

Kemencetér hőmérséklet-egyenletességének hatása a hőkezelés eredményességére

The effect of furnace temperature uniformity on the effectiveness of heat treatment

Dr. VÉGVÁRI Ferenc

főiskolai tanár
műszaki tanácsadó

DOBOSI Zoltán

tervező mérnök

Prothermo- Hofmann Ipari Kemenceépítő Kft
Hungary, Kecskemét Matkói út 28.
Tel: +36 76 509 521, e-mail: prothermo

Abstract

Before the 1990s, heat treatment furnaces were usually built of ceramic bricks (chamotte, magnesite, etc.), which were sufficiently heat-resistant and also provided thermal insulation for the furnace. The insulating material of newer furnaces is ceramic fiber. These are also good heat-resistant, good thermal insulators, have a low thermal conductivity coefficient and are significantly lighter than ceramic bricks. Heat treatment furnaces are built for a long service life, during which they wear out and their insulation is damaged. This changes the temperature distribution of the furnace space, which can affect the effectiveness of heat treatment. During our work, we examined the temperature uniformity of the working space of furnaces of different ages. Our measurement results prove that due to lack of maintenance, there can be differences of up to 40 - 50 °C in the working space temperature in some furnaces. Such a difference can affect the effectiveness of heat treatment.

Keywords: construction materials of furnaces, temperature measurement in the furnace, temperature distribution in the furnace space

Kivonat

Az 1990-es évek előtt a hőkezelő kemencék általában kerámia téglákból épültek (samott, magnezit stb) amelyek megfelelően hőállóak voltak és ellátták a kemence hőszigetelését is. Az újabb kemencék szigetelő anyaga a kerámia szál. Ezek szintén jó hőállóak, jó hőszigetelők, kicsi a hővezetési együtthatójuk és lényegesen könnyebbek a kerámia tégláknál. A hőkezelő kemencék hosszú élettartamra épülnek, amely során elhasználódnak, szigetelése sérül. Ezek miatt megváltozik a kemencetér hőmérsékleteloszlása ami kihathat a hőkezelés eredményességére. Munkánk során különböző korú kemencék munkaterének hőmérséklet-egyenletességét vizsgáltuk. Mérési eredményeink bizonyítják, hogy a karbantartás hiánya miatt egyes kemencékben a munkatér hőmérsékletében akár 40 – 50 °C-os eltérések is lehetnek. Ilyen mértékű eltérés befolyásolhatja a hőkezelés eredményességét.

Kulcsszavak: kemencék építőanyagai, hőmérsékletmérés kemencében, kemencetér hőmérséklet-eloszlása

1. BEVEZETÉS

A fémek hőkezelésére országosan nagyon sok kemence használatos. Ezek a kemencék kora nagyon változó. Üzemelnek 40 – 50 éves kemencék is, de egyre több az 5 – 10 éves hőkezelő kemence. A mai kemencék általában korszerű szigetelő anyaggal készültek. Sajnos a hőkezelő kemencék karbantartására kevés gondot fordítanak. A karbantartás legtöbb esetben a meghibásodott fűtés javítására korlátozódik. A hőkezelendő adagok berakásával sok esetben sérül a falazat, az ajtó hőszigetelése. Ezek a sérülések kihatnak a kemencetér hőmérsékletének eloszlására. Egy rossz ajtószigetelés kihat a kemencetér hőmérsékletének egyenletességére, ami befolyásolhatja az eredményes hőkezelést.

