

Nagy Hőlkésállóságú Égetési Segédeszköz Termékcsalád és Gyártástechnológia Kutatás-Fejlesztése

A KÍSÉRLETI MUNKA ÉS AZ ELÉRT EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA

Dr. Boldizsár Tamás
HK-Ceram Kerámiagyártó Kft.
2025



A projekt célkitűzése

A PÁLYÁZAT IDŐSZERŰSÉGE ÉS TERVEZETT ELŐNYE

A pályázat időszerűsége

1. AZ ÉGETÉSI SEGÉDESZKÖZÖK

- A kerámiaipari termékeket gyártó cégek számára a termelés pontos ütemezésének egyik sarokkövei
- Időszerű vált a korszerűsítésük – a folyamatos ciklusidő csökkentési törekvések miatt

2. AZ ÚJ GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA KIHÍVÁSAI

- Az egyre intenzívebb felfűtési és lehűtési ciklusok miatt egyre nagyobb hőszökkenést éri őket
 - Gyakoribbá válnak a repedések és törések
- Ellentétes a gyártó cégek alapvető elveivel
 - A termelési költségek csökkentése
 - A képződő selejt termékek csökkentése
 - A károsanyag emisszió csökkentése

3. EURÓPAI UNIÓS KÖRNYEZETVÉDELMI TÖREKVÉSEK

- A 2030-ra kitűzött klímacél az üveghatású gázok kibocsátásának legalább 55%-os csökkentése az 1990-es szinthez képest
- Ez a cél kulcsfontosságú a klímasemlegesség 2050-ig történő elérése érdekében

4. A HK-CERAM KFT. SZEREPVÁLLALÁSA ÉS FILOZÓFIÁJA

- Partnereinknek fel kell készülniük a gyártási technológiájuk korszerűsítésére
- Cégünk elkötelezett a környezetvédelem és fenntartható fejlődés mellett
 - Folyamatosan fejlesztjük termékeinket és gyártástechnológiánkat, hogy megfeleljünk a rövidebb ciklusidők okozta kihívásoknak
 - Ennek érdekében pedig időszerűvé vált termékeink hővezetőképességének javítása

A pályázat tervezett előnyei

1. A CIKLUSIDŐ

- Az az időtartam, amennyi idő alatt egy művelet, termelési feladat megismétlődik
- Technológiai szempontból a legrövidebb elérhető ciklusidő a leggazdaságosabb

2. GAZDASÁGI ELŐNYÖK

- Csökkenthető a felhasznált energiamennyiség – akár 25% mértékű fajlagos energiamegtakarítást tesz lehetővé
- Növelhető a kapacitások kihasználtsági foka – nagyobb termelési potenciál és ezáltal nagyobb profit érhető el

3. KÖRNYEZETVÉDELMI ELŐNYÖK

- A csökkenő fajlagos energiafelhasználás szignifikánsan kisebb mértékű CO₂ emissziót eredményezhet

4. MEGOLDÁS – A HŐLÖKÉSÁLLÓSÁG FEJLESZTÉSE

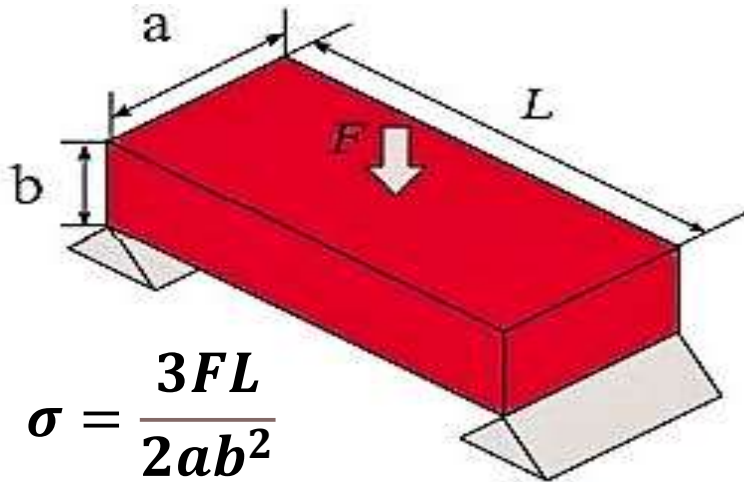
- Mechanikai szilárdság (σ) növelés
- Lineáris hőtágulási együttható (α) csökkentés
- Tervezetten kialakított pórusszerkezet – porozitás növelés
- A hőterheléssel szembeni ellenállóképesség növelés

