű kerámiagyártás része. Magában foglalja a piezoelektromos kerámiák, kapacitorok, szigetelők, ellenállások és vezető kerámiák előállítását. A különféle elektronikai alkatrészek beintegrálása az autókba, orvosi eszközökbe, épületekbe, ipari és háztartási eszközökbe valamint a széleskörű alkalmazásuk a számítástechnikában és az energiaiparban jobb, gyorsabb, könnyebb és olcsóbb elektronikát követel, így hajtóerőt biztosít az elektronikai eszközök fejlesztésére, gyártására.

Habár az akkumulátorok és a különféle energia átalakító berendezések, úgymint a tüzelőanyag cellák is beletartozhatnak ebbe a kategóriába, azonban ezt a szektort kihagyjuk a gazdasági elemzésből annak ellenére, hogy néhány nagyvállalat gyárt energia átalakító és tároló berendezéseket is.

Elmondható, hogy a leggyártott elektronikai alkatrészek száma manapság nem mutat növekedést. Egy jelentés szerint (14) a kínai gyártók előállítottak mintegy 1,98 trillió többretegű kerámia kapacitort (MLCCs) ami alatta van a csak Kínában elvárt több, mint 2 trillió kapacitornak 2015-ben [13]. Piacelemző kutatók a kerámia kapacitorok piacát mintegy 7-10 milliárd dollárra [14], míg a piezoelektromos alkatrészek piacát több mint 20 milliárd dollárra becsülték 2015-ben [15]. Azonban meg kell jegyezni, hogy a piezoelektromos termékek piaca tartalmazza a piezokerámiákat úgymint a polimer és kompozit alapú alkatrészeket is. A jelentések szerint túlszárnyalja a többretegű kerámia kapacitorok (MLCC) eladásban 2009 óta [13]. A szektor piacvezető vállalatai, úgymint a Kyocera, Murata, TDK és Samsung főként a telekommunikációs, autóipar, szenzor és ipari berendezések, elektronikai berendezések és az orvostechológia területén vannak jelen. Számos jelentős cég nagyobb vállalatok tulajdonában van. Például az EPCOS a TDK tulajdona, AVX és leányvállalata a American Technical Ceramics pedig a Kyoceraé. Murata Manufacturing Company (Kyoto, Japan) kiváló példa az üzletág nagyságrendjének szemléltetésére. A Murata vállalat uralta a MLCC piacot 22.8%-os részesedéssel 2015-ben a 'Research and Markets' jelentése [13] szerint.

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word) 1 (2017) 1-21*

3. Táblázat. Az elektrokerámia ipar néhány kiválasztott vállalatának eladási adatai és bevételei.

Vállalat	Helyszín	Eladás/ mrd \$	Aktualitás	Leírás
Kyocera	Japan	12645	2016 jún.	Termékeik elektronikai és félvezető alkatrészek a telekommunikációs, autó-, elektronikai ipar és az ipari gyártástechnológia területére. A Kyocera anyavállalat előállít még passzív elektronikai alkatrészeket autókhoz, vonatokhoz, fénymásolókhöz, hallókészülékekhez és mobilokhoz. Piacvezető termékeik a tranzisztorok és ultrakapacitorok. Az AVX a Kyocera leányvállalata, termékei az egy és többretegű kerámia kapacitorok (MLCC-k) mobilokhoz, berendezésekhez, radarokhoz, szatellittekhez valamint egyéb katonai és űripari alkalmazásokhoz.
-AVX Corp	USA	1196	2016 jún.	
-American Technical Ceramics Co	USA	148	2016 jún.	
Murata Manufacturing Co Ltd	Japan	10348	2016 máj.	A vállalat főként passzív elektronikai alkatrészeket, kapacitorokat, szenzorokat és elektronikai berendezéseket gyárt és forgalmaz.
TDK Corp	Japán	9847	2016 júl.	A TDK vállalat termékei főként ferromágnesek, transzformerek és MLCC-k. Piacvezető termékeik a szenzorok és elektronikai berendezések. 30 országban van jelen és bevételének 90%-a Japánon kívül generálódik. Az EPCOS AG cég Németországban a TDK leányvállalata, termékei kapacitorok, MLCC-k, kerámia alkatrészek, ferritek, induktorok és ellenállások.
- EPCOS AG	Németország.	2487	2016 máj.	
Samsung Electro-Mechanics	Dél-Korea	5913	2016 okt.	Fő profiljuk többek között az MLCC-k és passzív elektronikai alkatrészek gyártása.
NGK Insulators Inc	Japán	3724	2016 jún.	A vállalat piacvezető az elektromos energia és a félvezetők területén.
NGK Spark Plug Co Ltd	Japán	3275	2015 júl.	A cég termékei gyújtógyertyák, szenzorok autókba, félvezetők és elektronikai alkatrészek. Az Ipari Kerámiák szegmense ezen kívül gyárt