2. A HŐKEZELŐ KEMENCÉK ÉPÍTŐANYAGAI

A hőkezelő kemencék építőanyagaival szemben támasztott követelmények:

- Hőállóság (a munkatér megkívánt hőmérsékletétől függően akár 1200 – 1400 °C)
- Jó hőszigetelő képesség (kis hővezető képesség)
- Kis üresjáratú veszteség
- Gyors felfűtési lehetőség
- Hősokk-állóság (ismételt felmelegítés és hűtés ne okozzon benne károsodást)
- Mechanikai szilárdság
- Kémiai ellenállás
- Minimális zsugorodás

A 40 - 50 évvel ezelőtt épített kemencék sok esetben még mindig üzemelnek. Ezek építőanyaga általában különböző összetételű tűzálló téglák, amelyek a mai korszerű hőszigetelő anyagokhoz képest nehezebbek, gyengébb hőszigetelők, nagy fajhővel rendelkeznek, de jó kopásállóak. A manapság alkalmazott korszerű hőszigetelő anyagok könnyűek, jó hőszigetelők kis fajhővel rendelkeznek, gazdaságosak, felfűtésnél kevesebb energiát igényelnek.

Az 1. táblázatban bemutatjuk néhány a kemenceépítésben használatos tűzálló falazati anyagok jellemző tulajdonságait [1,2,3].

1. táblázat Egyes hőszigetelő anyagok jellemző tulajdonságai

Megnevezés	Maximális alkalmazási hőmérséklet °C	Hővezetési tényező (W/mK)	Fajhő (J/kg K)	Sűrűség kg/m ³
Szilikatégla	1400 – 1600	<3,0	--	2500 – 2650
Hőszigetelő mullit téglá	1200	0,2 – 0,4	--	600 - 1200
Könnyű szigetelő téglá	1200 – 1400	0,2 – 0,6	--	500 – 500
Kerámiaszál	1600	0,035 – 0,05	840	25 – 220

A mai korszerű hőkezelő kemencék kerámiaszál szigeteléssel készülnek. A kerámiaszálak alkalmazásának előnyei:

- Magas hőállóság (1200 – 1600 °C)
- Alacsony hővezető képesség (0,02 – 0,05 W/m K)
- Kis sűrűség (80 – 220 kg/m³)
- Kis fajhő (800 – 1000 J/kg K)
- Jó hősokkállóság
- Nagy szakítószilárdság

3. A MÉRÉS KÖRÜLMÉNYEI

A mérést LUTTRON gyártmányú BTM-4208SD típusú 12 csatornás, csatornánként hitelesített adatrögzítő feszültségmérővel történt. A hitelesítést a KVALIFIK Kft végezte, 2025. október 3.-án. A mérésekhez Ø 1,5 mm „K” jelű köpenyhőelemeket használtunk a kis reakcióidő miatt. A mérési helyek száma a kemencetér méreteitől függően 3, 5 9 helyen elhelyezett hőelemekkel történt. A műszer a mért adatokat 30 másodpercenként rögzíti [4].

Az EN ISO 17663:2009: E szerint a különböző mérési pontokon mért hőmérsékletek közötti különbségeknek meg kell felelniük a 2. táblázatnak [5].

2. táblázat – Megengedett hőmérséklet-ingadozási tartomány a különböző mérési pontokon

Mérési hőmérséklet T	A minőségi osztályhoz tartozó szakaszos hőmérsékleti tartomány °C		
	I	II	III
$T < 300$	15	10	6
$300 \leq T < 700$	20	15	10
$700 \leq T < 1\ 000$	30	20	15
$1\ 000 \leq T < 1\ 300$	43	30	20

4. KEMENCE-MUNKATEREK HŐMÉRSÉKLETÉNEK MÉRÉSE

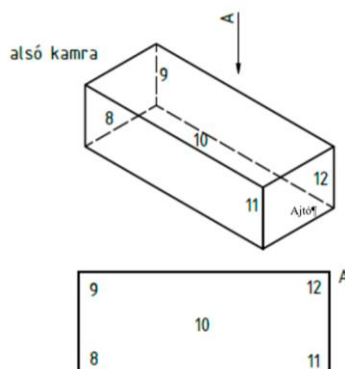
Sok, különböző korú és állapotú kemencének mértük a hőmérséklet-egyenletességét. Az alábbiakban ezek közül mutatunk be néhányat.