Az eredmények bemutatása

FEJLESZETT ANYAGPARAMÉTEREK A HŐLÖKÉSÁLLÓSÁG
JAVÍTÁSA ÉRDEKÉBEN

A mechanikai szilárdság

A HÁROMPONTOS HAJLÍTÓ TÖRŐSZILÁRDSÁG VIZSGÁLATA



A kísérlet menete

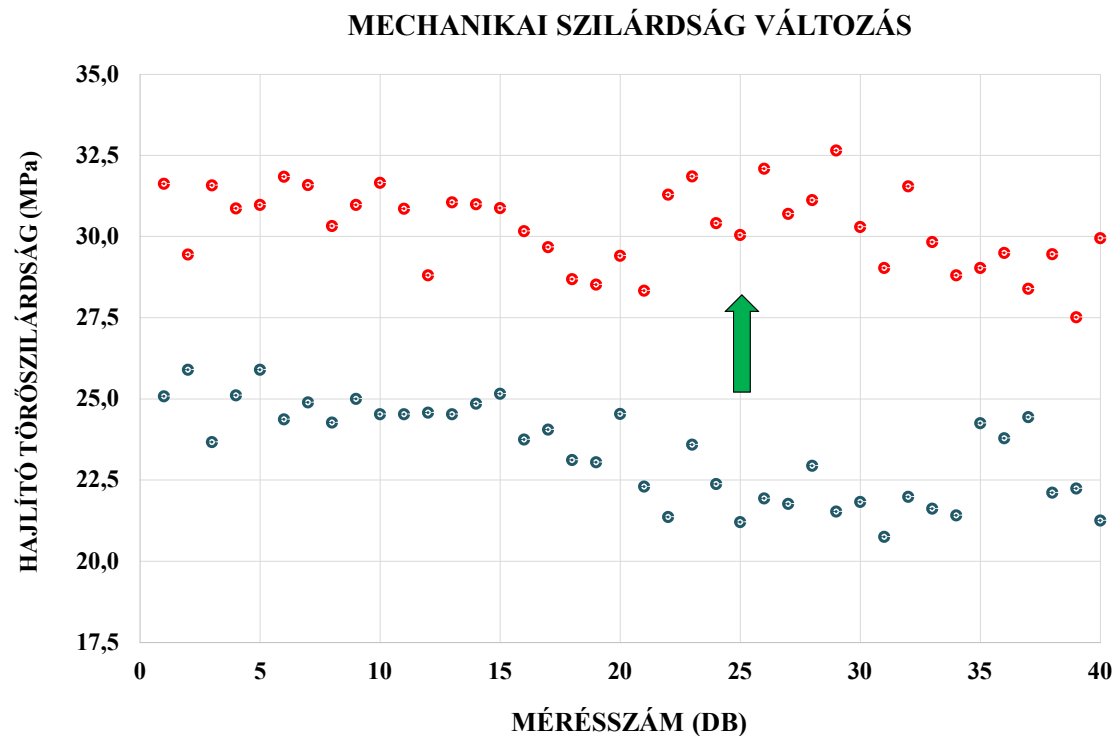
A hajlítószilárdság az a maximális hajlítófeszültség, amit az anyag még el tud viselni, mielőtt eltörik vagy maradandó alakváltozást szenved.

A méréseket egy hárompontos hajlítószilárdság mérőgéppel végeztük, melynek során 12 mm vastag, 20 mm széles és 120 mm hosszú kerámia próbatesteket törtünk 100 mm-es alátámasztási távolsággal.