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word) 1 (2017) 1-21*

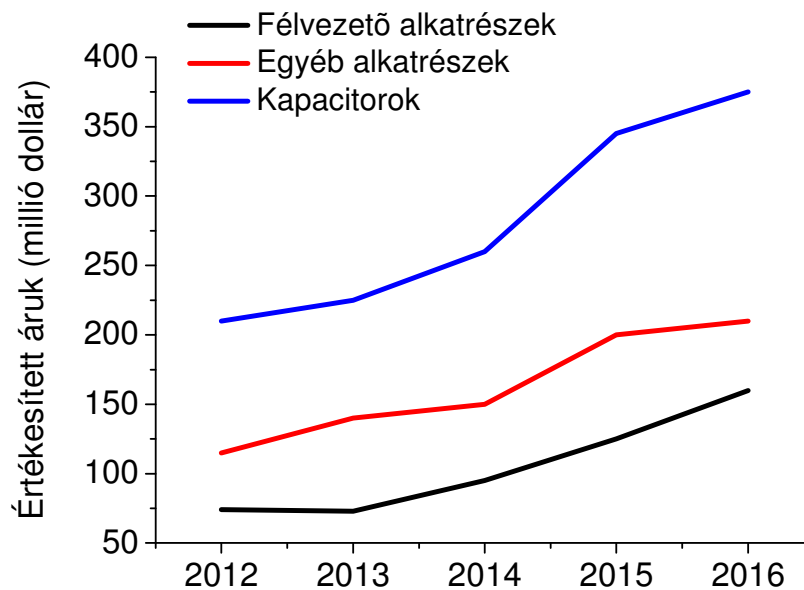
				orvostechológiai eszközöket, ipari alkatrészeket valamint vágószerszámokat. Piacvezető termékeik az autóipar és az ortopédia területén vannak.
Taiyo Yuden Co Ltd	Japán	2054	2016 máj.	Piacvezető nagyvállalat a tranzistorok, kapacitorok és félvezetők gyártása terén.
Vishay Intertechnology	USA	2300	2016 aug.	Termékei passzív elektronikai alkatrészek, úgymint induktorok, kapacitorok, ellenállások valamint félvezető komponensek: diódák, szilárd fázisú elektromos kapcsoló irányítók. Piacvezető termékei a szenzorok, félvezetők, LED-ek valamint a világítástechnikai termékek.
Nippon Chemi-con Corp	Japán	1012	2015 aug.	A vállalat elektronikai kapacitorok és ultrakapacitorok gyártásával foglalkozik személyi számítógépekben, nyomtatott áramkörökben és a mikroelektronikában történő felhasználáshoz.
Yageo Corp	Taiwan	847	2016 júl.	Profilkjuk a ellenállások, MLCC-k és ferritek gyártása rádiófrekvenciás és telekommunikációs alkalmazásokra.
KEMET Corp	USA	735	2015 nov.	A cég évente 35 milliárd kapacitort gyárt a úripar, autógyártás, kommunikációs rendszerek, számítógépek és katonai eszközök számára.
KOA Corp	Japán	435	2016 márc.	A cég termékei ellenállások, kapacitorok, induktorok, biztosítékok, elektromos átalakítókat és LTCC szubsztrátokat
Morgan Technical Ceramics	UK	300	2016 okt.	A vállalat a Morgan Advanced Materials egyik ágazata, termékei nagyfeszültségű kapacitorok, rf kapacitorok, piezokerámiák és egyéb ipari kerámiák.
Piezo Kinetics Inc	USA	6	2015 jún.	A vállalat piezoelektromos kerámiák gyártásával foglalkozik.

