A sokoldalú grafén

KERÁMIAIPARI TRENDEK

A kerámiaipar széles kereskedelmi termékskáláját – többek között – műszaki és biokerámiák, téglák, csempék, cserepek, tárolóedények, orvosi eszközök, repülőgép-motorok vagy elektronikai eszközök részei alkotják.

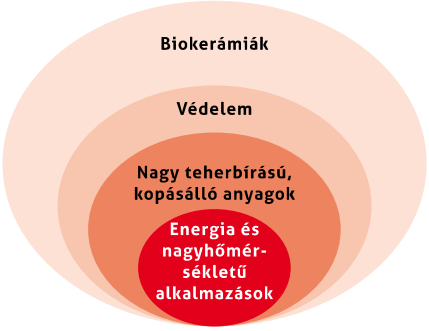
Korszerű és hagyományos kerámiák – lényegében erre a két részre osztható a kerámiaipar. A hagyományos kerámiagyártás (hőálló anyagok, cserepek, porcelánok, agyagedények) mellett napjainkban a korszerű kerámia (biokerámia, szerkezeti és optikai kerámiák, bevonatok, elektrokerámiák) innovatív gyártási lehetőségei az anyagok újszerű tulajdonságait aknázzák ki. A kerámiaipar jelentős szereplő az iparon belül: globális éves bevételét a Grand View Research 56,7 milliárd dollárra becsülte, amely magában foglalja a tömbi kerámiák, a kerámia bevonatok, a kerámia-mátrix kompozitok és a biokerámiák felhasználását is. 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.

Az *1. ábra* mutatja az egyes ipari szektorok várható hozzájárulását ehhez a növekedéshez.

Általánosságban elmondható, hogy a kerámiát főként komplex rendszerekben használják, például autók alkatrészeiben és épületekben, de felhasználják alapanyagként más termékek gyártására is. A legfontosabb ágazatok a számítógép és elektronikai termékek gyártása, valamint az elektromos berendezéseké. Ezt követi a szállítóberendezések és egyéb kiegészítő anyagok, illetve az orvosi műszerek és eszközök gyártása.

GÁZTURBINA-MOTOROK ÉS REPÜLŐIPAR

Az egyik legígéretesebb terület a kerámia védőbevonatok gyártása. Ezek az anyagok egyaránt ellenállnak az extrém hőmérsékleteknek és az agresszív környezeti hatásoknak, ezért fontos részeik a gázturbina-motoroknak és repülőipari alkalmazásoknak. A globális kerámiabevonat-piac előreláthatóan eléri az évi 9,07 milliárd dollárt 2020-ban, amihez az észak-amerikai piac 1,9 milliárd dollárral járul hozzá. A Safran (GE) által tervezett 3D LEAP kerámia-mátrix kompozit motort 2016 őszén mutatták be, de mostanáig több mint 6000 darabot rendeltek belőle mintegy 78 milliárd dollár értékben.



// *1. ábra. Piaci szegmensek arányainak várható alakulása az észak-amerikai korszerű ipari kerámiagyártás területén 2020-ig*

Jelenleg az adalékolással vagy újszerű technológia bevezetésével fejlesztett nanoszerkezetű kerámiaanyagok jelentik a legnagyobb fejlesztési kihívást. Például a 3D nyomtatott kerámiaanyagok szélesedő piaca 2021-re előreláthatóan eléri a 131,5 millió dolláros bevételt.

ELEKTROKERÁMIA ÉS HŐÁLLÓ ANYAGOK

Az elektrokerámia-szektor a korszerű kerámiagyártás része. Magában foglalja a piezoelektromos kerámiák, kapacitorok, szigetelők, ellenállások és vezető kerámiák előállítását. A különféle elektronikai alkatrészek gépjárművekbe, orvosi eszközökbe, épületekbe, ipa-

// Dr. Balázsi Csaba

// Dr. Balázsi Katalin

ri és háztartási eszközökbe való integrálása, valamint alkalmazása a számítástechnikában és az energiaiparban jobb, gyorsabb, könnyebb és olcsóbb elektronikát követel, így az elektronikai eszközök fejlesztését is inspirálja. A piacelemző kutatók a kerámia kapacitorok piacát mintegy 7–10 milliárd dollárra, míg a piezoelektromos alkatrészek piacát több mint 20 milliárd dollárra becsülték 2015-ben.

