

Cordierite의 合成 및 耐火匣製造에 관한 研究

池應業 · 崔福旭 · 金光鎬*

仁荷大學校 窯業工學科

(1975年 8月 19日 接受)

Synthesis of Cordierite and Preparation of Refractory Setter

from Domestic Raw Materials

Ung-up Chi, Sang-Wook Choi and Kwang-Ho Kim

Department of Ceramic Engineering, Inha University

(Received August 19, 1975)

ABSTRACT

In order to obtain the superior refractory setter having better spalling resistance, cordierite was synthesized from domestic raw materials.

Raw mixtures were fired between 1250°C and 1400°C. and qualitative determination of crystallization was investigated by x-ray diffraction analysis.

The results obtained are as follows;

- 1). The optimum batch composition of synthesized cordierite is 80.5% of Hadong kaolin (pink), 14% of Kyulsung tromolite talc and 5.5% of magnesia clinker, and the firing temperature is 1375°C.
- 2). The composition of the refractory setter which exhibits the best values for the thermal properties is 40% of synthesized cordierite, 30% of kaolin chamotte (contains more than 60% of mullite), and 30% of Japanese clay.
- 3). the optimum particle size distribution of ternary mixture consists of 50% of coarse particles (3.327-1.168 mm), 25% of intermediate particles (1.168-0.208mm) and 25% of fine particles (0.208-0.000mm).

1. 緒 論

일반적으로 cordierite는 낮은 熱膨脹性 때문에 熱衝擊에 강한 特徴을 가지고 있는 窯業原料로서¹⁻³⁾ 그 燒成 온도범위가 좁다는 것이 대단히 불리한 조건으로 알려져 있다.⁴⁾ 즉 未燒하면 낮은 熱膨脹係數와 熱衝擊抵抗性이 큰 cordierite 結晶이 충분히 생성되지 않고, 這燒하면 結晶화된 cordierite가 분해되어 forsterite, spinel 및 mullite 등이 생성되기 때문이다.⁵⁾

그러나 이러한 좁은 燒成범위를 극복한 添加劑를 사용하여 MgO-Al₂O₃-SiO₂系에서 cordierite 생성영역의

燒成 온도범위를 調節함으로써 要求되는 cordierite를 合成할 수가 있다⁶⁻¹⁰⁾ 즉 zircon 5~20%를 添加하여 材料의 熱衝擊抵抗性이나 熱膨脹에 영향을 미치지 않고 燒成 온도범위를 크게 증가시킬 수 있으며⁶⁾ 또 alumina 함량을 증가시킴에 따라 熱膨脹係數를 감소시키며 燒成 온도범위를 높일 수 있다.⁶⁾

또한 ZnO, Pb₃O₄,⁶⁾ PbSiO₃, BaCO₃,⁷⁾ Fe₂O₃,⁸⁾ 및 feldspar, beryl, spodumene, nepheline synte⁹⁾ 등과 같은 融劑를 添加하여 보다 낮은 온도에서 合成할 수 있다고 보고되었다.

Beals와 Cooke³⁾은 x-ray 回折分析에 의하여 cordierite 생성영역 부근의 組成에 대한 結晶의 定量的 關係를 연구한 동시에 그 熱膨脹性を 조사하였다.

* 仁荷大學校 化學工學科

이상과 같이 cordierite 합성에 관한 많은 연구가 발표되었으나¹⁻²⁾ 이것을 이용한 mosaic tile 용 耐火匣 제조에 관한 연구는 그다지 많지 않다.

현재 국내 陶磁器 공장에서 사용되고 있는 wall tile 및 mosaic tile 용 耐火匣은 耐熱衝擊성이 좋지 않기 때문에 사용 壽命이 짧아서 기술적인 隘路點으로 되어 있으며 일부 공장에서는 輸入된 cordierite 素地를 사용하고 있다.

본 연구는 이상과 같은 연구들에 기초를 두어 국산 原料를 이용하여 낮은 熱膨脹性과 熱衝擊에 강한 結晶 cordierite 를 合成하였고 耐熱衝擊抵抗性, 耐火度 및 熱間壓縮強度가 비교적 높은 mullite³⁾를 調合하여 wall tile 뿐 아니라 특히 mosaic tile 제조에 사용되는 耐熱衝擊抵

抗性이 큰 cordierite-mullite 質 耐火匣 제조를 시도 하였다.

2. 實驗方法, 結果 및 考察

2-1 實驗(I) Cordierite 合成

2-1-1 原料

사용된 原料는 MgO 源으로 結成 talc 와 海水 magnesia clinker 를 選擇하였고, Al₂O₃ 源으로는 河東 kaolin (pink) 및 公업용 alumina(日産)를 採하였다. 사용 原料는 KS L 3120에 의하여 化學分析을 하였고 KS L 3113 과 KS L 3114 에 의하여 耐火度 및 比重을 각각 측정하였다. 그 化學적 組成과 物理的 性質은 Table 1 과 같다.