A képletben σ = hajlítószilárdság, F = törési terhelés, L = alátámasztási távolság, a = próbatest (pálca) szélesség, b = próbatest (pálca) vastagsága

A mechanikai szilárdság javítása

A HÁROMPONTOS HAJLÍTÓ TÖRŐSZILÁRDSÁG NÖVELÉSE



A kísérlet eredménye

A hajlítószilárdságot az előzetes 22-25 MPa átlagos értékről sikerült 27-31 MPa átlagos értékre növelnünk, ami egy szignifikáns 24%-os mechanikai szilárdság javulást jelent.

A szilárdság növelése által csökkenthető a termékeink falvastagsága, ami a felhasznált alapanyag mennyiségének és ezáltal a termék tömegének ~15%-os csökkenését teszi lehetővé, amit részben a kutatási munkánk során használt szubmikronos alumina felhasználásával értünk el.

A hőtágulási együttható

A LINEÁRIS HŐTÁGULÁSI EGYÜTTHATÓ VIZSGÁLATA



A kísérlet menete

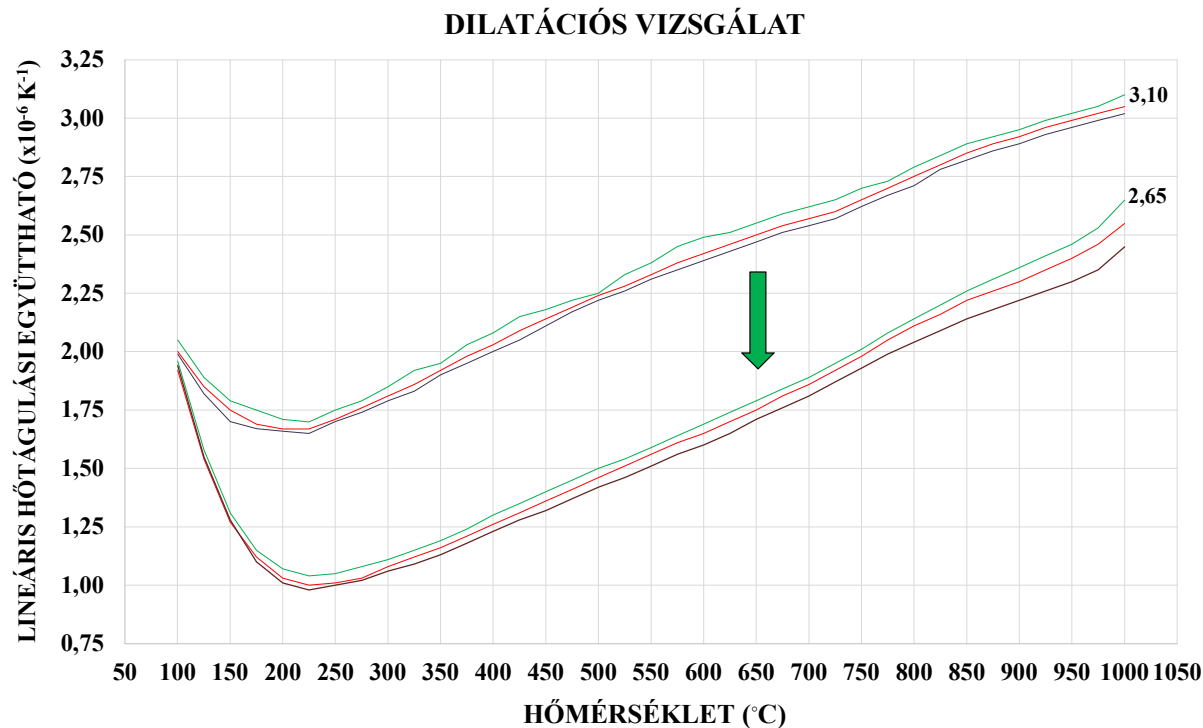
A lineáris hőtágulási együttható a szilárd anyag hőmérsékletváltozásra adott hosszmeretváltozásának a mértéke.