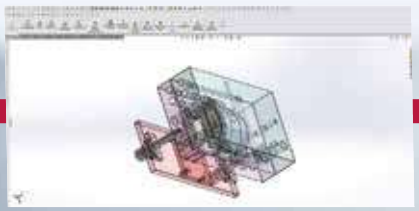
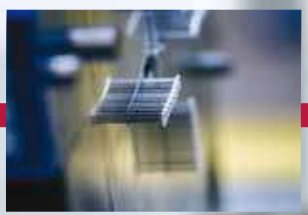
A hőálló anyagok gyártása az acéliparral fonódik össze legszorosabban: a globálisan gyártott hőálló termékeknek a vas és acélipar használja fel 60 százalékát, a fennmaradó részt az üveg-, a cement-, az energia- és a petrolkémiai iparban hasznosítják *(2. ábra)*.

A hőálló anyagok és agyag építőanyagok ipara nagy bevételt generál. Mivel szilárd ellátó- és felvásárló rendszerrel rendelkezik, a gazdasági válság sem viselte meg jelentősen a piacot. A hőálló anyagok gyártástechnológiájának fejlődése és az anyagok tulajdonságainak javulása a hatékonyság növekedését idézte elő. Az hőállóanyag-gyártás újabb technológiai trendjeit követve a gyárak a téglák helyett inkább a nem megformált, monolitikus hőálló anyagokat részesítik előnyben, és a gyártási eljárások hatékonyságát is növelték korszerű berendezésekkel és minőségi alapanyagokkal. Így elmondható, hogy az utóbbi években a hőálló anyagok felhasználása jelentősen nőtt a vas- és acélgyártás területén *(1. táblázat)*, és növekvő tendenciát mutat a jövőben is.

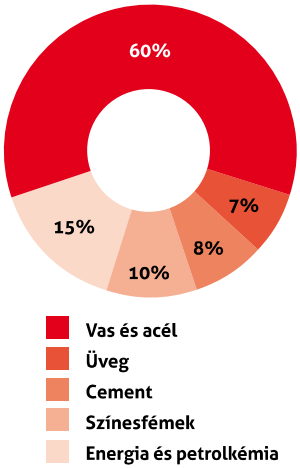
Az EU kerámiaipara világvezető a jó minőségű speciálisan tervezett műszaki kerámiák, bevonatok és biokerámiák fejlesztésében, gyártásában és értékesítésében. Az innováció ezen a területen magában foglalja az úgynevezett „okos" anyagok fejlesztését, osztályozását, a lézerek használatát és az automatizálást. A nagy súlyú kerámiatermékek mintegy 30 százalékát az EU-n kívül értékesítik. Az USA az EU legnagyobb exportpartnere, majd Svájc, Oroszország és Japán következik. A behozatal 70 százaléka Kínából érkezik, az USA és Thaiföld a két „dobogós" importpartner. A gyártás energiafelhasználása nagy, noha az utóbbi időben a felére csökkent az üzemanyag változtatása miatt. A gyártás, ége-

KREATIVITÁS, INNOVÁCIÓ, FÉL ÉVSZÁZAD TAPASZTALAT
A MŰSZAKI KERÁMIAGYÁRTÁS TERÜLETÉN

BAKONY Ipari Kerámia Kft.

BAKONY IPARI KERÁMIA KFT.
8200 Veszprém, Csererdei út 36.
T.: +36 88 590 040
F.: +36 88 421 715
E.: info@bakonycer.hu
W.: www.bakonycer.hu



// 2. ábra. A hőálló anyagokat hasznosító főbb iparágak százalékos megoszlása

tés során levegőbe kerülő por- és gázszennyezők egészségre károsak is lehetnek; a dekorációkhoz használt nehézfémszennyezők (ólom és kadmium), szintén kikerülhetnek a környezetbe. Szerencsére a gyártás során keletkező hulladék nagy része újrahasznosítható, visszaforgatható.

A másik nagy területe a kerámiaiparnak az üveggyártás. Az EU-ban gyártott termékek piacán 54 százalékban a tárolóedények, 30 százalékban a síküvegek és a maradék a különböző speciális üvegek: háztartási üvegek, üvegszálak értékesítése vesz részt. Az üvegipar 2012-ben mintegy 100 000 főnyi munkaerőt foglalkoztatott és szorosan együttműködik más szektorokkal, többek között az építőipari vállalkozásokkal, az autógyártókkal és a háztartási cikkek gyártóival. Az üvegipar legerősebb európai szereplője Németország, majd Franciaország, Spanyolország, Olaszország és az Egyesült Királyság következik. Az EU-ban gyártott termékek mintegy 80 százalékát az Unión belül értékesítették.