Table 1. Chemical compositions and physical properties of raw materials.

Sample	Composition							
	Ig. loss (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	True Sp. Gr.	S K
Hadong kaolin	13.18	44.25	40.20	1.10	0.81	0.42	2.47	35
Kyulsung talc	4.54	58.07	1.39	0.54	6.06	29.33	2.83	12
Magnesia clinker	1.14	2.50	0.20	0.45	4.65	90.44	2.84	—
Alumina	—	—	98	—	—	—	—	—

2-1-2. 調合 및 成形

선택된 原料를 磁製 ball mill에서 48시간 粉碎하여 Tyler 標準篩 325 mesh 를 全通시킨 것을 110°C에서 含水量이 되도록 乾燥하여 사용했다.

cordierite 를 合成하기 위한 原料의 調合은 cordierite 理論組成인 2MgO·2Al₂O₃·5SiO₂에 거의 일치하도록 하였으나 燒成은도범위를 넓히기 위하여 Al₂O₃ 및 MgO 함량을 增加하였으며 配合組成(wt%)은 Table 2와 같다.

Table 2. Batch compositions of synthetic cordierite.

Batch group	Composition (%)			
	Talc	Magnesia clinker	Kaolin	Alumina
KT	36.7	—	63.3	—
KTA	43	—	41	13
KTM	20.6	7.2	72	—
KTN	14	5.5	80.5	—

이상과 같이 原料를 調合한 다음 磁製 ball mill에서 24시간 混合한 후에 8%의 물을 添加하여 disc形으로 加壓成形하여 110°C에서 含水量이 되도록 乾燥 하였다. 이때 成形壓은 200kg/cm² 이었고 disc의 크기는 지름 28.6mm, 높이 10mm 로 하였다.

2-1-3. 燒成

乾燥된 試片은 Global 電氣에서 Table 3에 나타낸 바와 같이 燒成은도범위를 1250°C~1100°C로 경하고 1250°C까지 7시간이 도달 시키고 각 試片은 각각 2시간씩 유지시켰다.

Table 3. Firing temperatures.

KT	Group of specimens			Temperature (°C)
	KTA	KTM	KTN	
KT-1	KTA-1	KTM-1	KTN-1	1250
KT-2	KTA-2	KTM-2	KTN-2	1275
KT-3	KTA-3	KTM-3	KTN-3	1300
KT-4	KTA-4	KTM-4	KTN-4	1325
KT-5*	KTA-5	KTM-5	KTN-5	1350
—	KTA-6*	KTM-6*	KTN-6	1375
—	—	—	KTN-7*	1400

* deformed

2-1-4. 燒成收縮

燒成한 각 試片들에 대하여 燒成收縮率을 측정하였다. 이때 길이측정에는 1/20mm까지 잴수 있는 Caliper rule을 사용하였으며 처음 길이에 대한 백분율로 나타내었다.

2-1-5. X-ray 分析

燒成된 試片에 대하여 合成 cordierite의 生成량은 X-ray Peak Intensity를 비교하는 半定量的 方法을 택 하였다. X-ray 回折에는 Shimadzu diffractometer를 사용하였다.

2-1-6. 實驗結果 및 考察(I)

각 試片에 대한 燒成收縮率은 Fig. 1에 나타내었다. 이 그림에서 각 試片은 온도 상승에 따라 점차적으로 收縮이 증가하였으며 Table 3의 原料配合比로 나타낸 KT, KTA, KTM, 및 KTN 등의 각 試片중에서 KT-5는 1350°C, KTA-6 및 KTM-6은 1375°C, KTN-7은 1400°C에서 각각 유리相으로 나타났다. 또 X-ray 回折 分析結果는 각 試片群중에서 peak intensity가 가장 높은 것은 KT-4, KTA-5, KTM-5 및 KTN-6만을 골라 Fig. 2에 나타내었고 이들중 peak intensity가 가장 높은 것은 KTN-6이었으며 이것을 선택하여 1250°C~1400°C 범위에서 燒成한 試片의 X-ray 回折 分析結果는 Fig. 3에 나타내었다. 참고로 日本産 및 國産 合成 cordierite의 peak intensity와 비교하여 보았다. 이 그림에서 燒成 온도가 증가됨에 따라 X-ray peak intensity는 점차적으로 높아졌으나 유리相으로 변할 때는 peak intensity는 감소하는 경향을 보여주었으며 이것은 Beals와 cooke³⁾의 研究結果와 유사하였다.

cordierite 合成時 alumina⁶⁾ 함량을 증가시키면 燒成 온도가 높아졌고 結晶生成도 증가하는 경향을 나타내

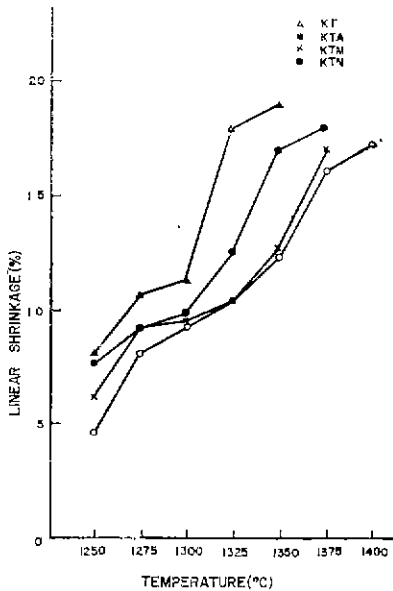


Fig. 1. Firing shrinkage occurred in cordierite synthesis.

