

EREDMÉNYBEMUTATÓ KIADVÁNY

GINOP_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00046

Nagy hőlkésállóságú égetési segédeszköz
termékcsalád és gyártástechnológia kutatás-
fejlesztése

2025. 05. 31.

A HK-Ceram Kerámiagyártó Kft. és a Szegedi Tudományegyetem sikeres támogatási kérelmet nyújtott be a Pénzügyminisztérium által a Gazdaságfejlesztési és Innovációs Operatív Program Plusz keretén belül meghirdetett GINOP_PLUSZ-2.1.1-21 felhívás alapján „**Nagy hőlékésállóságú égetési segédeszköz termékcsalád és gyártástechnológia kutatás-fejlesztése**” tárgyú projektre. A Támogató a pályázatot támogatásra alkalmasnak ítélte és **685 722 654 Ft** vissza nem térítendő európai uniós támogatásban részesítette. A GINOP_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00046 pályázati azonosítójú projekt 2022. május 1-jével kezdődött meg, a fizikai befejezés dátuma: 2025. május 31.

A XXI. század egyre inkább megköveteli az emberiségtől a különleges feltételeknek is megfelelni képes szerkezeti anyagok fejlesztését és alkalmazását, köszönhetően a drámaian megnövekedett energiaköltségeknek. A speciális műszaki, gazdasági és környezetvédelmi igényekből fakadó magas elvárásoknak az eddig használt szerkezeti anyagok gyakran már nem tudnak megfelelni.

A megoldást az újtípusú anyagrendszerek kifejlesztése jelenti, melyek közül napjainkban élen járnak a kerámia anyagok, közülük is az úgynevezett műszaki kerámiák. A műszaki kerámiák csoportjába tartoznak többek között a hőtechnikai kerámiák is, melyeket elsősorban a nagy hőállóság, kiváló hőlékésállóság és a magas hőmérsékleten való kémiai inertesség jellemezik. A hőtechnikai kerámiákat - mint például az égetési segédeszközöket - a felhasználás során a legtöbb esetben fel kell melegíteni, ezáltal az energiafogyasztást minden esetben növelik, tehát az energiahatékonyság növelése és ebből adódóan a környezetvédelmi szempontok érdekében is érdemes csökkenteni a hőkapacitásukat.

Jó mechanikai paraméterekkel rendelkező, optimalizált porozitású műszaki kerámiákkal finansziális szempontból előnyös, a zöldkémia alapelveit is követő hőtechnikai kerámiák gyártására nyílik lehetőség, melyek használatával a tüzelőanyagfelhasználás és egyben a károsanyagkibocsátás is csökkenthető lehet.

A projekt során létrehozásra került egy olyan termékcsalád és gyártási technológia, amely magas minőségű kordierit típusú égetési segédeszközök előállítására szolgál innovatív megoldással.

A kutatás-fejlesztési pályázatunk eredményeképp kifejlesztett új anyagminőségünk és gyártástechnológiánk, valamint minőségbiztosítási eljárásunk megreformálja az eddig legkorszerűbbnek gondolt, de valójában elavult égetési segédeszköz piacot.

Vállalatunk elkötelezett a környezetvédelem és fenntartható fejlődés mellett, jelen projektünk a kerámiaiparra jellemző költség- és energiapazarló hosszú ciklusidők lerövidítésére kínál egy hatékonyabb megoldást a nagy hőlkésállóságú égetési segédeszközök termékcsaláddal, ami egyéb mérnöki / technológiai megoldásokkal kiegészülve akár 30-40%-os energiamegtakarítást is eredményezhet a felhasználói oldalon.

Az eredménytermék ismertetése

A HK-Ceram Kerámiagyártó Kft. és a Szegedi Tudományegyetem a jelen projektben az égetési segédeszközök receptúrájának megreformálásával új masszát, új gyártási technológiát és ennek végeredményeként innovatív anyagminőséget fejlesztett ki.