A mérésekhez egy LINSEIS L-75 típusú dilatometert használtunk, melynek során a próbatestek 5 mm átmérőjű és 50 mm hosszúságú kerámiapálcák voltak.

A vizsgálatokat 100-1000 °C között, 5 °C / perces felfűtési sebesség alkalmazásával végeztük.

A dilatáció javítása

A LINEÁRIS HŐTÁGULÁSI EGYÜTTHATÓ CSÖKKENTÉSE



A kísérlet eredménye

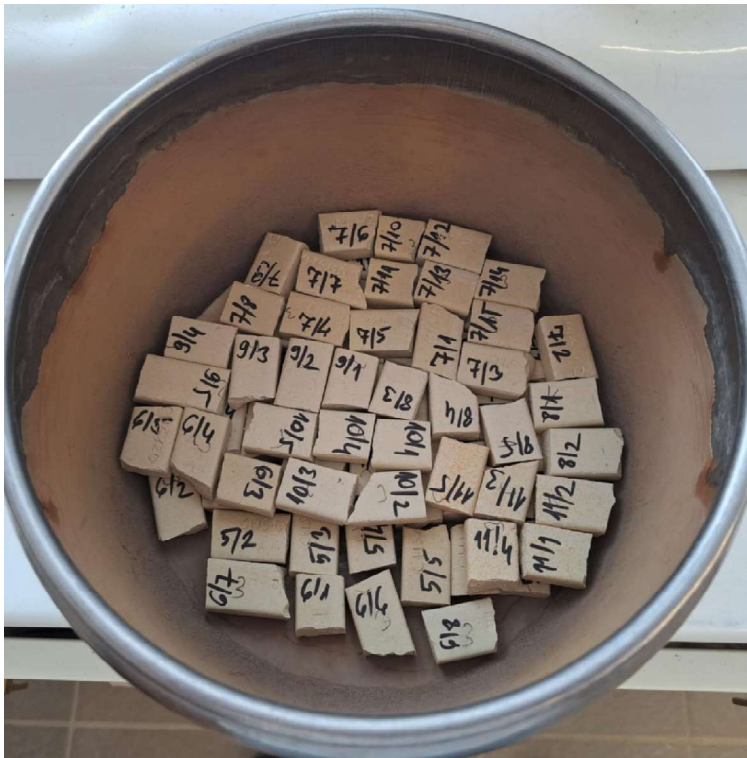
A jelenlegi piaci égetési segédeszközök lineáris hőtágulási együtthatója $3,0-3,1 \cdot 10^{-6} K^{-1}$.

A komponensek morfológiájának módosításával és a kerámiamátrix szerkezetének befolyásolásával, valamint az égetési hőgörbe optimalizálásával eredményesen növeltük a termékeink kristályos fázisának kordierit tartalmát.

Ennek eredményeképp sikerült ezt paramétert $2,55-2,65 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ átlagos értékre csökkenteni, ami $\sim 15\%$ -os javulást jelent.