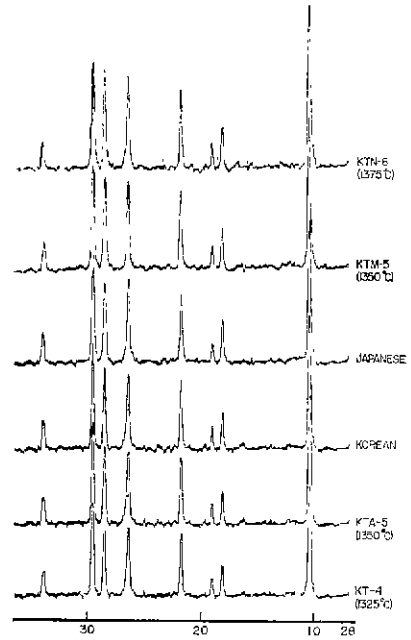


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of synthetic cordierite comparing with others.



Fig. 3. X-ray diffraction patterns of KTN specimens.

었다.

2-2. 實驗(II) Cordierite-Mullite 質 耐火匣製造

2-2-1. 原料

1). Cordierite

Cordierite 는 實驗(I)에서 X-ray 回折分析上으로 合成結果가 가장 좋다고 생각되는 KTN-6를 택하였다.

2) Mullite

비교적 mullite 含量이 풍부한 靑州 kaolin chamotte²⁶⁾를 택하였으며 이것의 X-ray 回折圖와 化學組成은 각각 Fig. 4 및 Table 4와 같다.

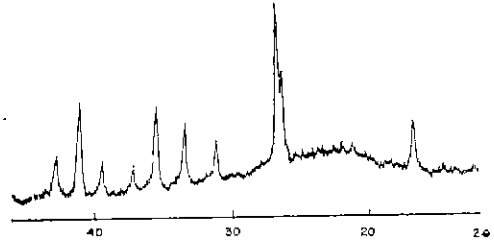


Fig. 4. X-ray diffraction pattern of Jin-Ju kaolin chamotte.

Table 4. Chemical compositions and physical properties of Jin-Ju kaolin chamotte.

Composition Sample	Ig. loss (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	True Sp. Gr.	S K
Kaolin Chamotte	1.21	52.00	45.01	1.71	tr	0.10	2.69	36

3) 結合材 및 融劑

結合材 및 融劑를 선택하기 위하여 河東 kaolin (A, B)*, 咸平粘土, 梧釜粘土, 木節粘土, 鴻容粘土 및 結

域 Talc 등 8種의 原料에 대하여 化學成分 및 物理的性質(容比重, 收縮率, 耐火度 및 熱間強壓等)을 조사하였다. 특히 Thermo Lab. dilatometer를 사용하

Table 5. Chemical composition of plastic raw materials.

Composition (%) Sample	Ig. Loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
Hadong kaolin (A)	13.70	47.36	41.01	3.52	0.10	0.10
" " (B)	13.18	44.25	40.20	1.10	0.81	0.42
Kyulsung talc	4.54	58.07	1.39	0.56	6.06	29.33
Hampyung clay	14.34	50.83	32.63	1.90	0.15	0.10
Oh-bu "	12.13	48.30	34.61	4.65	0.25	1.16
Kyochon "	10.31	52.23	23.92	2.55	tr.	0.54
Kibushi "	15.14	47.03	35.13	2.60	tr.	0.10
Hong Kong "	16.28	49.11	33.23	1.32	tr.	0.12

Table 6. Physical properties of plastic materials.

Properties Sample	True Sp. Gr.	Linear shrinkage (%)	S K	Hot strength (kg/cm ²)	Appearance	
					Spalling	Deformation after hot strength test
Hadong kaolin (A)	2.52	10.59	33	67.03	broken	slight
" " (B)	2.47	13.01	35	67.21	—	intermediate
Kyulsung talc	2.83	4.74	12	56.67	broken	serious
Hampyung clay	2.42	13.17	30	34.84	"	"
Oh-bu "	2.55	16.63	33	67.71	"	undeformed
Kyochon "	2.33	10.83	28	10.26	"	serious
Kibushi "	2.34	25.00	32	68.09	micro cracked	undeformed
Hong Kong "	2.64	23.37	31	67.21	cracked	"

* A: pink, B: white

1300°C에서 이들의 熱間壓縮強度를 측정하였으며 이 實驗에서 熱衝擊性 및 變形 현상도 같이 관찰하였다. 이때 사용한 試片은 지름 28.6mm 높이 50.0mm의 圓柱形이며 수분 8%를 添加하여 200kg/cm²로 加壓하여 成形하였다. 이들의 化學組成과 物理的 性質을 Table 5 및 Table 6에 각각 나타내었다.