4.1 2K-4 típusú kamrás kemence vizsgálata

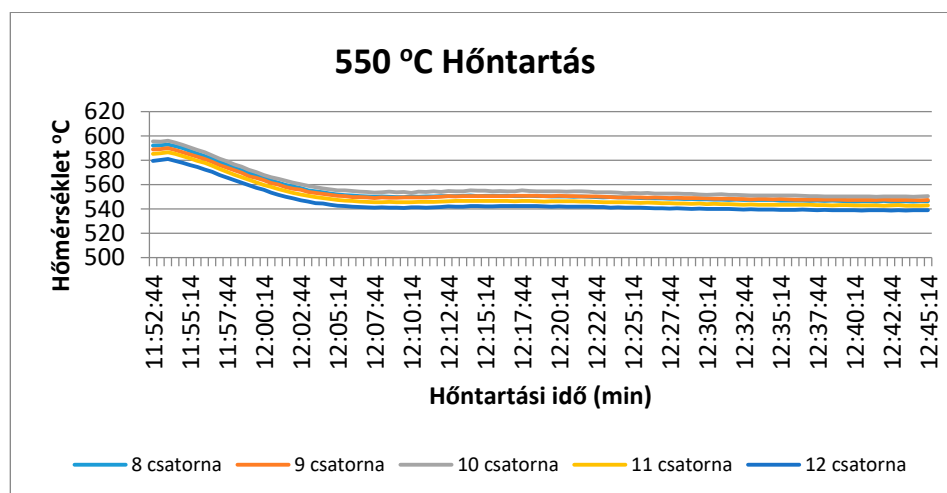
A 2K-4 típusú Prothermo-Hofmann gyártmányú kemence két kamrával rendelkezik. Az alsó kamra edzés céljára szolgál max. 1000 °C hőmérséklettel, a felső kamra megeresztésre szolgál max. 750 °C hőmérséklettel. A kemence 3 éve van használatban. A két kamra mérete azonos 500*300*800 mm. A mérés 5db hőelem behelyezésével történt. Hőntartást végeztünk 200, 550, és 900 °C-on.

— Az alsó kamra mérési eredményei 550 °C-on

A hőelemek kemencében történő elhelyezését az 1. ábra mutatja be.



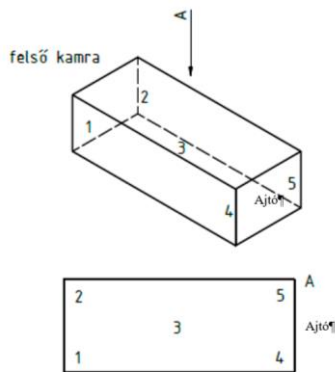
1. ábra Mérőpontok elhelyezése a kemencében



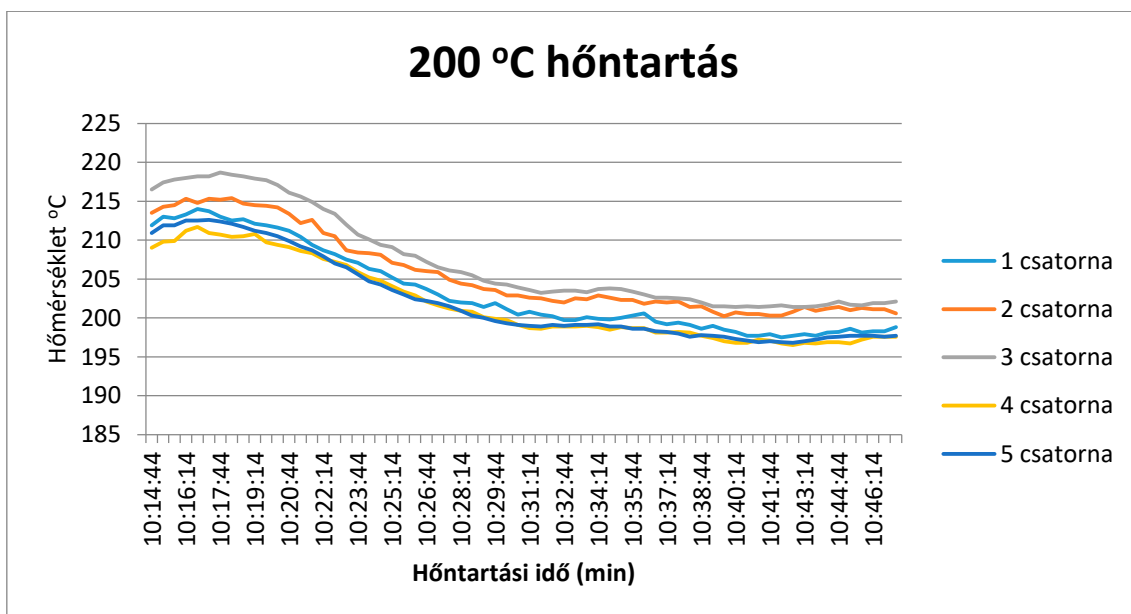
2. ábra Alsó kamra kemencetér hőmérséklet-eloszlása 550 °C-on