A porozitás és térfogatsúly

A POROZITÁS ÉS TÉRFOGATSÚLY VIZSGÁLATA



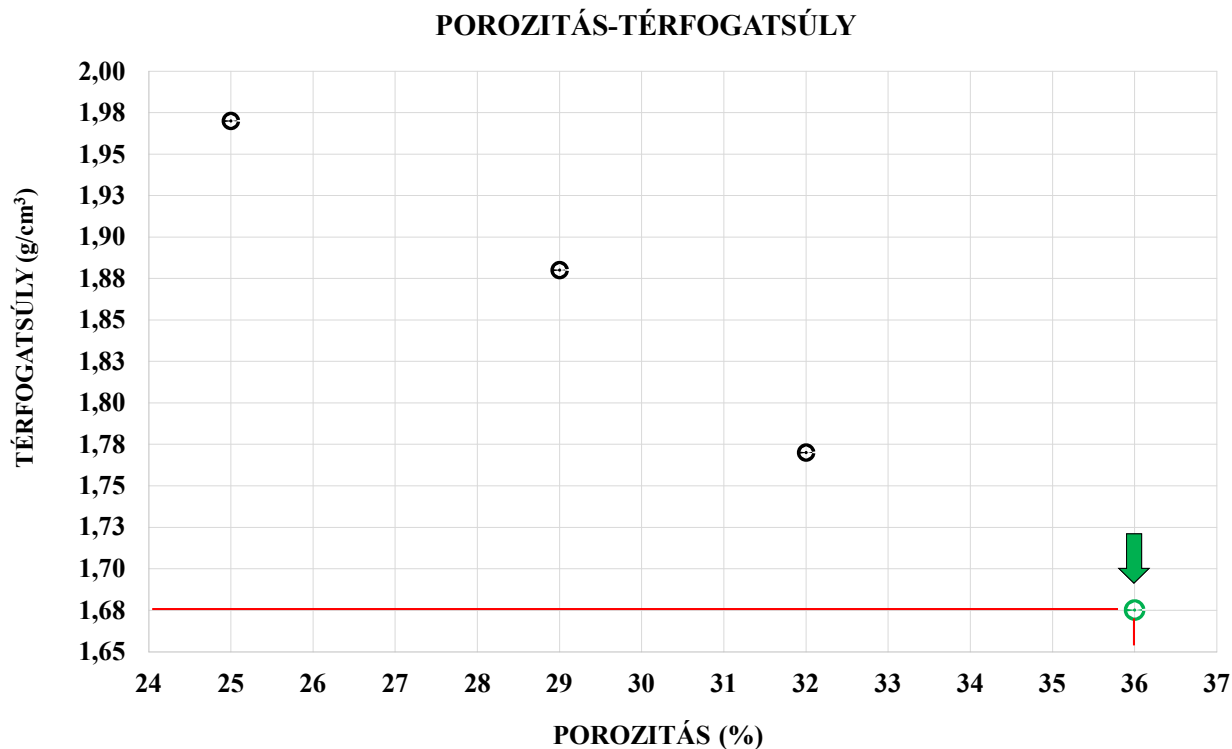
A kísérlet menete

A kísérletek során a próbatesteket 2 órán keresztül főztük egy vízzel teli autoklávban, hogy a magas hőmérséklet és nyomás hatására a legkisebb kapillárisok is telítődhessenek, biztosítva a legpontosabb mérési eredményt.

Ezt követően az Arkhimédész-elv alkalmazásával megmértük a próbatestek sűrűségét

A porozitás és térfogatsúly javítása

A POROZITÁS NÖVELÉSE ÉS A TÉRFOGATSÚLY CSÖKKENTÉSE



A kísérlet eredménye

A kísérletek során sikeresen növeltük a porozitást 25%-ról 36%-ra, ami 44%-os növekedés

Ezzel párhuzamosan sikerült a térfogatsúlyt átlagosan 1,98 g/cm³-ről 1,68 g/cm³-re csökkentettük, ami 15%-os javulást jelent

A kisebb sűrűségből adódó kisebb tömeg közel hasonló fajhők mellett jelentős fajlagos energiamegtakarítást eredményezhet a felhasználói oldalon

