XII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2007. március 16–17.

TIMFÖLDKALCINÁLÓ FORGÓKEMENCE HŐENERGETIKAI VIZSGÁLATA

Baranyai Viktor Zsolt, Szűcs István

Abstract

The object of our research work is analyse and mathematical modelling of the material- and heat transport processes in the rotary kiln for calcination of alumina.

The operation's optimum must be fit the following conditions:

- minimizing specific energy utilization;
- minimizing environmental pollution;
- doing equable product quality, corresponding to quality instructions.

The theoretical knowledge of the energetical and chemical processes is indispensable for creating mathematical models.

Összefoglalás

Kutatómunkánk célja a timföldkalcináló kemencékben végbemenő anyag- és hőtranszport folyamatok vizsgálata és matematikai modellezése.

A modell segítségével lehetővé válik a végbemenő folyamatok minél teljesebb megismerése, ezáltal a kemenceüzemeltetés optimumának keresése.

Az üzemeltetési optimumnak több feltételt is ki kell elégítenie:

- energiafelhasználás minimalizálása;
- környezetterhelés minimalizálása;
- termékminőség egyenletessé tétele, a minőségi előírásoknak minél teljesebb megfelelés.

Ezek a célok gyakran egymás rovására valósíthatók meg, az adott körülmények határozzák meg, melyiket mekkora súllyal kell figyelembe venni.

A matematikai modellezéshez elkerülhetetlen a kemencében végbemenő energetikai és kémiai folyamatok elméleti ismerete.

1. Bevezetés

A timföldgyártás folyamatának utolsó technológiai művelete a kalcinálás, amelynek során az alumínium-hidroxid elveszíti a kb. 10 % tapadó és 35 % kötött víztartalmát, ezáltal alkalmassá téve kohászati, kerámiaipari vagy korund célú továbbfelhasználásra. A kalcinálás hagyományos berendezése a forgókemence. Az eltérő megrendelői igények egymástól különböző kalcináltsági fokú termékekkel elégíthetők ki, melyeket erősen eltérő technológiai feltételek alkalmazása mellett állíthatunk elő. Ezek az üzemi körülmények a kemencék hatásfokát és fajlagos energiafelhasználását nagymértékben befolyásolják.

Jelen munkánk célja egy az iparban üzemelő kalcináló forgókemence különböző üzemi állapotaiban tételes anyag- és hőenergia-mérleg felvétele volt. Felmértük a lehetséges energiavesztési forrásokat, ezek üzemi körülmények közötti kimérésével vált lehetővé az energiamérleg kiadási oldalának meghatározása

2. Forgó csőkemencék

Munkánk során vizsgált és modellezni kívánt berendezések a timföldkalcináló forgó csőkemencék.

A forgókemencék nemcsak a timföldgyártás jól bevált berendezései, hanem széles körben használatosak a szilikátiparban is. Csekély az élőmunka-igénye, nagyfokú az automatizálhatósága, kedvezők a mechanikai tulajdonságai, nincsenek különleges igényei a betétminőséggel szemben, viszonylag kedvezők a hőcsere viszonyai. Ez utóbbi elsősorban az áramló füstgáz, az egyenletes hőmérsékletű falfelület és az állandóan változó betétfelület közötti hőátadásnak köszönhető [2,3].

A forgókemencék 35-100 m hosszú, 2,5-6,0 m átmérőjű, tűzálló falazattal bélelt, kb. 2 %-os lejtésű acélhengerek. A tartó görgőkkel alátámasztott kemencéket fogaskoszorú segítségével 0,6-1,5 fordulat/min. sebességgel forgatják. A betétet a kemence magasabban lévő végén, az úgynevezett hidegoldalon adják fel, a terméketelvétel pedig a melegoldalon, a kemence alacsonyabban lévő végén történik. A füstgáz a betéttel ellentétes irányban halad, a tüzelést a melegoldali végén, a füstgázelhúzatot a hidegoldali végén alakítják ki. Az égőt a melegoldali végén helyezik el. A forgókemencék hideg végén elszívott füstgázok portartalma elérheti a feladott betét 50-60 %-át is, melyet több lépcsőben választanak le és visszaadnak a kemencébe. Az állandó forgatásnak és a lejtésnek köszönhetően a betét folyamatosan előrehalad. A betétanyag nem foglalja el a kemence teljes keresztmetszetét, hanem csak egy szegmensét tölti ki. A fenmaradó, anyaghalmoz feletti térrészben a füstgázok áramolnak a betéttel ellentétes irányban. A betét és a füstgázok határfelülete, a betét fedőrétege nem vízszintes, hanem (ahogy az az 1. ábrán látható) a forgatás hatására a vízszintessel valamilyen szöget zár be.