A kemence hőingadozása ezen a hőmérsékleten max 9 °C. A mérési eredmények alapján a 2K-4 kemence alsó kamrája 550 °C-on az EN ISO 17663:2009: E szerint a II minőségi osztálynak megfelel.

— Felső kamra mérési eredményei 200 °C-on



3. ábra Mérőpontok elhelyezése a kemencében

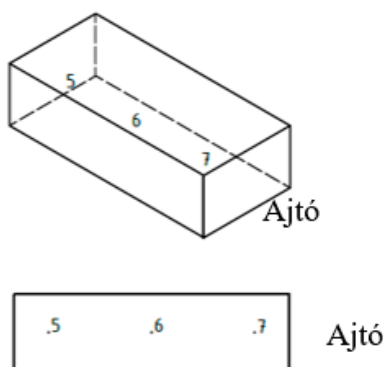


4. ábra Felső kamra kemencetér hőmérséklet-eloszlása 200 °C-on

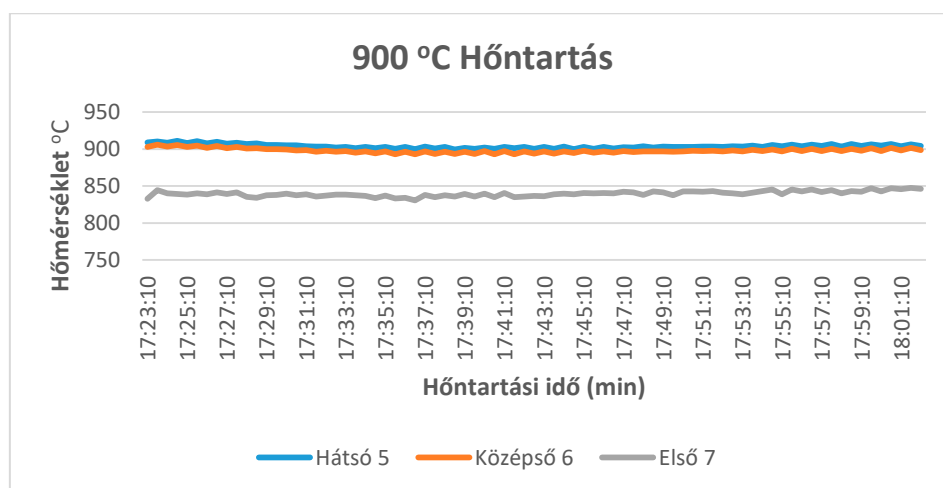
A kemence hőingadozása ezen a hőmérsékleten max 7°C. A mérési eredmények alapján a 2K-4 kemence felső kamrája 200 °C-on az EN ISO 17663:2009: E szerint a II minőségi osztálynak megfelel.

4.2 Laboratóriumi kemence

Több mint 30 éve üzemelő laboratóriumi kemence. Méretei: 160*100*360 mm, max hőmérséklet: 1200 °C. A kisebb kemenceméret miatt a mérést három helyen végeztük az 5. ábra szerint. A vizsgált hőmérséklet 900 °C volt.



5. ábra. Mérőpontok elhelyezése a kemencében

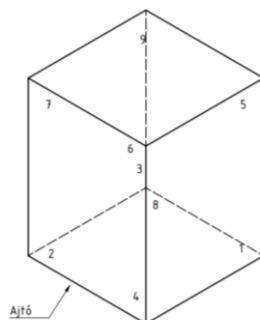


6. ábra. Laboratóriumi kemencetér hőmérséklet-eloszlása 900 °C-on

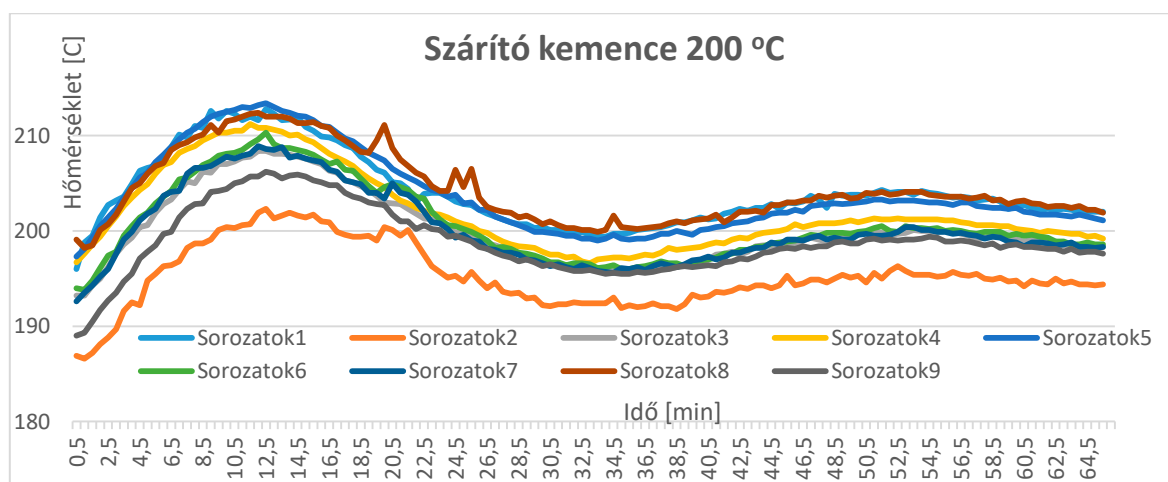
A kemencetér hőmérséklete nagy eltéréseket mutatott. Az ajtóhoz közeli hőelem által mért hőmérséklet 50-60 °C-kal elmarad a beállított hőmérséklettől. Rossz az ajtó tömítettsége. A kemence nem minősíthető.

4.3 Szárító kemence

A Prothermo – Hofmann cégnél építés alatt volt egy TSL 3 típusú légcirkulációs szárító kemence. A kemence belméretének alapterülete 1300*1300 mm, magassága 1700 mm. Üzemi hőmérséklete 200 °C. A meleg levegő áramlási irányát a beépített állítható lamellák segítségével lehet beállítani. A mérési pontok helye a 7. ábrán látható. Az első próbafelfűtés alatt mértük a kemencetér hőmérsékletének egyenletességét, hogy hol kell még állítani a lamellákon. Az ajtóhoz közeli 2 mérőhely hőmérséklete maradt el a kívánttól. A többi hely hőmérséklete ± 5 °C-on belül maradt.



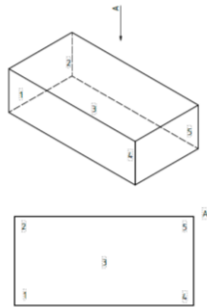
7. ábra. Méréshelyek elhelyezése a kemencében



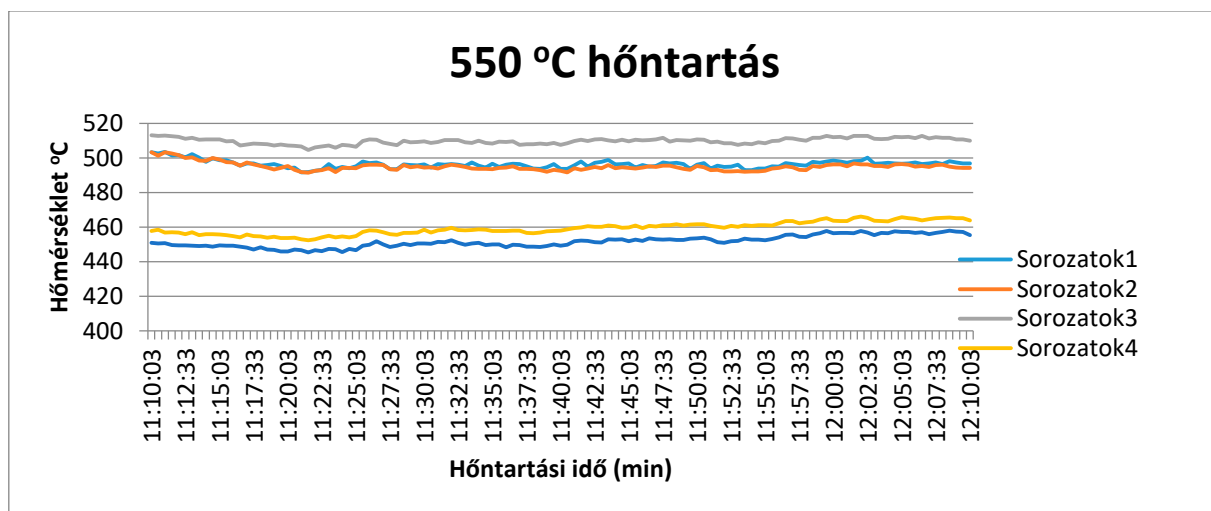
8. ábra. Szárító kemence hőmérséklet-eloszlása 200 °C-on

4.4 Kocsis fenekű kemence

A 30 – 40 éves kihúzható fenekű kemence méretei 900*650*2000 mm. Maximális hőmérséklete 1150 °C. A mérést a kemencébe helyezett 5 db hőelemmel végeztük (9. ábra). Az 550 °C-os hőntartás során a kemencetérben mért hőmérsékleteket a 10. ábrán mutatjuk be. A kemencetér nem érte el a beállított hőmérsékletet. Oka, hogy a szabályzást biztosító hőelem a fűtéshez közel helyezkedett el. A nagy légtérű kemence hőmérsékletét nem reprezentálta.



9. ábra. MÉRŐHELYEK ELHELYEZÉSE A KEMENCÉBEN



10. ábra Kocsis fenekű kemence 550 °C-on

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az EN ISO 17663:2009: E szerint a kemencét a munkatér hőmérsékletére évente kell ellenőrizni. Ellenőrzés hiányában csak esetleg a rossz hőkezelési eredményekből derül ki, hogy valami hiba van a rendszerben. Leggyakrabban az ajtók tömítettségének az elhasználódása vezet jelentősebb hőveszteséghez. Előfordulhat viszont a rosszul elhelyezett szabályzó hőelem is, amely nem biztosítja a megfelelő hőmérsékletet a kemencetérben.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Prothermo – Hofmann cégnek, aki hatékonyan segítette munkánkat.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] <https://www.baufuchs.com/rohbau/baustoffe/baustoffe/>
- [2] <https://www.rsnewrefractory.com/hu/>
- [3] <https://hu.keepinsulation.com>
- [4] EN ISO 17663:2009: E
- [5] BTM-4208SD