A hőterhelés

A PONTSZERŰ HŐTERHELÉS VIZSGÁLATA



A kísérlet menete

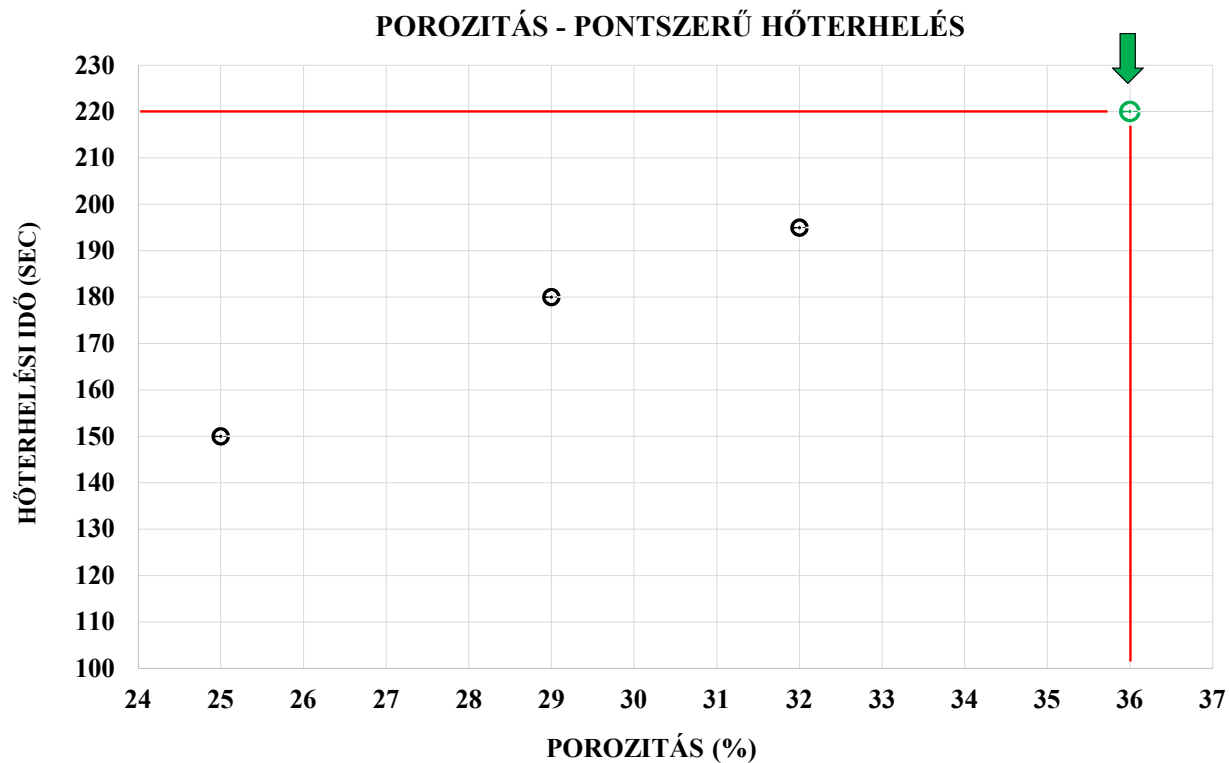
A próbatesteket 900 °C-os szúrólánggal melegítettük alulról a fokozott pontszerű hőterhelés elérése érdekében, miközben mértük a repedési időt.

A melegítés helyén magasabb a hőmérséklet, mint a próbatest távolabbi részein, így hőfeszültség alakul ki az anyagban, ami egy idő után töréshez vezet – „hot cracking”.

Minél jobb egy anyag hővezetése és minél kisebb a lineáris hőtágulási együtthatója, valamint minél nagyobb a mechanikai szilárdsága, annál ellenállóbb a hőfeszültségnek, azaz annál jobb a hőlökéscélósága.