2-2-2. 粒度調節

合成한 cordierite와 kaolin chamotte를 각각 Jaw crusher에서 粉碎하여 粒度를 調節하였는데 粗粒; 6~14 mesh, 中粒; 14~65 mech 및 微粒; 65 mech 이하로 하였다. 이때 粒度의 分布는 Table 7과 같이 2개 群으로 나누었다. A群은 池應業⁽²⁴⁾의 연구보고에 따라 調合하였고 B群은 輸入 cordierite-mullite setter용 坏土를 KS L 4003에 의하여 screen analysis한 結果에 따라 調合하였다.

Table 7. Particle size distribution for two types of refractory setter.

Group	Mesh (mm)	Weight (%)
A [*] : C1	6~ 9 (3.327~1.980)	25
C2	9~ 14 (1.981~1.168)	25
M1	14~ 32 (1.168~0.495)	12.5
M2	32~ 65 (0.495~0.208)	12.5
F1	65~150 (0.208~0.104)	12.5
F2	-150~ (0.104~0.000)	12.5
B [*] : C1	6~9	"
C2	9~ 14	"
M1	14~ 32	"
M2	32~ 65	"
F1	65~150	"
F2	-150~	"

A^{*}: A group, B^{*}: group

2-2-3. 豫備實驗

Table 7과 같이 粉碎物은 粘度調節하여 110°C에서 乾燥한 후 cordierite, kaolin chamotte 및 clay 등의 原料를 Table 8와 같은 비율로 調合하여 Lab. Mixer에서 1차 混合한 후 수분 10%를 添加하여 다시 충분히 混合한 후 加壓成形하였다. 이때 成形壓은 200kg/cm²으로 하였고 試片의 크기는 지름 28.6mm 높이 50mm로 하여 110°C에서 1시간 유지하였고 자연냉각시킨 후 Desiccator에 넣어 保存하였다. 이때 binder로 사용한 粘

土는 熱間強度가 비교적 낮은 枝村粘土를 택하여 豫備實驗을 하였다. 이들 試片의 調合比를 Table 8에 나타내었다.

각 試片에 대하여 KS L 4004에 의하여 積分線收縮率, KS L 3114에 의하여 氣孔率, 吸水率, 겉보기比重 및 부피비등을 각각 측정하였고 冷間壓縮強度는 KS L 3115에 의하여 측정하였으며 또 熱間壓縮強度는 Thermo Lab. dilatometer의 Globar 電氣爐를 1500°C로 고정시킨후 試片을 爐內의 Post에 올려놓고 15분간 유지시킨다음 측정하였다. 1種의 試片에 대하여 3개씩 행하여 평균하였다. 본 豫備實驗에서 제조된 각 試片에 대하여 측정한 여러가지 物理的性質은 Table 10과 같다.

2-2-4. 本實驗

豫備實驗에서 비교적 熱間強度가 큰 試片은 A-1, B-1, B-2, B-3, B-5 및 B-11 등이었으며 이들 試片에서 사용했던 枝村粘土 대신 威平粘土, 梧釜粘土, 木節粘土, 홍릉粘土, 河東 kaolin (A.B), 結成 talc, cordierite 微粒 및 kaolin chamotte 微粒등을 添加하여 豫備實驗과 동일한 조건과 방법으로 本實驗을 행하였다. 이들 試片의 調合比를 Table 9에 나타내었다.

Table 8. Batch compositions of cordierite-mullite setters in preliminary experiment (I).

Composition Specimen (%)	Composition (%)			
	Cordierite	Kaolin chamotte	Broken sagger	Kyochon clay
A-1	35	30	—	35
A-2	35	25	—	40
A-3	40	35	—	25
A-4	40	30	—	30
B-1	30	45	—	25
B-2	30	40	—	30
B-3	30	25	—	45
B-4	35	30	—	35
B-5	35	25	—	40
B-6	35	20	—	45
B-7	35	15	15	35
B-8	35	—	30	35
B-9	40	40	—	20
B-10	40	35	—	25
B-11	40	30	—	30
B-12	45	35	—	20
B-13	45	30	—	35
B-14	65	—	—	35
B-15	55	—	—	45

Notation A and B represent the type of particle size distribution

Table 9. Batch compositions of cordierite-mullite setters in the final experiment (II).