Az anyagtudományi kísérletek és vizsgálatok eredményeként meghatározásra került egy olyan receptúra, ami a kötőfázisában a hagyományos alkotóelemek mellett újszerű, az égetési segédeszközöknél még nem használt nano mérettartományú, szubmikronos alumínium-oxid mellet titanát nanoszálakat (TiONW) és más fém-oxid alapanyagokat (Y_2O_3) is tartalmaz a kívánt cél, azaz a hőlkésállóság növelése érdekében. A hagyományos alkotóelemek méretének további csökkentése, valamint ezen elemek felületének lekerekítése az új nanoméretű additívanyagokkal jobb minőségű kötést eredményez, amely tulajdonságok megőrizhetőek lesznek az öntés, formázás, magas hőmérsékletű hőkezelés, illetve a termékhasználat során is. A kutatás eredményeként az anyagminőség szempontjából meghatározó, tervezetten kialakított pórusszerkezet kialakítására váltunk képessé.

Az új összetételű massa receptjének meghatározásához csökkentett méretű, lekerekített felületű alkáliföldpátokat, kordieritet, kvarcüveget, talkumot, kaolint, korundot, mullitot (kalcinált kyanit) továbbá nanoszerkezetű anyagokat (Y_2O_3 , TiONW) tartalmazó kísérleteken keresztül jutottunk el. Az új összetételű massa segítségével elérhető az elvárt hőlékésállóság a kerámiatermékek esetén, ami a felhasznált energiamennyiség csökkenésén keresztül egyrészt emissziócsökkenést, másrészt az időmegtakarítás miatt a kapacitások kihasználtsági fokának növelésén keresztül nagyobb termelési potenciált, ezáltal nagyobb profitot is tud eredményezni. A rövidebb égetési ciklusidő a kerámiatermékgyártó cégeknél lényeges – akár 30-40%-os mértékű – fajlagos energiafelhasználás csökkentést tesz lehetővé.

Technológiai rész

A projekt során kifejlesztett új anyagminőséggel sikeresen javítottuk a napjainkban ismert legjobb technológiai megoldásként ismert, kordierit típusú tűzálló égetési segédeszközök több paraméterét is, ami elengedhetetlen volt a hőlékésállóság (TSR = Thermal Shock Resistance) további növelése szempontjából, ahogyan ez a következő egyenleten is látható:

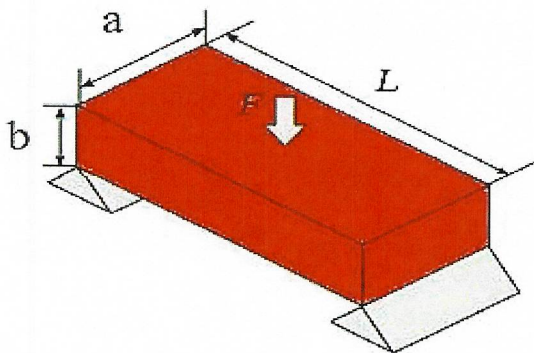
$$TSR = \frac{\sigma \cdot k}{E \alpha}$$

ahol TSR = hőlékésállóság; σ = mechanikai szilárdság; k = hővezetési együttható; α = lineáris hőtágulási együttható és E = rugalmassági modulus.

Kísérleti munkánk során a mechanikai szilárdság és a lineáris hőtágulási együttható, mint hőlkésállóság szempontjából kiemelkedően fontos paraméterek mellett további, az anyag hősokkállóság szempontjából javítandó tulajdonságait sikerült optimalizálnunk, mint például a porozitást és térfogatsúlyt, valamint a hőterhelést.

1. Mechanikai szilárdság növelése

A hajlítószilárdság vizsgálatokat minden esetben szobahőmérsékletű 12 mm vastag, 20 mm széles és 120 mm hosszú kiégetett kerámiapálcákon végeztük, melyhez egy IGV AS-102 típusú hárompontos hajlítószilárdság mérőgépet használtunk. A mérés során az alátámasztási távolság 100 mm volt, a tesztek 0-1000 N mérési tartományban, 1 N/s sebességgel végeztük a próbatestek eltöréséig.

