

**MISKOLCI EGYETEM**  
**Műszaki Anyagtudományi Kar**  
**Kerámia-és Szilikátmérnöki Tanszék**

**KERÁMIATAN I.**

*gyakorlati segédlet*

**3. gyakorlat: Égetési veszteség meghatározása**

**Összeállította: Dr. Simon Andrea**  
**Géber Róbert**

### 1. A gyakorlat célja

A gyakorlat során a hallgatók négy lépésre bontva megismerik a finomkerámia-ipari termékek gyártástechnológiai folyamatát, ehhez kapcsolódó számítási feladatokat végeznek el. A harmadik gyakorlaton a szárítás és égetés során lejátszódó folyamatokat, illetve az ezzel kapcsolatos számításokat, az égetési veszteség meghatározását ismerhetik meg.

*A laborgyakorlat helye:* a Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszék Porotechnológiai Laboratóriumának oktatóterme.

*A gyakorlathoz szükséges:* számológép (*nem telefon*), periódusos rendszer, saját jegyzet.

### 2. Ajánlás

A gyakorlat másodéves **Anyagmérnök** BSc képzésben résztvevő nappali hallgatók tantervében szerepel a Kerámiatan I. című tantárgy keretein belül. A gyakorlat elvégzéséhez általános kémiai és matematikai ismeretek, továbbá a szilikátipari alapanyagok összetételének ismerete szükséges.

### 3. Elméleti alapok

A porcelánmasszát a megfelelő nedvességtartalom beállítását követően formázzák, ez történhet korongolással vagy öntéssel. Mindkét esetben a terméket egy ún. zsengelő égetéssel, 950-1000 C°-on hőkezelik, ezzel előkészítve a következő technológiai lépésre, a mázazásra.

A szárítás során az ún. átviteli folyamatok játsszák a döntő szerepet, melyek az anyag részecskéinek mozgásával valósulnak meg. A legfontosabb átviteli folyamatok:

- energiaátvitel (szárítóközegből a szárítandó anyagba),
- tömegátvitel (a nedvesség az anyag belsejéből a felületre áramlik - diffúzió),
- tömegátvitel (nedvesség elpárolgása a felületről).

Az égetés során elsőként az alapanyagok formázásához használt víz távozik el. A kezdeti szakaszban az abszorbeált víz kipárolgása jelentős tömegvesztést okoz. A következő jelentősebb tömegvesztést kaolin kristályvizének távozása okozza (480°C körül). A kaolin átalakul metakaolinná. Ezt követi a dolomit disszociációja:



Ez a folyamat jellemzően 830 – 950 °C között megy végbe. Ezután az anyagokban már nem történik tömegváltozás.

A hőmérséklet növelésével kezdetben a termék térfogata is növekszik. Az első térfogat csökkenéssel járó folyamat az abszorbeált víz távozása. 575°C-on végbemegy az  $\alpha \leftrightarrow \beta$  kvarc átalakulás is, ami térfogatnövekedéssel jár. 900°C fölött megkezdődik a szinterelődés. Az érintkező szemcsék között végbemenő diffúziós és rekrisztallizációs folyamatok eredményeként, a nyakképződés révén a szemcsék érintkezési felülete megnő, a pórus-szemcse határfelületek helyén szemcsehatárok képződnek

Az égetés során tömegváltozással járó folyamatokat számos módszerrel kimutathatjuk, ezek közül legelterjedtebb a termogravimetria (TG). A derivatográf a minta hőmérsékletét, súlyváltozását, ennek deriváltját és az entalpia változását méri egyidejűleg.

#### 4. Az égetési veszteség meghatározása számítással

Készítsünk 100 kg égetett terméket, az 1. Táblázatban megadott alapanyagok felhasználásával. Határozzuk meg a termék égetési veszteségét.

##### 1. Táblázat. A számításhoz használt alapanyagok jellemzői

Alapanyag		Tömegszázalék, m/m%	Nedvességtartalom, m/m%	Moláris tömeg, g/mol
neve	képlete			
Földpát	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$	8	4	556,7
Kaolin	$Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$	58	20	258,1
Kvarc	$SiO_2$	7	1	60,1
Dolomit	$CaCO_3 \cdot MgCO_3$	27	2	184,4

Első lépésként az alapanyagok nedvességtartalmából adódó veszteséget határozzuk meg a segítségével.

##### 2. Táblázat. Az alapanyagok nedvességtartalmából adódó vesztesége

	Szükséges mennyiség, kg	Nedvesség, kg	Szárazanyag, kg
Földpát	$100 \cdot 0,08 = 8$	$8 \cdot 0,04 = 0,32$	$8 - 0,32 = 7,68$
Kaolin	58	11,6	46,4
Kvarc	7	0,07	6,93
Dolomit	27	0,54	26,46

Következő lépésben kiszámítjuk a kaolin kristályvizének távozásából, illetve a dolomit termikus bomlásából adódó veszteségeket.