Composition (%) Specimen	Cordierite	Kaolin chamotte	Clay*	Cordierite fine particle	Chamotte fine particle	Kaolin-(A, B)	Talc
A-1-0	35	30	35(D)	—	—	—	—
A-1-1	35	30	30(D)	2.5	2.5	—	—
A-1-2	35	30	25(D)	5.0	5.0	—	—
A-1-3	35	30	20(D)	7.5	7.5	—	—
A-1-4	35	30	15(D)	10	10	—	—
B-1-0	30	45	25(D)	—	—	—	—
B-2-0	30	40	30(D)	—	—	—	—
B-3-0	30	25	45(D)	—	—	—	—
B-5-0	35	25	40(D)	—	—	—	—
B-5-1	35	25	10(D)	—	10	10(B)	10
B-5-2	35	25	10(D)	10	10	10(A)	—
B-5-3	35	25	10(D)	10	10	10(B)	—
B-5-4	35	25	10(B) 10(D)	10	—	—	10
B-5-5	35	25	10(B) 10(D)	10	10	—	—
B-5-6	35	25	20(A)	5.0	5.0	10(A)	—
B-5-7	35	25	30(D)	5.0	5.0	—	—
B-5-8	35	25	30(E)	5.0	5.0	—	—
B-5-11	40	30	30(D)	—	—	—	—

Note*: A; Hampyung, B; Oh-bu. D; Kibushi, E; Hong Kong clay and kaolin(A); pink, kaolins(B); white.

2-2-5. 外國産과의 比較實驗

本實驗에서 비교적 熱間壓縮強度가 큰 8種의 試片을 선택하여 輸入品 및 國産品の cordierite-mullite 質 耐火匣 坯土를 수집하여 本實驗에서 행한 동일한 조건과 방법으로 試片을 제조하여 1300°C에서 각각 熱間強度를 측정하였고, KS L 3116에 의하여 20°C~900°C에서 線熱膨率을 측정하였고, DIN 1068에 의하여 Spalling 試驗을 22회 반복한후 試片을 700°C에서 재燒成하여 다시 熱間強度를 측정하였는데 그 결과를 Table 12에 나타내었다.

2-2-6. 實驗結果 및 考察(II)

1) 原料

Table 6에서 보여준것과 같이 國産粘土質은 耐火度 및 熱衝擊抵抗性이 낮았고 熱間強度 測定時 급격한 變形現상을 나타내었는데 그중에서 梧釜粘土는 熱間強度는 비교적 양호한 편이었으나 熱衝擊에 弱한것이 흠이었고 kaolin類는 熱間強度는 비교적 양호한 편이나 약간의 變形現상을 나타내었다.

2) 豫備實驗

Table 10에서 보여주는 것과같이 대체로 粘土의 함량이 증가할수록 氣孔率이 감소하였고 또한 熱間強度가

증가하는 경향을 나타내었다. 또 cordierite와 粘土만을 調合한 試片의 경우 氣孔率은 줄어들었고 冷間強度는 비교적 높은편이었으나 熱間強度는 현저히 낮았다. 또 같은 조건에서 kaolin chamotte 대신 耐火匣을 사용했을 경우 熱間에서의 強度는 현저하게 낮은 값을 나타내었다. cordierite-mullite 質 setter 제조의 豫備實驗에서 비교적 熱間強度가 큰 試片은 A-1, B-1~B-6 및 B-11 등이었다.

3) 本實驗

Table 11 및 Fig. 5에서 보여주는 바와같이 木節粘土量이 증가함에 따라 熱間強度는 직선적으로 증가함을 나타내었고 이같은 校村粘土를 사용한 試片들의 것보다 훨씬 큰 값들이었다. 또한 粘土量을 30% 이상 사용한 試片들에서는 육안으로 판별할수있는 micro crack²⁷⁾이 많이 나타났었는데 이것은 점토량을 줄이는 반면 cordierite 및 kaolin chamotte의 微粒으로 대체함으로써 micro crack와 收縮率은 현저히 감소시킬수 있었으나 熱間強度는 감소하였다. 잘분포된 micro crack은 structural flexibility의 증가로 인하여 熱衝擊抵抗性이 증가한다고 보고된바²⁷⁾ 있으나 이문제는 좀더 연구할 과제라고 생각된다. 또 kaolin(A, B) 및 結

Table 10. Characteristics of cordierite-mullite setters(I).