A tűzálló falazat megválasztásakor nemcsak a termikus igénybevételt kell figyelembe venni, hanem a mechanikai és kémiai hatásoknak is ellenállónak kell lennie. Jellemzően gyűrűt képezve falazzák ki a téglákkal a kemencét. A timföldkalcináló kemencék falazóanyagai magas Al_2O_3 tartalmú, kopásálló téglák. A forgókemencében lejátszódó különböző technológiai folyamatok szakaszokra, zónákra osztják a kemencetetetet. Ezek a zónák élesen el nem határolhatók, elmozdulhatnak, egymásba csúszhatnak. A hidegoldalon feladott betét először az előmelegítő (esetleg szárító) zónába lép (ahol a betét elveszíti az összes kötött vizet, kb. 200 °C-ra melegszik fel), onnan továbbhaladva kerül a kalcináló (dehidratációs) zónába (amennyiben a klinkerégető forgókemencéről van szó, akkor itt történik meg a karbonátok termikus disszociációja is). Ezt követi a kemence legnagyobb hőmérsékletű szakasza a zsugorító/izzító zóna, ahol kialakul a betét elérni kívánt ásványi összetétele, morfológiája. Ezen túljutva kerül a betét a hűtőzónába.

A nagyhőmérsékletű zónában a legjellemzőbb hőátadási forma a hősugárzás (aminek a részesedése az izzító zónában mintegy 90 %), melyet a gázfázis hőmérséklete és sugárzóképesége határozza meg. A betétet közvetlenül a láng és a füstgáz sugárzással hevíti, valamint a füstgáz konvekcióval, közvetve pedig a falazat sugárzással és az anyagréteg alá beforduló falszakasz hővezetéssel. A falazaton hővezetéssel a palástra átvezetett, és onnan a környezetnek konvekcióval vagy sugárzással átadott hőmennyiség képezi a falveszteséget. A kemence hőátadási folyamatait az 1. ábra szemlélteti [1,2].

1. ábra. Hőátadási folyamatok a forgókemencében

A füstgáz sugárzóképesége általában nagyobb a portartalom következtében, mint amit az összetétel alapján várnánk. Ahhoz, hogy a füstgázok és a kipergő betét által elszállított hőmennyiség okozta veszteséget minimalizáljuk, hőcserélő elemeket kell beépíteni a kemence hideg és meleg végére [3].

2. Az üzemi mérések körülményei

Üzemi méréseinket két alkalommal végeztük. A két időpontban a kemence két szélső üzemi állapotában nyílt lehetőség a kimérések elvégzésére, először egy gyengébben, míg másodszor egy erősen kalcinált timföldtípust állítottak elő, amelynél nem volt filterpor visszaadás.

A mérések időpontjának kiválasztásához figyelembe kellett venni azt is, hogy a kemence üzeme stabil legyen. A kalcinálás paramétereit a 3.1. táblázatban ismertetem.

Az energiamérleg felvételéhez ismerni kell füstgázokkal és a falazaton távozó hő mennyiségét. A füstgázvesztesség meghatározásához elkerülhetetlen a füstgázok pontos összetételének ismerete. A kemencébe befűjt tüzelőanyag és a feladott hidrát mennyiségének ismeretében kiszámítható egy elméleti füstgázmennyiség és összetétel, melyet a műszeres elemzés eredményeivel korrigálni kell. A füstgázvezetéken két helyen alakítottak ki mérőhelyet, az első és második ciklonpár utáni leszállóvezetéseken.

1. táblázat. Jellemző üzemi körülmények a mérések idején

Mérés	Hidrát feladás t/h	Föld-gáz, Nm ³ /h	Hőmérséklet, °C			Gyártott timföld jellemzője
			T _{por} 1. ciklon	T _{por} 2. ciklon	T _{tim-föld}	
I.	6	465	285	175	117	Kohászati
II.	6,2	485	300	175	117	Erősen kalc.

A füstgázösszetételhordozható füstgázelemző műszerrel mértük. A falvesztesség a köpenyhőmérséklet alapján határozható meg.

6. Vizsgálataink eredményei

2. táblázat. Az energiamérleg tételes adatai

		I.		II.	
Bevétel	Tüzelés	15 665 850 kJ/h	94,8%	16 339 650 kJ/h	95,0%
	γ - α átalakulás	306 360 kJ/h	1,9%	316 480 kJ/h	1,8%
	H ₂ O entalpia	71 529 kJ/h	0,4%	73 986 kJ/h	0,4%
	Al(OH) ₃ entalpia	195 480 kJ/h	1,2%	201 996 kJ/h	1,2%
	O ₂ entalpia	55 282 kJ/h	0,3%	51 405 kJ/h	0,3%
	N ₂ entalpia	208 166 kJ/h	1,3%	193 533 kJ/h	1,1%
	CH ₄ entalpia	21 606 kJ/h	0,1%	22 524 kJ/h	0,1%
	összesen	16 524 273 kJ/h	100 %	17 199 574 kJ/h	100 %
Kiadás	Hidrát dissz.	6 393 600 kJ/h	35,1%	6 604 800 kJ/h	31,8%
	Al ₂ O ₃ entalpia	44 880 kJ/h	0,2%	46 784 kJ/h	0,2%
	H ₂ O entalpia	853 658 kJ/h	4,7%	883 896 kJ/h	4,2%
	CO ₂ entalpiája	125 256 kJ/h	0,7%	130 696 kJ/h	0,6%
	O ₂ entalpia	82 348 kJ/h	0,5%	58 548 kJ/h	0,3%
	N ₂ entalpia	850 680 kJ/h	4,7%	790 882 kJ/h	3,8%
	falvesztesség	9 886 306 kJ/h	54,3%	12 328 620 kJ/h	59,3%
	Összesen	18 192 314 kJ/h	100,0%	20 797 924 kJ/h	100,0%
Eltérés		1 668 041	9,1 %	3 598 350	17,3 %

A mérleg adatait megtekintve elmondható, hogy a kiadási oldal legnagyobb tételei a falvesztesség és a hidrát disszociáció. Megállapítható továbbá, hogy a filterpor visszaadása nélkül ugyanaz a kemence sokkal kedvezőbb füstgázvesztesség-értéket mutat. Nemcsak százalékos, hanem abszolút értelemben is. Mivel a kiadásoknak több, mint felét a falvesztesség teszi ki, a kapott adatok szerint a lehetséges energiamegtakarításokat legcélszerűbb a falvesztesség csökkentése révén elérni. Az II üzemi mérés idején a falvesztesség több, mint 20 %-al nagyobb, mint az I. napon. A falazaton távozó veszteségek csökkentési lehetőségeként merül fel a kemence hőmérsékletének kismértékű csökkentése. Ez azonban nagyobb tartózkodási időt kíván a betétől, és/vagy a szárító- előmelegítő rendszer jobb hatásfokkal kell az anyagot kalcinálásra előkészíteni. Ehhez a filterszaadás megszüntetése mindenképp szükséges.

Irodalom:

1. Dr Tamás Ferenc: Szilikátipari kézikönyv; Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1982
2. Mihejev, M. A.: A hőátadás gyakorlati számításainak alapjai; Tankönyvkiadó, Budapest, 1990
3. Dr Antal Boza József: Szilikát- és vegyipari kemencék III; Tankönyvkiadó, Budapest, 1982

Dr Szűcs István, egyetemi tanár

Baranyai Viktor Zsolt, doktorandusz

Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Tüzeléstechnikai és Hőenergia Tanszék

Cím: 3515, Magyarország, Miskolc-Egyetemváros

Telefon / Fax: +36-46-565-108/ +36-46-431-820

E-mail: tuzsi@uni-miskolc.hu; tuzbvzs@uni-miskolc.hu