Az EU-ban több szervezet is képviseli a kerámiaipart. A Ceramic-Unie brüsszeli központú üzleti egyesület, amely az egész iparágat képviseli. Az Európai Kerámia Társaság (European Ceramic Society, ECerS) a nemzeti kerámia egyesületek nem állami, nonprofit szövetsége. Az ECerS-et 1987-ben alapították, szerepe különösen az oktatás, a képzések és kutatások támogatásában, disszeminációk, konferenciák szervezésében jelentős. Az ECerS összehozza a különböző szervezetek, ipar, kutatóintézetek, állami hivatalok szakembereit, hogy információt cserélhessenek az ipar és kutatás-fejlesztés aktuális állapotáról, valamint, hogy segítséget nyújtsanak a kutatás-fejlesztésben elért eredmények publikálásában. A szervezet magyarországi tagegyesülete a Szilikátipari Tudományos Egyesület.

MAGYAR FEJLESZTÉSEK

A tudományos és gazdasági áttörések elsősorban az újszerű grafénnal adalékolt szilíciumnitrid (Si_3N_4) és szilíciumkarbid (SiC) kerámiakompozitok kiemelkedő tulajdonságain alapuló alkalmazásoktól várhatóak. Az NKFIH által támogatott kutatás eredményeként kifejlesztett kerámia alapú kompozitok kiváló súrlódási tulajdonságaiknak köszönhetően javítják az európai ipar versenyképességét.

A többrétegű (szendvics) porózus szerkezetű kerámia/grafén nanokompozitok integrált szerkezeteként érintkezőkben, kapcsolókban alkalmazhatók, mivel ellenállnak az ívkisülések által okozott káros hatásokkal szemben. Az ipari léptéknövelés immár lehetővé teszi e bevonatok és kontaktusok gazdaságos előállítását. A kutatás során olyan új innovatív gyártástechnológiát dolgoztak ki, amely a grafénadalék kerámiákba való integrálása a költségek csökkenése mellett javítja a nemesfém-erőforrások hatékonyságát és fenntarthatóságát. A multifunkcionális, elektromos és termikus vezetőképességgel rendelkező, többrétegű kompozitok és vastag bevonatok alkalmazása lehetővé teszi az elektromos kontaktusok élettartamának növelését.

A hidroxiapatit ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) biokerámia általánosan ismert, mint jó bioaktivitással rendelkező, a kemény vagy lágy élőszövetbe könnyen beépülő csontszerű anyag. Ugyanakkor a hidroxiapatit nem rendelkezik a szükséges mechanikai tulajdonságokkal – a megfelelő szilárdsággal és keménységgel – ahhoz, hogy önmagában is alkalmazható legyen az ortopéd sebészetben. Egy jelenleg is folyó kutatás a mechanikailag stabil szilíciumnitrid kerámiát használja újszerű implantátumanyagnak, míg a felületi bioaktivitás növelésére tojáshéjból előállított biokerámia bevonattal rendelkezik.

1. 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

A magyar kutatás hangsúlyos környezetvédelmi és energiatakarékossági szempontjai abban is megnyilvánulnak, hogy a hidroxiapatit szintézisét a korlátlan mennyiségben rendelkezésünkre álló természetes alapanyagokból, tojáshéjból és egyéb, kalciumban és foszforban gazdag melléktermékre alapozva valósítjuk meg.

Az alumínium-oxinitrid (AlON) egy egyedülálló kerámia, amely számos fontos tulajdonsággal rendelkezik, amelyet több ipari és katonai alkalmazásban hasznosítanak. Annak ellenére, hogy korábban széles körű kutatást folytattak az AION kerámia szerkezetével kapcsolatosan, eddig nem végeztek kiterjedt és szisztematikus elemzést annak érdekében, hogy alternatív, környezetkímélőbb és költséghatékonyabb eljárásokat határozzanak meg teljesen tömör AION átlátszó testek előállításához.

A jelenleg kereskedelmi forgalomban kapható AlON anyagok átlagos szemcseméret 150–200 mikronos tartományban van, azonban a szemcseméret szabályozására szolgáló új módszerek kifejlesztése, különösen a nanoszerkezetű ALON jobb tulajdonságokkal rendelkező anyagokat eredményezhet. A NKFIH által támogatott, jelenleg is folyó kutatás célja az ALON kerámiák kísérleti fejlesztése, előállításuk optimizációja környezet- és költségkímélőbb eljárások alkalmazásával.

■ **Dr. Balázsi Csaba,** az MTA doktora, az Európai Kerámiai Társaság (ECERS) elnökségi tagja, a Vékonyrétegfizika Laboratórium vezetője, az Európai Kerámiai Társaság magyar tisztviselője
■ **Dr. Balázsi Katalin,** Energiatudományi Kutatóközpont, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet