

# Gyűrű- és tapadékképződés a klinkerégető forgókemencékben\*



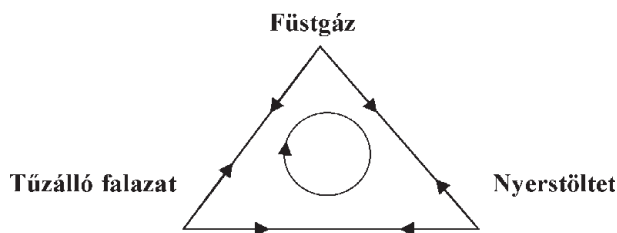
**Jankó András**  
CEMKUT Kft.

## A gyűrű- és tapadékképződés szerepe

A gyűrű- és tapadékképződés szerepe és előnye forgókemencékben:

- a tűzálló falazat védelme, kímélése a láng- és gázsugárzástól, a töltet koptatóhatásától (klinker, klinkerpor), valamint a kemence hőszigetelése;
- a kialakult szokásos méretű közép-, zsugor- és klinkerpor gyűrűk a torlasztóhatásuk folytán a nyerstöltet tartózkodási idejét kismértékben növelik, ami a nyerstöltet kalcinálódására és zsugorodására kedvező hatást gyakorol.

A gyűrű- és tapadékképződésben szerepet játszó tényezők kölcsönhatását klinkerégető forgókemencékben az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. A kölcsönhatások szemléltetése forgókemencékben

A tűzálló falazaton képződő tapadék kialakulása a következőképpen mehet végbe [1]:

- a klinkerszemcse felületéről az olvadék a tűzálló falazatra vándorol, ahol a finom por megkötődik;
- a kemencetöltet és a tűzálló falazat (főleg nagy  $Al_2O_3$ -tartalmú köveknél) közötti reakciók olvadékot hoznak létre, és ez a követ erodálja [2];
- a kemencetöltet és a tüzelőszer hamuja közötti, helyileg korlátozott reakciók eutektikus olvadékot eredményeznek.

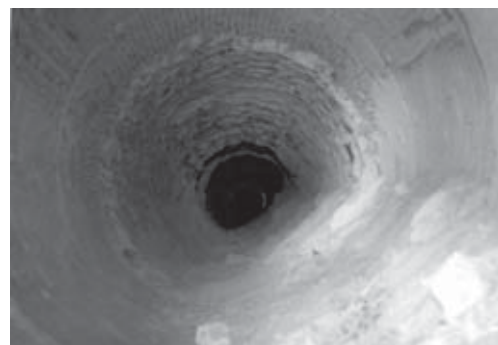
A gyűrű- és tapadékképződésben szerepet játszó jelenségekről az 1. táblázat ad áttekintést [3].

A forgókemencékben rendszeresen kialakuló gyűrűk általában nem zavarják a termelést, ha azok nem nőnek tovább, vagy időben összeomlanak.

A forgókemencékben a szilárd anyag haladási irányában az alábbi gyűrűtípusok alakulhatnak ki [1, 3]:

- iszapgyűrű, porgyűrű,
- középgyűrű, lisztgyűrű,
- olvadékgyűrű, zsugorgyűrű,
- hamugyűrű, klinkerpor gyűrű.

A 2. ábrán egy forgókemence hűlő- és zsugorítózonája látható zsugorgyűrűvel és középgyűrűvel. A 3. ábra középgyűrűt mutat be.



2. ábra. Forgókemence belvilága a kiömlés felől nézve. Elöl a középgyűrű, majd a zsugorgyűrű látható

A klinkerégetéshez felhasznált anyagoknak a gyűrű- és tapadékképződésre hatást gyakorló tulajdonságai az alábbiakban foglalhatók össze [1-4]:

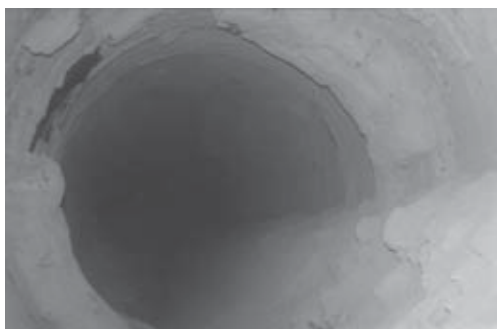
- A kemenceliszt, klinker, por, tüzelőanyag, hamu kémiai és granulometriai összetétele, valamint az előbbiekingadozása. A nyersanyagokkal és tüzelőszerrel bevitt alkáliák, kloridok, szulfátok, fluoridok stb. koncentrációja és illékonysága.
- A kemence kénháztartása.
- A tűzálló falazat kémiai és ásványi összetétele.