Az adatok forrása a 'Mergent Intellect', korábban a 'Dun & Bradstreet Million Dollar Database' (2016/9/27)

A 3. táblázatban összefoglaltuk néhány piacvezető nagyvállalat eladási adatait. Az eladási adatok mutatják, hogy a top 3 vállalat (mindegyik Japán bázisú) 5-10 milliárd dolláros bevételt termel évente. A Samsung Electro-Mechanics megelőzi a versenytársát, a TDK-t és a

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word)* 1 (2017) 1-21

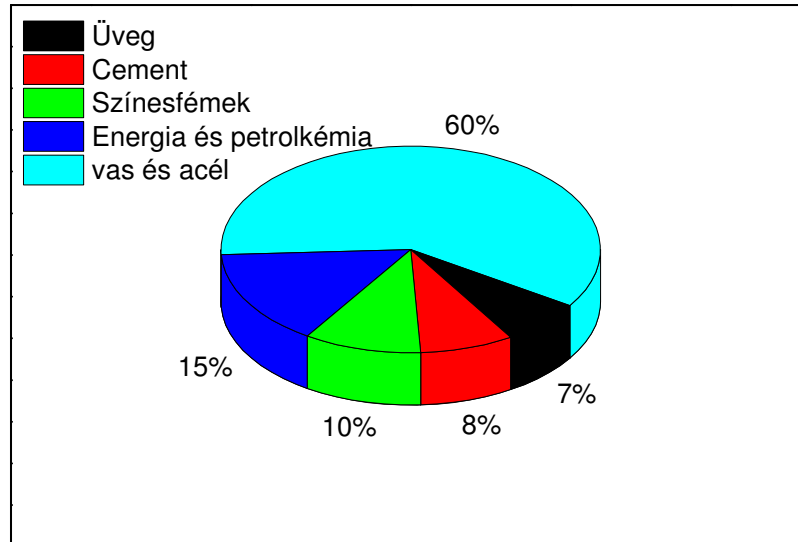
A 6. ábrán látható eladási adatok a vállalat 2015-ös éves eladási jelentéséből mutatják, hogy a portfóliójukban szereplő termékek értékesítésével egyre növekvő bevételhez jutottak az utóbbi öt évet nézve [16]. Más vállalatok (3. Táblázat) szintén jelentős bevételt jelentettek, azonban az is nyilvánvaló, hogy az óriásvállalatok, mint versenytársak jelentős kihívást jelentenek számukra. Ezen kisebb vállalatok piacvezető termékei főként a félvezetők, elektronikai berendezések, autóalkatrészek, szenzorok, telekommunikációs és védelmi eszközök.



6. ábra. A Muranata vállalat elektronikai alkatrészei és termékei eladási adatainak változása az utóbbi öt évben. Az adatok a vállalat 2016 márc. 31-ével végződő üzleti évének jelentéséből származnak. Forrás: www.murata.com/en-us/about/ir/financial/products

A hőálló anyag üzlete magával vonja az acél üzletét is, mivel a vas és acélipar használja fel 60%-át a globálisan gyártott hőálló termékeknek, míg a maradék az üveg-, cement-, energia- és petrokémiai iparban kerül hasznosításra (7. ábra) [17].

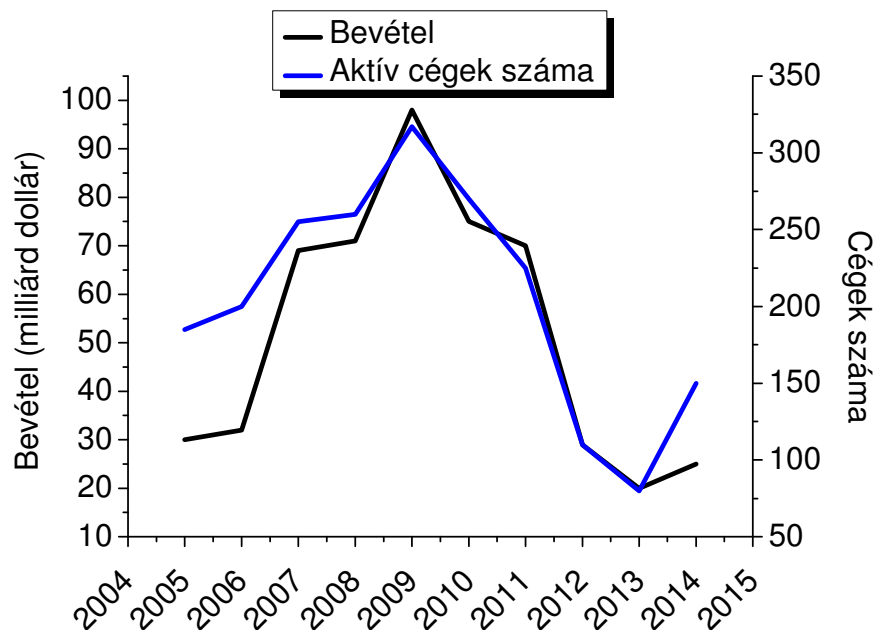
Furkó M., Balázsi K., Balázsi C., *Anyagok Világa (Materials Word) 1 (2017) 1-21*



7. ábra. A hőálló anyagokat hasznosító főbb iparágak százalékos megoszlása [17].

A hőálló anyagok és agyag építőanyagok ipara nagy bevételt generál és szilárd ellátó és felvásárló rendszerrel rendelkezik, így a gazdasági válság sem viselte meg jelentősen. A 8. ábra bemutatja a bevételeket és a cégek számát az agyag építőanyagok és hőálló anyagok gyártásának területén (NAICS kód: 327120) az utóbbi 10 év időtartamban. 2009-ben, a csúcsideszakban 317 vállalat működött ebben az iparágban és 95 milliárd dolláros eladást generált a 'Gale Business Insights' adatbázisa szerint [18]. Azonban 2013-ra az aktívan működő vállalatok száma 80-ra esett vissza világszerte, majdnem 14 milliárd dollár éves összbevétellel. A 2014-es adatok már az ipar helyreállítását jelezhetik, és ezt a megszilárdulást erősítheti tovább az RHI és Magnesita vállalatok egyesülése és egy új vállalat, az RHI Magnesita megalakítása [19]. A szerződést 2016 okt. 5-én jelentették be és 2017-ben lép hatályba, amennyiben az illetékes állami hivatalok is jóváhagyják. Az új vállalat székhelye Hollandiában lesz.

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word)* 1 (2017) 1-21



8. ábra. A hőálló anyag és agyag építőanyag iparban résztvevő cégek bevételi adatainak (fekete vonal) és az aktív cégek a számának (kék vonal) változása 10 éves időtartamban. Ezekben a statisztikai adatokban szerepelnek a nem hőálló agyagtégla, agyagcserép, cseréptető, agyagcső termékek, de nem tartalmazzák a nem agyag hőálló anyagokat [16].

A gazdasági válság globális hatása azonban csak egy része az okoknak, amik ezekhez az átalakulásokhoz vezettek. A hőálló anyagok gyártástechnológiájának fejlődése és az anyagok tulajdonságainak javulása megnövekedett hatékonysághoz vezetett. Példaként, Charles Semler egy 2014-es ACerS Bulletin cikkben leírta, hogy a hőálló anyagok felhasználása 1950 és 2010 között 61 kg / tonna acél mennyiségről visszaesett 15 kg / tonna acél-ra – néhány acélüzem el tudott érni extrém hatékonyságot mintegy 7-8 kg / tonna acél felhasználással [20]. Az újabb hőálló anyag gyártástechnológiai trendek szerint a gyárak inkább nem megformált, monolitikus hőálló anyagokat használnak téglák helyett és a gyártási eljárások hatékonyságát is növelték korszerű berendezésekkel és minőségi alapanyagokkal. Így elmondható, hogy a hőálló anyagok össz-felhasználása megnövekedett a vas és acél iparban (4. Táblázat) az utóbbi években és növekvő tendenciát mutat a jövőre is.