Characteristics Specimen	Linear shrinkage (%)	Apparent porosity (%)	Absorption (%)	Apparent sp. gr.	Bulk sp. gr.	Compress. strength (kg/cm ²)	Hot strength (kg/cm ²)
A-1	1.14	20.91	10.49	2.52	1.99	147.74	16.95
A-2	1.17	21.14	10.68	2.46	1.95	284.25	8.59
A-3	0.28	21.56	11.04	2.49	1.95	117.65	7.85
A-4	0.70	18.40	11.80	2.47	1.91	232.43	9.56
B-1	0.45	23.99	12.59	2.40	1.91	217.80	18.70
B-2	0.70	27.27	14.28	2.65	1.91	281.20	18.25
B-3	1.77	28.18	15.14	2.59	1.86	211.35	22.39
B-4	1.26	20.14	10.22	2.47	1.97	224.45	18.35
B-5	1.43	21.68	12.91	2.47	1.93	350.61	20.46
B-6	1.86	19.09	10.20	2.43	1.95	180.52	20.45
B-7	1.37	25.16	13.45	2.50	1.87	290.89	13.43
B-8	1.26	25.14	13.75	2.44	1.83	285.90	12.03
B-9	0.34	27.32	15.11	2.50	1.81	197.70	9.14
B-10	0.68	24.42	12.91	2.50	1.89	282.30	10.97
B-11	0.62	23.04	11.75	2.52	1.85	266.28	16.52
B-12	0.17	27.86	15.11	2.56	1.84	230.10	8.86
B-13	0.70	22.60	9.20	2.44	1.99	225.32	8.45
B-14	1.72	22.63	11.65	2.43	1.89	460.35	9.27
B-15	1.61	19.14	10.14	2.36	1.91	392.09	10.62

Table 11. Characteristics of cordierite-mullite setters(II).

Characteristics Specimen	Linear shrinkage (%)	Apparent porosity (%)	Absorption (%)	Apparent sp. gr.	Bulk sp. gr.	Hot strength (kg/cm ²)
A-1-0*	1.24	25.65	13.65	2.53	1.88	63.70
A-1-1	1.24	24.30	12.40	2.59	1.95	46.12
A-1-2	0.70	22.20	10.95	2.53	1.98	39.79
A-1-3	0.88	26.16	13.72	2.58	1.90	34.17
A-1-4	0.18	23.70	12.30	2.52	1.92	27.14
B-1-0	0.44	29.20	16.05	2.56	1.81	35.57
B-2-0	0.88	26.30	13.95	2.56	1.88	60.00
B-3-0*	2.14	28.10	15.20	2.58	1.85	66.68
B-5-0*	1.87	25.15	13.40	2.51	1.88	64.75
B-5-1**	1.26	26.31	14.11	2.53	1.68	24.29
B-5-2	1.23	26.76	14.24	2.59	1.88	32.73
B-5-3	1.06	24.91	13.24	2.50	1.88	24.64
B-5-4**	1.06	26.73	13.91	2.62	1.82	10.50
B-5-5	0.88	25.49	13.40	2.55	1.90	31.32
B-5-6**	1.24	22.80	11.70	2.52	1.95	25.73
B-5-7	1.06	24.70	12.95	2.54	1.91	46.36
B-5-8	1.24	21.25	10.60	2.53	1.99	38.56
B-11-0	0.88	25.45	13.45	2.53	1.89	50.87

Note: *micro cracked, **deformed.

Table 12. Properties comparison of various cordierite-mullite setters.

Characteristics Products	Linear shrinkage (%)	Apparent porosity (%)	Absorption (%)	Apparent sp. gr.	Bulk sp. gr.	Hot strength (kg/cm ²)	Spalling wt. loss (%)	Hot streng after spalling test (kg/cm ²)	Linear thermal expansion (%)
Japanese (A)	0.80	24.05	12.59	2.52	1.84	40.50	4.18	35.58	0.19
" (B)	1.08	27.42	14.82	2.54	1.85	26.44	4.70	25.74	0.22
" (C)	0.55	27.27	14.79	2.53	1.84	25.73	2.85	19.76	0.22
" (D)	1.70	27.70	13.20	2.50	1.81	41.90	0.30	38.04	0.20
Korean	1.54	29.03	15.56	2.63	1.88	21.83	2.52	18.72	0.28
A-1-0	1.24	25.65	13.65	2.53	1.88	63.70	3.45	57.91	0.21
A-1-1	1.24	24.30	12.40	2.59	1.95	46.12	0.52	44.35	0.22
A-1-2	0.70	22.20	10.95	2.53	1.98	39.79	0.80	38.89	0.23
A-1-3	0.88	26.16	13.72	2.58	1.90	43.17	1.69	33.02	0.24
A-1-4	0.18	23.70	12.30	2.52	1.92	27.14	4.03	21.14	0.23
B-2-0	0.88	26.30	13.95	2.56	1.88	60.00	0.73	55.10	0.26
B-5-2	1.23	26.76	14.24	2.59	1.88	32.73	4.07	30.28	0.22
B-5-7	1.06	24.70	12.95	2.54	1.91	46.36	0.95	41.62	0.22

域 talc 를 添加하였을 경우 micro crack 은 없었으나 비교적 낮은 熱間強度를 나타내었다.

4) 外國産과의 比較

Table 12 에서 보다실이 spalling 試驗은 煨후의 試片의 熱間強度는 spalling 試驗을 하기 前의 試片의 熱間強度보다 약 4~7% 감소하였고 spalling 試驗이 끝난 試片을 육안으로 관찰한 결과 spalling 試驗전에 피크하게 볼수있었던 micro crack (粘土분이 많은 試片)과 成形할때 생겼던 표면의 흠집이 더욱 뚜렷하게 나타났

다. Table 12 과 Fig. 6 및 Fig. 7 에서 볼수 있는 바와같이 線熱膨脹率은 國産品 試片과 본 연구의 B-2-0 를 제외하고는 거의 같은 값을 나타내고 있다. 試片 B-2-0 는 다른 試片에 비하여 kaolin chamotte 함량이 10%(wt) 더 많은 것에 그 原因이 있다고 생각된다.