1. táblázat

A gyűrű- és tapadékképződésben ható tényezők forgókemencékben

A ható erők számbavétele	Példák
Nedvesség- és olvadéktapadás	Iszapgyűrű, porgyűrű, zsugorgyűrű (szárító-, kalcinálózóna, zsugorítózóna)
Felületi erők (elektrosztatikus feltöltődés, nemezelődés stb.)	„Szárász” lisztgyűrű, porgyűrű, középgyűrű (kalcinálózóna)

\* 2001. november 13-15. között Visegrádon rendezett Cementipari Konferencián elhangzott előadás nyomán



3. ábra. Forgókemencében képződött középgyűrű a zsugorítózóna felől nézve

- A füstgáz összetétele, különösen akkor, ha a gázatmoszféra redukáló; portartalma.
- Hőmérséklet-eloszlás a kemencében.
- Áramlási sebesség (füstgáz, por, nyerstöltet).
- A kemence méretezése.

A nyersanyagokkal bevitt illó alkotók főbb forrásai [1]:

- földpátok – ortoklász, albit;
- illit-csoportoz tartozó agyagásványok;
- kaolinit és montmorillonit által adszorbeált kationok, különösen a káliumionok;
- agyagásványokra rakódott sók, különösen alkáli-szulfát és -klorid;
- szulfidként bevitt kénvegyületek, mint pl. piritpörk;
- kén, különösen a szénből és fűtőolajból származó;
- alkálisók szilárd tüzelő anyagokból (különösen németországi barnaszenekekből).

A tapadékképzést előidéző hatások mindig együtt hatnak a tapadékot elbontó hatásokkal. A tapadék vastagsága (általában 50...200 mm) és stabilitása minden ható tényező együttes eredménye.

Stabil tapadék kialakulásához meghatározott mennyiségű és viszkozitású olvadék szükséges. Az 1200 °C feletti hőmérsékleti tartományban (zsugorítózónában) a klinkerolvadék a mértékadó alkotó, a 600 és 1200 °C közötti tartományban pedig az alkáli-kloridok és alkáli-szulfátok a meghatározó tényezők.

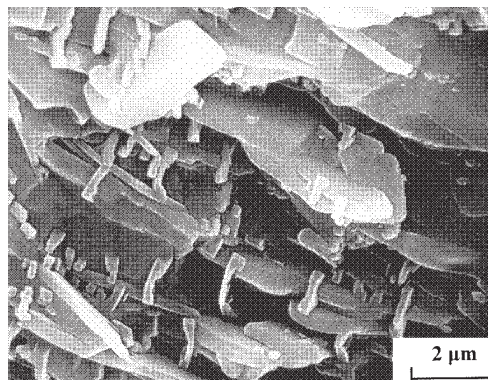
Továbbá bizonyos „kettős sók” (ásványok) a tapadék és gyűrűk kialakulásában nagy szerepet játszanak, mivel nagy összetartó erőt jelentenek (felületi erők, nemezelődés). Ilyen kettős sók a következők [1, 5]:

- spurrit ( $2C_2S \cdot CaCO_3$ ), kb. 920 °C-ig létezik;
- szulfát-spurrit ( $2C_2S \cdot CaSO_4$ ), kb. 1300 °C-ig stabil;
- kalcium-szulfó-aluminát ( $3CA \cdot CaSO_4$ ), kb. 1300 °C-ig mutatható ki;
- kromát-spurrit ( $2C_2S \cdot K_2CrO_4$ ), kb. 1500 °C-ig egzisztál;
- $Na_2Ca(CO_3)_2$ ,  $Na_2CO_3 \cdot 2Na_2SO_4$ , létük kb. 830 °C-ig tart;
- $3C_3S \cdot CaF_2$ ,  $2C_2S \cdot CaF_2$ ,  $C_{11}A_7 \cdot CaF_2$ ,  $3CA \cdot CaF_2$ .

Néhány jellegzetes tapadék mikroszerkezete a 4. és 5. ábrán látható.