3. Táblázat. A felhasznált hőálló anyagok mennyiségének alakulása

Év	Hőálló anyag igény (kg / tonna acél)
2000	30,4
2010	32,6
2012	43,4
2016	46,3
2020	55

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word)* 1 (2017) 1-21

Ahogy a nagy teljesítményű szén-acél-ipar hatékonysága növekszik, a tartósabb hőálló anyagok kevesebb anyagi költséget jelentenek a gyártóknak. Az ötvözött acélok és egyéb jó minőségű alapanyagok a speciális célokra kialakított hőálló anyagok fejlődéséhez vezetett. Buhr és munkatársai [21] egy nemrégben megjelent cikkükben leírták, hogy több, mint 2000 fajta acél létezik a piacon, mindegyik speciális célokra kialakítva. Ezek a speciális acélok rendkívül jó minőségű hőálló anyagok gyártásához vezetnek, amik jól teljesítettek extrém, kritikus körülmények között is, pl öntőüst szigetelők, hegesztőfűvőkák. Az új technológiák bevezetése szintén előrelendíti az ipar innovációját. A régi, elavult gyártelepek helyét felváltották a modern gyártelepek, amelyek már képesek igényekre szabott hőálló anyagok gyártására automatizált gyártósorokon. A jövő hőálló anyag gyártásfolyamata precízen tervezett, nagy teljesítményű rendszerekben lesz megvalósítva, olyan lehetőségekkel, funkciókkal, amiket eddig nem is tudunk elképzelni. A jövő hőálló anyagai az elképzelések szerint alakformált aggregátumok vagy nanorészecskékkel adalékolt hőálló anyagok, hogy kontrollálni lehessen a pórusméretet, pórusűrűséget és ezáltal az anyag tulajdonságait. Ezen kívül terveznek öngyógyuló és öntisztuló hőálló anyagokat is.

A következő táblázat bemutatja a fontosabb hőálló anyag gyártókat világszerte. Mint látható némelyik nagyvállalat több milliárd dolláros éves bevételeket tud elérni. Még a kisebb vállalatok is több 10 millió dolláros bevétellel rendelkeznek. A piac a kisebb vállalatok működését is támogatja.

4. Táblázat. Néhány kiválasztott vállalat értékesítési statisztikái a hőálló anyag iparban.

Vállalat	Helyszín	Eladás/ mrd \$	Aktualitás
HarbisonWalker Intl	USA	5000-10000	2016 jún.
RHI AG	Ausztria	1882	-
Minerals Technologies Inc	USA	1798	2016 máj.
- Minteq International Inc	USA	303	2015 szept.
Imerys S.A.	Franciaország.	1374	2016 okt.
- C-E Minerals Inc	USA	355	2015 aug.
Magnesita Refratarios S/A	Brazília	1284	2016 ápr.
POSCO Chemtech Co Ltd	Dél-Korea	1228	-
GrafTech International Ltd	USA	1085	2016 ápr.
Krosaki Harima Corp	Japán	984	2015 júl.
Shinagawa Refractories Co Ltd	Japán	924	-
Isolite Insulating Products Co Ltd	Japán	122	2016 febr.
Saint-Gobain Ceramics & Plastics Inc	USA	845	2015 júl.
Corhart Refractories Corp	USA	103	2015 márc.
Morgan Thermal Ceramics	UK	484	2015 dec.
Refratechnik Holding GmbH	Németország.	446	-
Unifrax I LLC	USA	438	2016 máj.

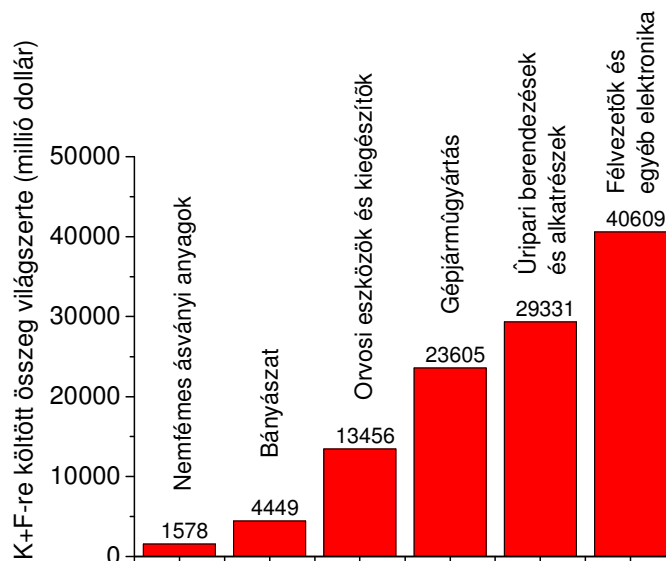
Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word) 1 (2017) 1-21*