<u>kristályvíz</u>	1 mol kaolinban	2 mol H <sub>2</sub> O van
	258,2 kg	36 kg
	46,4 kg	x
$x = 46,4 \cdot 36 / 258,2 = \underline{6,47 \text{ kg}}$		

Tehát 6,47 kg kristályvíz távozik a kaolinból.

<u>CO<sub>2</sub></u>	1 mol dolomitban	2 mol CO <sub>2</sub> van <sup>1</sup>
	184,4 kg	88 kg
	26,46 kg	x
$x = 26,46 \cdot 88 / 184,4 = \underline{12,63 \text{ kg}}$		

Tehát 12,63 kg CO<sub>2</sub> távozik a dolomit termikus disszociációja révén.

Ezek alapján számítsuk ki az alapanyagok égetés utáni tömegét.

### 3. Táblázat. Az alapanyagok égetés utáni tömege korrekció nélkül

	Kiinduló mennyiség, kg	Veszteség, kg	Égetés utáni tömeg, kg
Földpát	8	0,32	8 - 0,32 = 7,68
Kaolin	58	11,6+6,47=18,07	39,93
Kvarc	7	0,07	6,93
Dolomit	27	0,54+12,63=13,17	13,83
Összesen	100	31,63	68,37

A 3. Táblázatból látható, hogy az alapanyagok égetés utáni tömegei a veszteségek miatt nem érik el a 100 kg-ot, így a tömegeket a számított veszteségek alapján korrigálnunk kell. Kezdjük a számítást a kaolinnal.

<u>Kaolin</u>	Kiindulási tömeg, kg	Égetés utáni tömeg, kg
	58	39,93
	x	58
$x = 58^2 / 39,93 = \underline{84,25 \text{ kg}}$		

Vagyis 84,25 kg kaolint kell felhasználni, hogy tömege az égetés után 58 kg legyen.

<sup>1</sup> lásd (1) - (2) egyenlet

A számítást természetesen elvégezzük a többi alapanyagra is.

<u>Dolomit</u>	Kiindulási tömeg, kg	Égetés utáni tömeg, kg
	27	13,83
	x	27
<hr/>		
$x=27^2/13,83 = \underline{52,71 \text{ kg}}$		

Vagyis 52,71 kg dolomitot kell felhasználni, hogy tömege az égetés után 27 kg legyen.

<u>Kvarc</u>	Kiindulási tömeg, kg	Égetés utáni tömeg, kg
	7	6,93
	x	7
<hr/>		
$x=7^2/6,93 = \underline{7,07 \text{ kg}}$		

Vagyis 7,07 kg kvarcot kell felhasználni, hogy tömege az égetés után 7 kg legyen.

<u>Földpát</u>	Kiindulási tömeg, kg	Égetés utáni tömeg, kg
	8	7,68
	x	8
<hr/>		
$x=8^2/7,68 = \underline{8,33 \text{ kg}}$		

Vagyis 8,33 kg földpátot kell felhasználni, hogy tömege az égetés után 8,33 kg legyen.

A massa előállításához szükséges mennyiségeket a 4. Táblázatban foglaltuk össze.

#### 4. Táblázat. Az alapanyagok mennyisége

	Kiinduló mennyiség, kg
Földpát	8,33
Kaolin	84,25
Kvarc	7,07
Dolomit	52,71
Összesen	152,36

Mivel tudjuk, hogy az égetett termék tömege 100 kg lesz, így meghatározhatjuk a gyártás során adódó égetési veszteséget:

$$\text{Égetési veszteség(\%)} = (152,36 - 100) / 152,36 \cdot 100 = 34,4\%$$

## 5. Jegyzőkönyv

A kiadott adatok alapján határozza meg a porcelánmassza összetételét. A jegyzőkönyvben rögzítse a felhasznált adatokat (alapanyagok, összetétel), a számítás menetét és az eredményeket.

*Beadási határidő:* a gyakorlat elvégzését követően egy héten belül.

### Irodalomjegyzék

[1] <http://www.hollohazi.hu>

[2] Szilikátipari kézikönyv, főszerk. Dr. Tamás Ferenc, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1982

[3] Dr. Földvári Mária: A földtani kutatásban alkalmazott termoanalitikai módszerek, módszertani közlemények

[4] Michael E. Brown: Introduction to thermal analysis, techniques and applications; Kluwer Academic Publishers; 2004

[5] Somodi Zsuzsa, Pálffy András, Dr. Kámory Lajos: Finomkerámiaipari technológia, Budapest, 1984