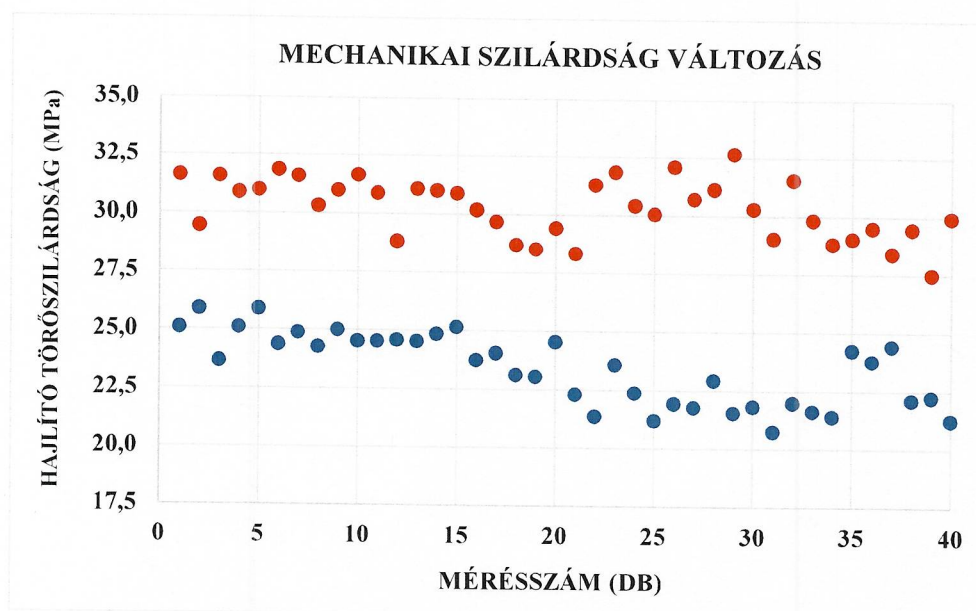


A kiértékelés során használt képlet a következő volt:

$$\sigma = \frac{3FL}{2ab^2}$$

ahol σ = hajlítószilárdság, F = törési terhelés, L = alátámasztási távolság, a = próbatest szélesség, b = próbatest vastagsága.

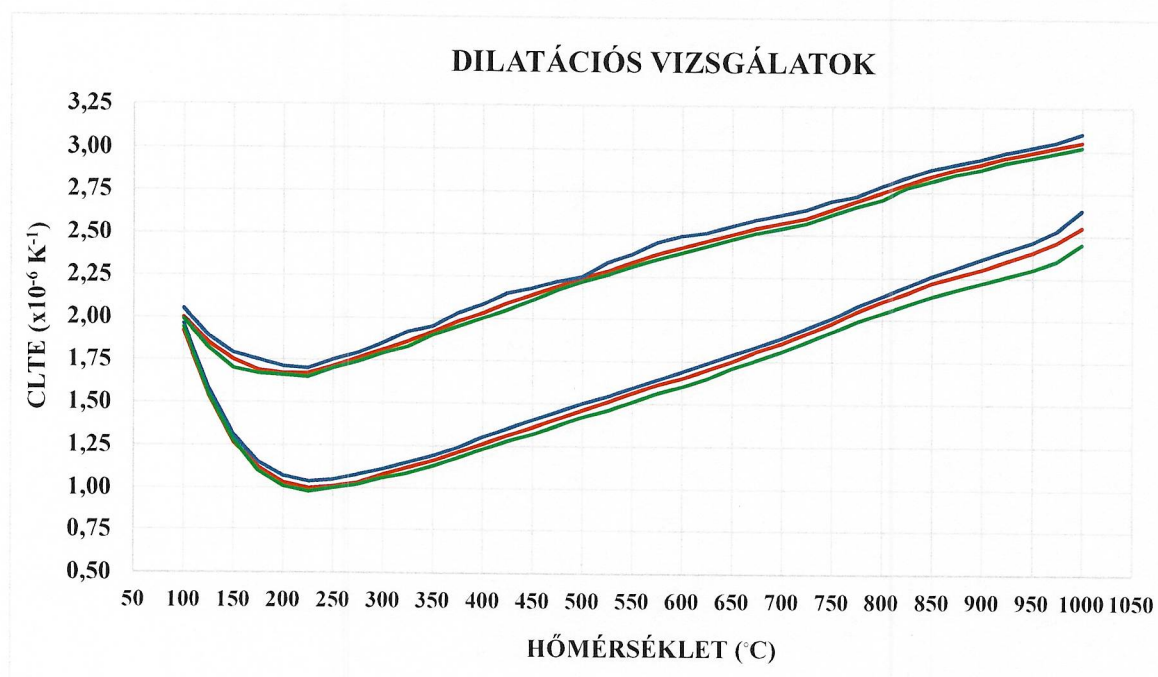
A projekt során kifejlesztett új anyagminőséggel a mechanikai paraméterek közül a hajlítószilárdság esetében sikerült ~25%-os javulást elérnünk, amit ezáltal 27-31 MPa-os mechanikai szilárdság jellemez, amit a kutatási munkánk során használt szubmikronos (nano mérettartományba tartozó) reaktív alumina felhasználásával értünk el.