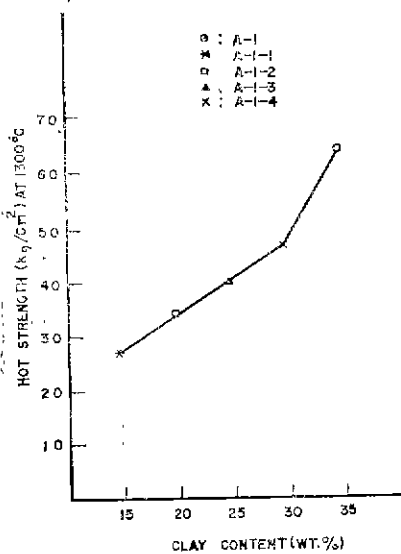


Fig. 5. Clay content vs. hot strength.

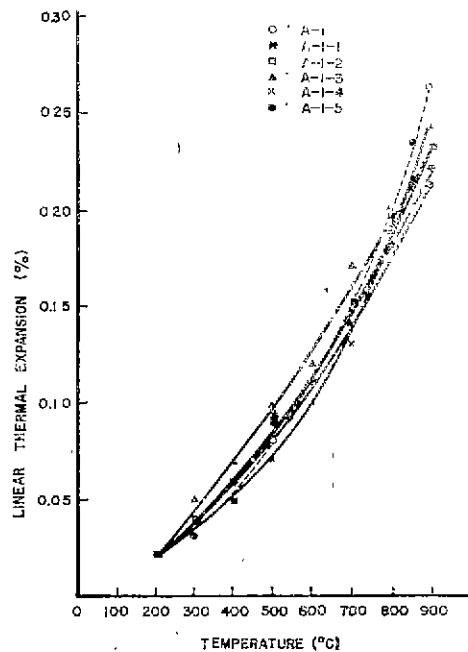


Fig. 6. Comparison of linear thermal expansion of cordierite-mullite setters.

당 하였다.

本 연구를 수행할수 있도록 연구비를 조성해준 仁荷大學校 附設 産業科學技術研究所와 原料를 제공해준 諸位에게 謝意를 표한다.

References

- 1) Felix Singer and W. M. Cohn: "New ceramic bodies composition and expansion on behavior," I, II, *Ber. deut. keram. Ges.* 10(6) 269-284(1929); *Ceram. Abstract*, 8(11) 824(1929).
- 2) R. F. Geller and Herbert Insley: "Thermal expansion of some silicate of elements in Group II and periodic system," *Bur. Standards J. Research*, 9(1) 35-46 (1932) Ro456; *Ceram. Abstracts II*, (10)542(1932).
- 3) R. J. Beals and R. L. Cooke: "Low expansion cordierite porcelain," *J. Am. Ceram. Soc.*, 35(2) 53-57 (1952).
- 4) 池應業·梁之鈺·辛雨承: "耐火匣製造에 관한 研究," *窯業會誌*, 6(1) 107-117(1963).
- 5) R. S. Lamar: "Development of cordierite bodies with sierralite, New ceramic materials". *J. Am. Ceram. Soc.*, 32(2) 65-71(1949).
- 6) Shohei Niwa: "Forsterite and cordierite porcelain made form, the electrically fused dunite", *J. Ceram. Assoc. Japan*, 69(7) 224-229(1961).
- 7) R. S. Lamar and Warner. "Reaction and fired property studies of cordierite composition", *J. Am. Ceram. Soc.*, 35(2) 53-57(1952).
- 8) 李端雨, 申永祚, 朴熙諒, 韓基政: "cordierite 生成과 그것에 미치는 Fe_2O_3 의 영향", *窯業會誌*, 10(1) 61-65(1973).
- 9) L. E. Thness: "Vitrified cordierite bodies". *J. Am. Ceram. Soc.*, 26(3) 99-102(1943).
- 10) Charles A. Sorrell: "Reaction sequence and structural change in cordierite refractories", *J. Am. Ceram. Soc.*, 43(7) 337-343(1960).
- 11) F. A. Hummel and H. W. Ried: "Thermal expansion of some in the system $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ ", *J. Am. Ceram. Soc.*, 34(10) 320-321(1951).
- 12) Bahngrell W. Brown: "Preliminary investigation of wyoming cordierite", *Am Ceram. Soc., Bull.* 27 (11) 443-446(1948).
- 13) M. D. Karhanavala and F. A. Hummel: "The polymorphism of cordierite", *J. Am. Ceram. Soc.*, 36