Chosun Refractories Co Ltd	Dél-Korea	410	-
Korea Refractories Co Ltd	Dél-Korea	243	2014 szept
Almatis GmbH	Németorsz.	230	2015 dec.
Goodwin PLC	UK	187	2016 júl.
Yotai Refractories Co Ltd	Japán	183	2015 jan.
Resco Products Inc	USA	182	2016 máj.
CFS Group Inc	Kanada	119	2014 dec.
Allied Mineral Products Inc	USA	96	2015 aug.
Mino Ceramic Co Ltd	Japán	85	2016 aug.
Nippon Crucible Co Ltd	Japán	68	-
Magneco/Metrel Inc	USA	66	2016 jún.
Aalsey Refractories Co	USA	55	-
Riverside Refractories	USA	52	-
Plibrico Co LLC	USA	35	-
Minco Inc	USA	30	2015 okt
Zircoa Inc	USA	24	2015 nov.
Christy Refractories	USA	22	-
Reno Refractories	USA	16	-

Az adatok forrása a 'Mergent Intellect', korábban 'Dun & Bradstreet Million Dollar Database' -ből származnak

A termelékenységen és a munkeroiapi helyzeten túl az iparág fontosságának és fejlettségének másik mércéje lehet a K+F-be fektetett összegek. A 'National Science Foundation' (NSF) nyomon követi a vállalkozások K+F kiadásait a 'Business Research and Development and Innovation Survey' (BRDIS) segítségével. A BRDIS átlátható statisztikai adatokat szolgáltat évente a profitorientált cégek kutatási kiadásairól globálisan. A legutóbbi jelentés statisztikai adatai a 2013-as évet írták le. Ebből kiderült, hogy a kutatás-fejlesztésre fordított összegek változtak a különböző iparágaknál. A félvezető és egyéb elektronikai alkatrész gyártó vállalatok több, mint 40 milliárd dollárt költöttek K+F-re, (9. ábra) [22] míg az úripari és gépjárműipari termékek fejlesztésére több 10 milliárd dollárt fektettek be, ami jól tükrözi az iparág nagyságát és jelentőségét. Meglepő módon az orvostechológiai eszközök fejlesztésére alig több, mint 10 milliárd dollárt költöttek a vállalatok, annak ellenére hogy ide tartozik az orvosi berendezések, kiegészítők, implantátumok (fogorvosi, szemészeti ortopédiai) fejlesztése. A nagyvállalatok mellett a kormány is támogatja a különböző iparágak kutatás-fejlesztését eltérő mértékben.

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word) 1 (2017) 1-21*



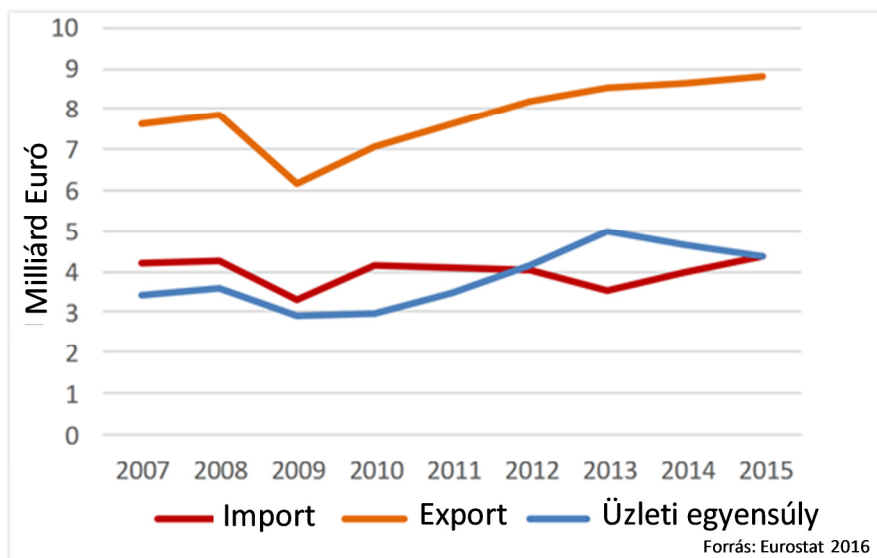
9. ábra. Világszerte a különböző ipari szektorokban a kutatás fejlesztésre fordított összegek dollármillióban 2013-ban. (Az adatok forrása: 'Business Research and Development and Innovation Survey')