A 6. ábra az 5. ábrán látható tapadék elektronmikroszkopos vizsgálatának (EPMA – Electron Probe X-ray Micro-Analysis) eredményét szemlélteti, amelyből a szulfát-spurrit ( $2C_2S \cdot CaSO_4$ ) jelenléte valószínűsíthető. A feltételezést minőségi röntgendiffrakciós analízissel (XRDA – X-Ray Diffractometric Analysis) is megerősítettük.

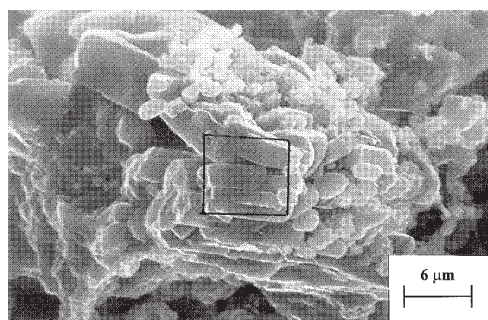
A 7. ábrán a kalcit ( $CaCO_3$ ) és spurrit ( $2C_2S \cdot CaCO_3$ ) gőznyomását ( $P_{CO_2}$ ) ábrázoltuk a hőmérséklet függvényében [7]. Jól látható, hogy a spurrit nagyobb stabilitása a kisebb gőznyomásának köszönhető.



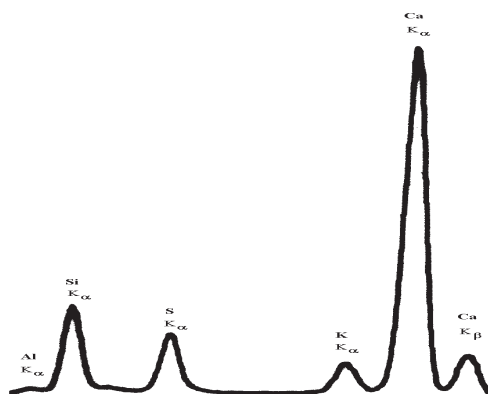
4. ábra. Középgyűrű mikroszerkezete.

Jól szemlélteti a szilárd alkotók nemezelődését.

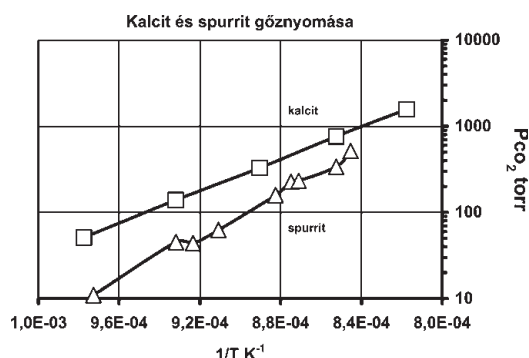
A kaptajfa alakú „kapcsok” a spurrit ( $2C_2S \cdot CaCO_3$ ) kristályai



5. ábra. Fászerkezetű (dendrites) tapadék mikroszerkezete (kalcinálózónából). A bekeretezett terület valószínűleg szulfát-spurritből áll, környezete pedig kalcium-aluminátokat tartalmaz



6. ábra. Az előbbi fászerkezetű tapadék elektronmikroszkopos vizsgálatának (EPMA) eredményét szemlélteti. Az azonosított elemek a jelerősség sorrendjében: Ca, Si, S, K, Al



7. ábra. Kalcit és spurrit gőznyomása a hőmérséklet függvényében [7]

## Védő jellegű és stabil tapadékképződés elősegítése

A védő jellegű és stabil tapadék kialakulását, valamint a termelést zavaró nagymérvű gyűrűképződés megakadályozását a következő műszaki-technológiai intézkedésekkel – a teljes ségre való törekvés igénye nélkül – érhetjük el:

- A kemenceliszt kémiai és ásványi összetételének, valamint granulometriájának stabilizálásával.
- A tűzálló falazat anyagának és a falazás módjának helyes megválasztásával hatékonyan befolyásolhatjuk a tapadék stabilitását a forgókemence különböző zónáiban, illetve a lebegtető hőcserélőben a tűzálló falazat és az alkáliolvadék közötti kölcsönhatásokat csökkenthetjük (a kémiai reakciók elkerülése, a „nedvesítési hajlam” csökkentése stb.).
- A kemencetest káros mértékű deformációjának elkerülésével. Például a forgókemence „ostorozó” mozgása a tapadékot és gyűrűket leveri, illetve a tűzálló falazatot elmozdítja.
- Az égő (gáz-, olaj- és szénporéggő) és a forgókemence tengelye által bezárt szög helyes megválasztásával a zsugorító zóna hőterhelése megfelelően beállítható, miáltal a célnak megfelelő, a termelést nem zavaró gyűrűk képződnek, és a különböző kemencezónákban pedig védő jellegű tapadék alakul ki a tűzálló falazaton,

illetve a lebegtető hőcserélőben ritkábban jelentkeznek dugulások.

- Tapadékok és gyűrűk „karbantartása”:
  - a hőcserélő rendszeres tisztítása a kalcinált liszt szabad ömlésének (mozgásának) biztosítása céljából (pl. pneumatikus tisztítás);
  - a nagyméretű gyűrűk leolvasztása „rátüzeléssel”, vagy összeomlasztása a hőmérséklet-eloszlás megváltoztatásával, illetve folytonos felügyelete és „lelövése” különböző módszerekkel (pl. nagynyomású vízszugár, ipari ágyú, CARDOX eljárás);
  - a kemence tapadéktelenítése adalékanyagokkal (pl. szuperfoszfát) [6];
  - a túlnövekedett klinkerpor gyűrű (klinkerkiömlésnél) méretének csökkentése „faragással” stb.

## Irodalom

- [1] Seidel, G.–Huckauf, H.–Stark, J.: Technologie der Bindebaustoffe, Band 3. Brennprozess und Brennanlagen, c. p. 32, 165-176.
  - [2] Wajdowicz, A. A.–Brito, Carlos A.: La Chimie du clinker et son influence sur la durée des réfractory, Ciment, Bétons, Plâtres, Chaux, N° 787-6/90, p. 394-405.
  - [3] Opitz, D.: Die Ansatzringe in Zementdrehöfen, Schriftenreihe der Zementindustrie, Heft 41/1974.
  - [4] Sylla, H.-M.: Ansatzbildung durch Salzschnmelzen, Zement-Kalk-Gips, 30, 9. p. 487-494.
  - [5] Amafuji, A.–Tsumagari, A.: Formation of Double Salt in Cement Burning, Supplementary Paper I-82, Proceedings of The Fifth International Symposium on the Chemistry of Cement, Tokyo, 1968.
  - [6] Bényei Károly: Körfolyamatok a korszerű klinkergyártásban, Építéstügyi Tájékoztatói Központ, Budapest, 1986.
  - [7] Steuervald, F.–Hackenberg, P.–Scholze, H.: Dampfdruck von Spurrit  $2C_2S \cdot CaCO_3$ , Zement-Kalk-Gips, 23, 12. 579-580. (1970).
- Jankó András: Gyűrűképződésmények vizsgálata száraz eljárású forgókemencékben. SZIKKTI kutatási zárójelentés, 1979. Tsz.: 2-68-III/77.
- Jankó András: Az agyagösszetétel hatása a HCM forgókemencék tapadékképződésére. SZIKKTI kutatási jelentés, 1981. Tsz.: 20-2-II/35.
- Jankó András. Additional Examination of the Ring formed in a Clinker Burning Pilot Rotary Kiln by means of Thermogravimetric Analysis (TGA) and Electronmicroscopy. Proceedings of the Seventh International Conference on Cement Microscopy, March 25-28, 1985, Ft. Worth, Texas, U.S.A.
- Jankó András: A klinkerégető forgókemence zsugorító zónájában képződött tapadék mikroszerkezeti jellemzői. Építőanyag. XLV, 2. 62-66. (1993).



**SZIKKTI Labor Kft.**


**Brookfield cég magyarországi képviselője és márkakereskedője**

Cím: 1034 Budapest, Bécsi út 122-124. „D” épület fszt. (1301 Pf.:81)

SZIKKTI Telefon: 388-8752 • Tel./Fax: 368-7626 • Fax: 430-1460 • E-mail: sziktilaborkft@matavnet.hu

**Nemzeti Akkreditálási Testület által 502/0119 számon akkreditált, kalibráló laboratórium**

TISZTELT ÜGYFELEINK!

A SZIKKTI Labor Kft., mint a  Inc. U.S.A. laboratóriumi és ipari viszkoziméterek magyarországi hivatalos forgalmazója az ÖNÖK rendelkezésére áll a következő szakterületeken:

- új készülékek – laboratóriumi és ipari viszkoziméterek, reométerek – beszerzése,
- tartozékok és standard anyagok beszerzése,
- javítási és recalibrációs munkák elvégzése,
- alkalmazástechnikai szaktanácsadás.