A hőterheléssel szembeni ellenállóképesség

A PONTSZERŰ HŐTERHELÉSSEL SZEMBENI ELENÁLLÓKÉPESSÉG NÖVELÉSE



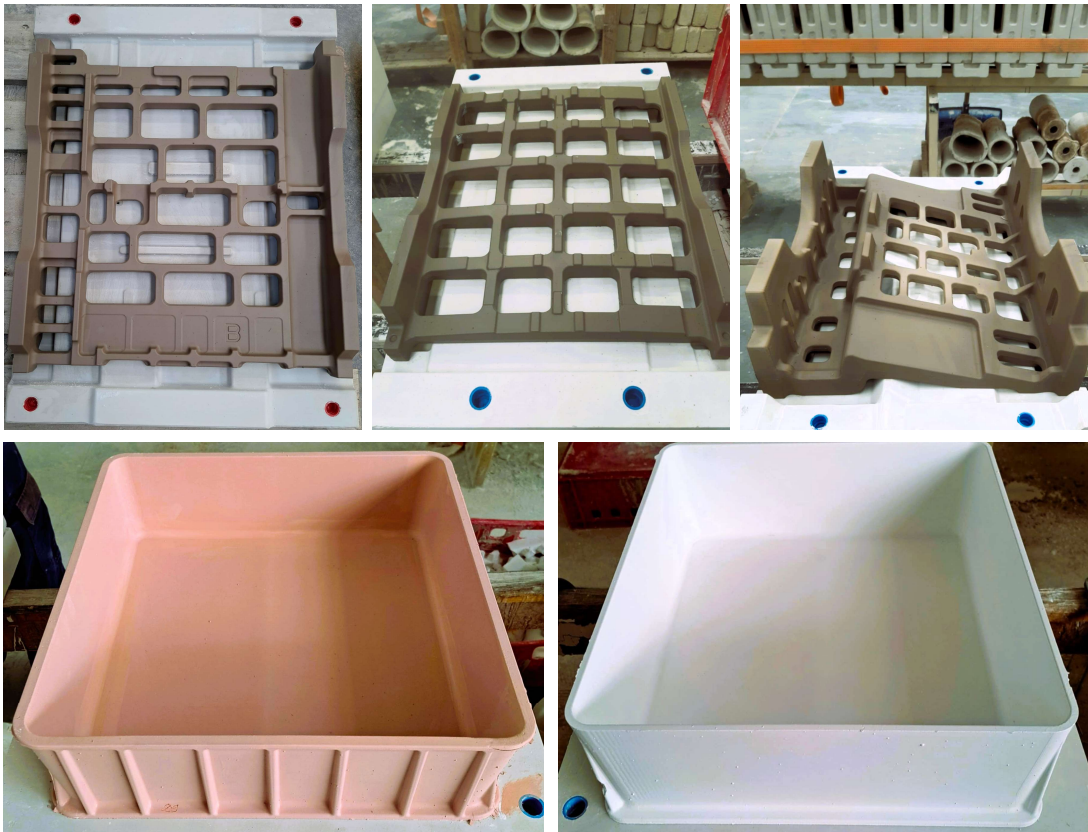
A kísérlet eredménye

A pontszerű hőterhelést a konvencionális égetési segédeszközökre jellemző 140-160 másodperc törési időről sikerült 220 másodperc átlagos értékre javítanunk.

Ez megközelítőleg 40%-os javulást jelent, amit többek között a kutatás-fejlesztési munkánk során felhasznált nanoméretű aditívok mennyiségének optimalizálásával értünk el.

Öntési kísérletek komplex geometriájú formatesteken

ÉGETÉSI SEGÉDESZKÖZ PRÓBAGYÁRTÁSOK



A kísérlet menete

Az egyszerűbb geometriájú próbatestek sikeres gyártását követően próbaöntéseket végeztünk különböző komplex geometriájú égetési segédeszközön is.

A kisüzemi vizsgálatok eredményeképp további értékes tapasztalatot szereztünk az új kerámiamassa jóságáról és tovább optimalizáltuk a receptúrát, valamint a massa reológiai tulajdonságait.

Sikeresen összehangoltuk a gipszformák optimális szívásidejét az új massa reológiai paramétereivel, illetve sikeresen feltártuk és kiküszöböltük a további lehetséges nyersgyártási hibákat.

Felskálázás és sorozatgyártás

ÚJ ANYAGMINŐSÉG – GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA – MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS



Összefoglalás

Mostanra rendelkezésünkre áll egy új anyagminőség annak teljeskörű gyártástechnológiai és minőségbiztosítási leírásával.

A végeredmény egy magasminőségű, a zöldkémia alapelveit is követő égetési segédeszköz termékcsalád, melynek jövőbeni használatával a ciklusidők lerövidítése által a energiafelhasználás és a károsanyagkibocsátás is csökkenthető lesz.

Köszönöm szépen a megtisztelő figyelmet!