2. Lineáris hőtágulási együttható csökkentése

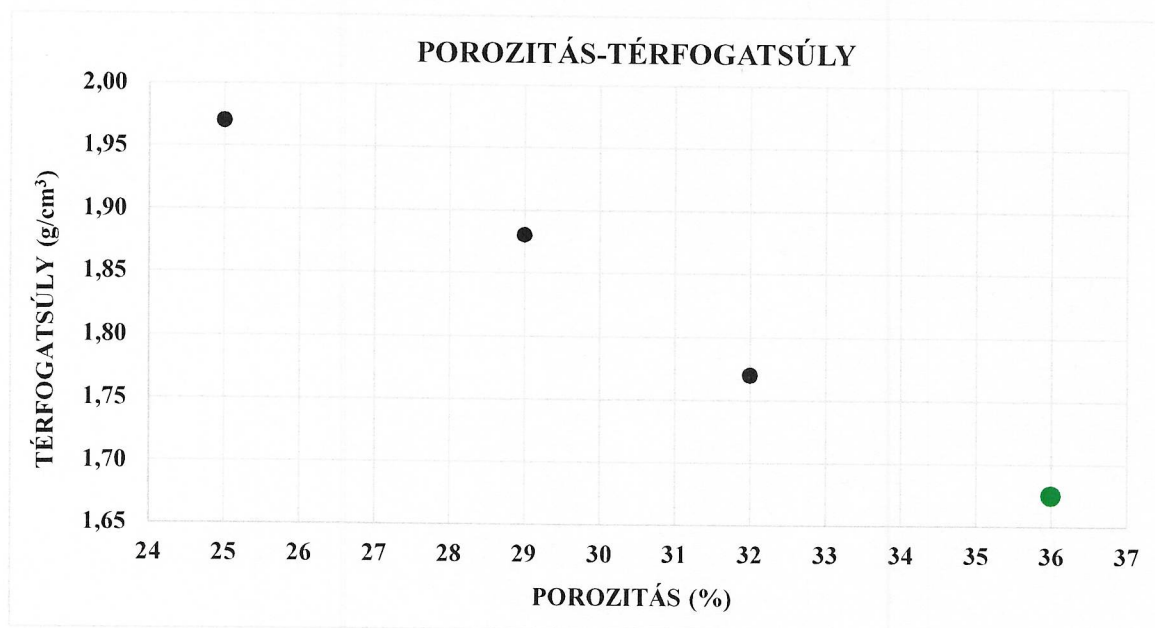
A mintaelőkészítés során a kiégetett kerámiamintákból 5 mm átmérőjű és 50 mm hosszú dilatációs pálcákat készítettünk, melyeknek lineáris hőtágulási együtthatóit (CLTE = Coefficient of Linear Thermal Expansion) egy LINSEIS L-75 típusú dilatométer használatával mértük meg 100-1000 °C hőmérsékleten, 5 °C / perces felfűtési sebesség mellett. Mivel a készülékünk mintatartója Al_2O_3 volt, így korrekciós görbét is alkalmaztunk a mérés során.

A lineáris hőtágulási együtthatót a napjainkban alkalmazott kordierit típusú égetési segédeszközöket jellemző $3,0\text{-}3,1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ átlagos értékről sikerült lecsökkentenünk $2,55\text{-}2,65 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ átlagos értékre, ami $\sim 15\%$ -os javulás, amit a kutatási munkánk során használt szubmikronos (nano mérettartományba tartozó) reaktív alumina és Y_2O_3 felhasználásával értünk el.