Az EU kerámiapár világvezető a jó minőségű speciálisan tervezett kerámiák, úgymint cserepek, téglák, egészségügyi termékek és üvegszerű agyagsövek gyártásában és értékesítésében. A legtöbb gyártó az iparágban leginkább kis és középvállalkozás. Mint világszerte, az EU-ban is érzékenyen érintette ezt az iparágat is a gazdasági válság hatása, azonban mára már észrevehetőek a gazdasági növekedés jelei. A gazdasági adatokat figyelembe véve, az iparág mintegy 338000 munkahelyet biztosít és 27,8 milliárd dollár bevételt termel. Az iparágban nagyon fontos a versenyképesség és az innováció. A cégeknek nagyon gyorsan kell reagálniuk a piac igényeire és változásaira, ezért az automatizáció bevezetése és a költséghatékony technológiák alkalmazása létszükséglet. A fejlődéshez az is fontos, hogy a cégek új piaci területekre kerüljenek be, különböző szolgáltatásokat kínáljanak egyedi igények kielégítésére valamint részt vegyenek a kutatás fejlesztésben. Az innováció ezen a területen magában foglalja az ipari kerámiák és úgynevezett 'okos' anyagok fejlesztését, osztályozását, lézerek használatát, automatizálást. A piac eloszlása szerint a nagy súlyú kerámia termékeket (tégákat, cseréptetőket) főként a helyi piacon értékesítik, a kisebb súlyú termékeket (edényeket, csempéket) viszont már szélesebb körben tudják értékesíteni. Mintegy 30%-a ezeknek a termékeknek az EU-n kívül kerül eladásra. Az USA az EU legnagyobb export partnere, majd Svájc, Oroszország és Japán. Az import 70%-a viszont, Kínából jön, kevesebb százalékban az USA-ból és Tájféldről is importálnak. Az iparág hátránya, hogy a gyártás energiafelhasználása nagy, habár az utóbbi időben a felére csökkent az üzemanyag változtatása miatt. Egészségügyi szempontból a gyártás, égetés során levegőbe kerülő por és gáz szennyezők lehetnek károsak. Nehézfém-szennyezők (ólm és kadmium),

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word)* 1 (2017) 1-21

amiket főként a dekorációkhoz használnak is kikerülhetnek a környezetbe. Azonban a gyártás során keletkező hulladék nagy része újrahasznosítható, visszaforgatható.

A másik nagy területe a kerámiaiparnak az üvegyártás. Az EU-ban gyártott termékek piacán 54%-ban a tárolóedények, 30%-ban a síküvegek és a maradék a különböző speciális üvegek, háztartási üvegek, üvegszálak értékesítése vesz részt. Az üvegyártás 2012-ben mintegy 100000 munkaerőt foglalkoztatott és szorosan együttműködik más szektorokkal, úgymint építőipar, autógyártás, háztartási cikkek gyártása. Az üvegyártás legnagyobb termelője Németország, majd Franciaország, Spanyolország, Olaszország és a UK. Mintegy 80%-át az EU-ban gyártott termékeknek az EU-n belül értékesítik [23].



10. ábra. A kerámiaipar bevételeinek alakulása az EU-ban 2007-2015 időintervallumban.

Hasonlóan a korábban leírt USA-ban fennálló helyzethez, az EU-ban is léteznek különféle szervezetek, amelyek a kerámiaipart képviselik. A Ceramic Unie egy brüsszeli bázisú üzleti egyesület, amely képviseli az egész kerámiaipart. Ezen kívül az AcerS hez hasonlóan működik az Európai Kerámia társaság-EcerS (European Ceramic Society) is, ami egy nem állami, nem profitorientált szövetsége a nemzeti kerámia egyesületeknek, képviselve az adott tagállam kerámiaiparát. Magyarországon ezt a funkciót a Szilikátipari Tudományos Egyesület (www.szte.org.hu) látja el. Az EcerS-et 1987-ben alapították, hogy elősegítsék és támogassák a kerámiaipart, különösen az oktatás, képzések és kutatások segítségével, disszeminációk, konferenciák szervezésével. Céljuk, hogy összehozzák a különböző szervezetek, ipar, kutatóintézetek, állami hivatalok szakembereit hogy információt cserélhessenek az ipar és kutatás-fejlesztés aktuális állapotával kapcsolatban. Valamint segítséget nyújtanak a kutatás-fejlesztésben elért eredmények publikálásában.

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word)* 1 (2017) 1-21

Referenciák

- [1] “Advanced ceramics market analysis by material, product, application, end use, and segment forecasts to 2024,” *Grand View Research*, 2016.
- [2] “Technical and advanced structural ceramics: North American markets,” *BCC Research*, March 2016.
- [3] “Forecast International predicts enormous world growth for gas turbines over next 15 years,” *Forecast International*, 2014.
- [4] “Global high-performance ceramic coatings market to reach US\$9.07 bn, driven by high demand from automotive and aerospace industries,” *Industry Today*, 2016.
- [5] “New coating technologies/materials growing highperformance ceramics markets, reports *BCC Research*,” BCC Research, 2016.
- [6] T. Kellner, “Fit to print: New plant will assemble world’s first passenger jet engine with 3D-printed fuel nozzles, next-gen materials,” *GE Reports*, 2014.
- [7] “3D printing ceramics market by type (glass, fused silica, quartz), form (filament, powder, & liquid), end user (aerospace & defense, automotive, consumer goods & electronics, manufacturing & construction, healthcare)—Global forecast to 2021,” *Markets and Markets*. Accessed October 6, 2016.
- [8] “ISM report on business,” *Institute for Supply Management*. 2016.
- [9] K. Cahill, “September 2016 manufacturing ISM report on business,” *Institute for Supply Management*, 2016.
- [10] Y Charts, “ISM purchasing managers index historical data.” Accessed October 6, 2016.
- [11] R. Henderson, “Industry employment and output projections to 2024,” *Division of Industry Employment Projections, Office of Occupational Statistics and Employment Projections, U.S. Bureau of Labor Statistics*, 2015.
- [12] “Annual Survey of Manufactures,” U.S. Census Bureau.
- [13] “Global and Chinese multilayer ceramic capacitor (MLCC) industry report, 2015–2018,” *Research and Markets*.
- [14] M. Gagliardi, “Ceramic capacitors: World markets, technologies, and opportunities: 2015–2020.”
- [15] “Piezoelectric devices market worth 27.24 billion USD by 2020,” *Markets and Markets*.
- [16] “Sales by product,” *Murata*. 2016. [17] D.A. Jarvis, “Refractories usage in the petrochemical and chemical industries in 2016,” *refractories WORLDFORUM*, 8 [2] 38–44 (2016).
- [18] Gale Business Insights. 2016.
- [19] “RHI & magnesita: How they stack up,” *Informed: Industrial Mineral Forums and Research*. 2016.

Furkó M., Balázs K., Balázs C., *Anyagok Világa (Materials Word)* 1 (2017) 1-21

[20] C.E. Semler, “Refractories—The world’s most important but least known products,” *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 93 [2] 34–39 (2014).

[21] A. Buhr, R. Bruckhausen, and R. Fahndrich, “The steel industry in Germany—Trends in clean steel technology and refractory engineering,” *refractories WORLDFORUM*, 8 [1] 57–63 (2016).

[22] “National Science Foundation and National Center for Science and Engineering Statistics,” *Business Research and Development and Innovation: 2013*, <https://www.nsf.gov/statistics/2016/nsf16313/pdf/nsf16313.pdf>

[23] <https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/industries/>

[24] <http://ecers.org/>

[25] <http://www.szte.org.hu>