1A		8A													
1	<b>H</b>	2A		3A		4A		5A		6A		7A		2	<b>He</b>
1.00794		4	<b>Be</b>	5	<b>B</b>	6	<b>C</b>	7	<b>N</b>	8	<b>O</b>	9	<b>F</b>	10	4.002602
3	<b>Li</b>	11	<b>Na</b>	13	<b>Al</b>	14	<b>Si</b>	15	<b>P</b>	16	<b>S</b>	17	<b>Cl</b>	18	18.9984032
6.941	9.012182	22.989768	24.3050	26.9815386	28.0855	28.0855	30.973762	31	<b>Ga</b>	32	<b>Ge</b>	33	<b>As</b>	34	35.453
39.0983	40.078	39	<b>Y</b>	39	<b>Sc</b>	40	<b>Zr</b>	40	<b>Sr</b>	41	<b>Nb</b>	41	<b>Ta</b>	41	39.948
85.4678	87.62	88.90585	87.62	88.90585	88.90585	91.224	91.224	91.224	91.224	92.90638	92.90638	92.90638	92.90638	92.90638	92.90638
55	<b>Cs</b>	56	<b>Ba</b>	57-71	Lanthanides	72	<b>Hf</b>	72	<b>Zr</b>	73	<b>Ta</b>	73	<b>W</b>	73	83.798
132.9054519	137.327	137.327	137.327	137.327	137.327	178.49	178.49	178.49	178.49	180.94788	180.94788	180.94788	180.94788	180.94788	180.94788
87	<b>Fr</b>	88	<b>Ra</b>	89-103	Actinides	104	<b>Rf</b>	104	<b>Ra</b>	105	<b>Db</b>	105	<b>Sg</b>	105	87.62
[223]		[226]		[226]		[267]		[267]	[226]	[268]		[271]		[268]	[226]
				8B		1B		2B							
				27		28		29		30					
				<b>Co</b>		<b>Ni</b>		<b>Cu</b>		<b>Zn</b>					
				58.933195		58.933195		63.546		65.38					
				45		46		47		48					
				<b>Rh</b>		<b>Pd</b>		<b>Ag</b>		<b>Cd</b>					
				102.90550		106.42		107.8682		112.411					
				77		78		79		80					
				<b>Ir</b>		<b>Pt</b>		<b>Au</b>		<b>Hg</b>					
				192.217		195.084		196.966569		200.59					
				109		110		111		112					
				<b>Mt</b>		<b>Ds</b>		<b>Rg</b>		<b>Cn</b>					
				[276]		[281]		[280]		[285]					
				61		62		63		64		65		66	
				<b>Pm</b>		<b>Sm</b>		<b>Eu</b>		<b>Gd</b>		<b>Tb</b>		<b>Dy</b>	
				[145]		150.36		151.964		157.25		158.92535		162.500	
				93		94		95		96		97		98	
				<b>Np</b>		<b>Pu</b>		<b>Am</b>		<b>Cm</b>		<b>Bk</b>		<b>Cf</b>	
				[237]		[244]		[243]		[247]		[247]		[251]	
				60		61		62		63		64		65	
				<b>Nd</b>		<b>Pm</b>		<b>Sm</b>		<b>Eu</b>		<b>Gd</b>		<b>Tb</b>	
				144.242		[145]		150.36		151.964		157.25		158.92535	
				92		93		94		95		96		97	
				<b>U</b>		<b>Np</b>		<b>Pu</b>		<b>Am</b>		<b>Cm</b>		<b>Bk</b>	
				238.02891		[237]		[244]		[243]		[247]		[247]	
				59		60		61		62		63		64	
				<b>Pr</b>		<b>Nd</b>		<b>Pm</b>		<b>Sm</b>		<b>Eu</b>		<b>Gd</b>	
				140.90765		144.242		[145]		150.36		151.964		157.25	
				91		92		93		94		95		96	
				<b>Pa</b>		<b>U</b>		<b>Np</b>		<b>Pu</b>		<b>Am</b>		<b>Cm</b>	
				231.03588		238.02891		[237]		[244]		[243]		[247]	
				58		59		60		61		62		63	
				<b>Ce</b>		<b>Pr</b>		<b>Nd</b>		<b>Pm</b>		<b>Sm</b>		<b>Eu</b>	
				140.116		144.242		144.242		150.36		151.964		157.25	
				90		91		92		93		94		95	
				<b>Th</b>		<b>Pa</b>		<b>U</b>		<b>Np</b>		<b>Pu</b>		<b>Am</b>	
				232.03806		231.03588		238.02891		[237]		[244]		[243]	
				57		58		59		60		61		62	
				<b>La</b>		<b>Ce</b>		<b>Pr</b>		<b>Nd</b>		<b>Pm</b>		<b>Sm</b>	
				138.90547		140.116		144.242		144.242		150.36		151.964	
				89		90		91		92		93		94	
				<b>Ac</b>		<b>Th</b>		<b>Pa</b>		<b>U</b>		<b>Np</b>		<b>Pu</b>	
				[227]		232.03806		231.03588		238.02891		[237]		[244]	
				70		71		72		73		74		75	
				<b>Lu</b>		<b>Yb</b>		<b>Lu</b>		<b>Hf</b>		<b>Ta</b>		<b>W</b>	
				174.9668		173.054		174.9668		180.94788		180.94788		180.94788	
				103		104		105		106		107		108	
				<b>Lr</b>		<b>No</b>		<b>Mc</b>		<b>Ds</b>		<b>Rg</b>		<b>Cn</b>	
				[262]		[259]		[258]		[257]		[256]		[255]	

Lantanoidák

Aktinoidák