3. A porozitás és térfogatsúly optimalizálása

Az új termék vízfelvételét 21-22%-ra növeltük, mellyel párhuzamosan a porozitást 36-37%-ra növeltük, melynek eredményeképp a térfogatsúly $1,65\text{-}1,70 \text{ g/cm}^3$ -re csökkent, ami egy szignifikáns 15%-os csökkenés a konvencionális égetési segédeszközökhöz viszonyítva, amit a kutatási munkánk során használt szubmikronos (nano mérettartományba tartozó) titanát nanocsövek (TiONW) felhasználásával értünk el.



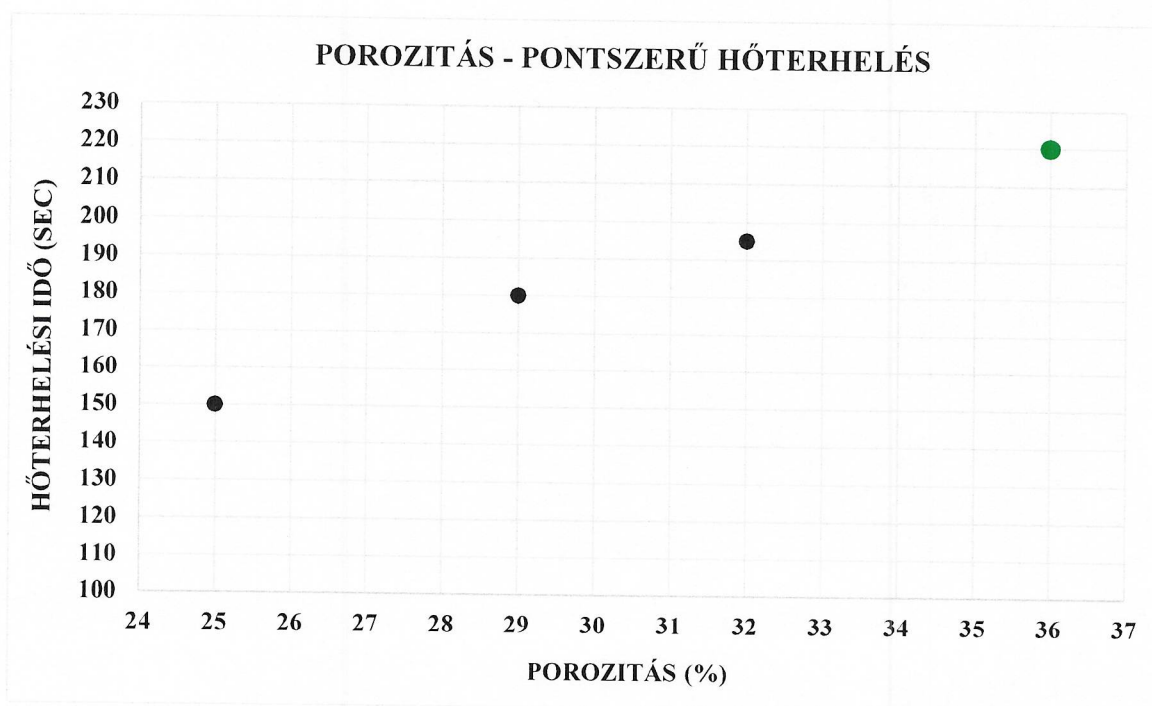
A kisebb sűrűségből adódó kisebb tömeg közel hasonló fajhő mellett ezáltal jelentős energiamegtakarítást eredményez a felhasználói oldalon. Nagyobb a tolási sebesség, azaz ciklusidő csökkenés és akár 30-40%-os fajlagos energiamegtakarítás érhető el, ami elengedhetetlen az Európai Unió 2030-ra és 2050-re kitűzött környezetvédelmi céljai, azaz a szén-dioxid kibocsátás jelentős mérséklése szempontjából.

A térfogatsúly és a lineáris hőtágulási együttható párhuzamos fejlesztését a pórusszerkezet, valamint a kerámiamátrix szerkezetének tervezhető befolyásolásával értük el, melynek során a szubmikronos reaktív alumina felhasználásával és az égetési hőgörbe optimalizálásával eredményesen növeltük a kerámia kristályos fázisának kordierit tartalmát.