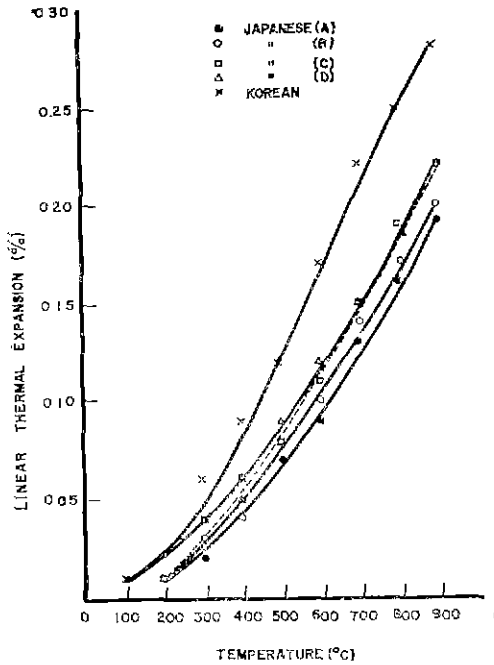


Fig. 7. Comparison of linear thermal expansion of various cordierite-mullite setters.

3. 結 論

1. Cordierite 合成

1) 공업용 alumina를 添加하지않고 국산原料만으로 cordierite를 合成할수 있었다.

2) 本實驗에서 實驗한 素地の 配合 범위에서 alumina 함량을 약 10% 증가시키면 燒成온도는 25°C 정도 증가하였다.

3) X-ray 回折分析으로 cordierite 合成에 가장 적합한 組成은 結晶 talc 14%, 海水 magnesia clinker 5.5% 河東 kaolin(pink) 80 5% 이었으며 最適 燒成條件은 1375°C에서 2시간 유지하는 것 이었다.

2. Cordierite-mullite 耐火匣 製造

1) Mosaic tile 용 耐火匣은 粒度分布가 粗粒(6~14 mesh) 50%, 中粒(14~65mesh) 25% 및 微粒(65mesh 이하) 25% 일때 比較的 양호한 物理的 特性을 나타내었다.

2) 素地組成을 cordierite 30~40%로 한것이 熱間強度 및 耐 spalling 性에서 가장좋은 特性을 나타내었다.

3) 국산粘土는 耐火度가 낮을뿐만 아니라 熱衝擊性 및 熱間強度가 낮아 耐火匣用 粘結性 粘土로서는 부적

- (12) 389-392(1953).
- 14) Kenya Hamano, Shinichi Tamura & Miyuki Narita: "Wettability of the melts of MgO-Al₂O₃-SiO₂ system and some interfacial phenomena", 耐火物 (Japan), **24**, 492-500(1972).
- 15) Kenneth A. Gebler and Harriet R. Wisely: "Dense cordierite bodies" *J. Am. Ceram. Soc.*, **32**(5) 162-165 (1949).
- 16) Wilfrid R. Foster: "Synthetic sapphirine and its stability relation in the system MgO-Al₂O₃-SiO₂", *J. Am. Ceram. Soc.*, **33**(3) 73-84(1950).
- 17) Kozo Sugiura: "Studies on cordierite porcelain(1)", *J. Ceramic Ass. Japan*, **59**, 323-328(1951).
- 18) Yoichi Shiraki: "Cordierite with chlorite", *J. Ceramic Ass. Japan*, **61**(688) 532-536(1953).
- 19) Kozo Sugiura and Yasuhiro Kuroda: "Thermal expansion synthetic cordierite", *J. Ceramic Ass. Japan*, **63**(715) 579-582(1955).
- 20) Isao Uei, Keikichi Inoue and Masao Fukui: "Sintering and crystallization processes of the glass powder having cordierite composition", *J. Ceramic Ass. Japan*, **74**(10) 325-335(1966).
- 21) G. V. Gibbs: "The polymorphism of cordierite", I: The crystal structure of low cordierite", *Am. Mineralogist*, **51**(7) 1068-1087(1966).
- 22) 李鍾根, 金煥: "cordierite의 合成 및 利用에 관한 연구", 窯業會誌, **6**(1) 79-100(1969).
- 23) Felix Singer and Sonja S. Singer: "Industrial Ceramics", p. 482 Chemical Publishing Co., N.Y. (1963).
- 24) 池應業, 梁之鉉, 池亨健: "Mullite質 耐火匣 製造에 관한 연구", 窯業會誌, **6**(2) 92-99(1969).
- 25) W. D. Kingery: "Introduction to ceramics", p. 473 John Wiley & Sons. Inc. New York(1963).
- 26) S. Shiraishi: "Physico-chemical characteristics of Korean kaolin chamotte", 耐火物 (Japan), **7**(24) 333-335(1972).
- 27) F. H. Norton: "Microstress", Refractories, p. 261, 4th ed. McGraw Hill book Co., New York (1968).
- 28) 池應業, 韓基成, 崔相旭: "矽石粉碎物의 充填에 관한 연구", 窯業會誌, **1**(3) 101-108(1973).