4. A pontszerű hőterheléssel szembeni ellenállóképesség növelése

A kísérletek során a próbatesteket $\sim 900^\circ\text{C}$ -os szűrőlánggal melegítettük alulról a fokozott pontszerű hőterhelés megvalósításához és mértük az elrepedési időt. A melegítés helyén magasabb a hőmérséklet, mint a próbatest távolabbi részein, így hőfeszültség alakul ki a próbatest anyagában, ami egy idő után repedéshez / töréshez vezet – „hot cracking”.

Minél jobb egy anyag hővezetése és minél kisebb a hőtágulása, annál ellenállóbb a hőfeszültségnek, azaz annál jobb a hőlökésállósága.



A hőtani paraméterek közül a pontszerű hőterhelést a konvencionális égetési segédeszközöket jellemző 140-160 másodperc repedési időről sikerült 220 másodperc átlagos értékre javítanunk, ami megközelítőleg 40%-os javulást jelent, amit a kutatási munkánk során használt szubmikronos (nanoméretű) titanát nanocsövek (TiONW) és Y_2O_3 felhasználásával értünk el.

5. Önthetőségi kísérletek komplex geometriájú formatesteken

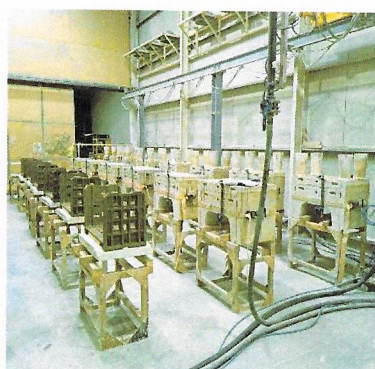
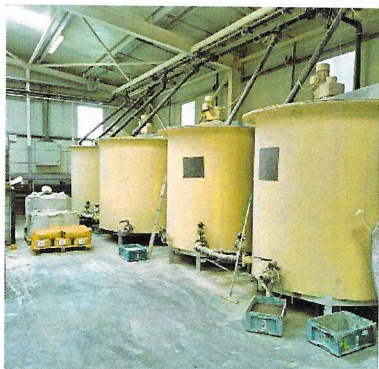
Az egyszerűbb geometriájú próbatestek – pálcák és plakettek – gyártását követően sikeres próbaöntéseket végeztünk különböző típusú és geometriájú égetési segédeszközökön, melynek során további értékes tapasztalatokat szereztünk a kísérleti kerámiamassza jóságáról és tovább javítottuk, optimalizáltuk a receptúrát.



A feladat során tökéletesítettük a massa reológiai paramétereit (a folyósságot és a tixotrópiát), a hagyományos és a nyomás alatti öntés igényeinek megfelelően, valamint a kísérletekkel feltártuk a további lehetséges nyersgyártási hibákat és kiküszöböltük azokat.

6. Felskálázás és sorozatgyártás

A tevékenység során kialakítottuk az új anyagminőség teljeskörű gyártástechnológiai és minőségbiztosítási leírását, kidolgoztuk az új receptúrájú massa komponenseinek oldókeverőbe való bejuttatásának sorrendjét és befejeztük a gyárthatósági kísérleteket, valamint meghatároztuk a gipszformák optimális szívási idejét az új anyagminőségű masszával és kidolgoztunk egy új szárítási és kemencerakási protokollt is új termékekhez.



A fejlesztési feladat végeredményeképp rendelkezésünkre áll a termék sorozatos gyártásának képessége az ipari hőterhelési tesztekhez a vevőknél és a HK-Ceram Kft. tesztkemencéjében is.

Az így megvalósult kutatás-fejlesztés eredménye nem csupán egy magasminőségű és nagy hőlökésállóságú égetési segédeszköz termékcsalád, hanem egy zöldkémia alapelveit is követő, a karbonsemlegesség felé vezető hőtechnikai kerámia is, melynek jövőbeni széleskörű használatával a ciklusidők lerövidítése mellett a tüzelőanyagfelhasználás és egyben a károsanyagkibocsátás is csökkenthető lesz.

Szentes, 2025.05.31.



HK-CERAM KFT.
6600 Szentes,
Bese László u. 10.
Adószám: 13451561-2-06

Sebők-Papp Imre
HK-Ceram Kft