

## Clinochlore 를 利用한 Cordierite 素地의 生成 및 性質에 미치는 $Al_2O_3$ 의 影響

安 永 弼\* · 黃 正 吉\* · 崔 龍\*\*

\*漢陽大學校 窯業工學科

\*\*韓國科學技術情報센터

(1975年 9月 6日 接受)

## The Effects of $Al_2O_3$ on the Formation and Properties of Cordierite Bodies with Clinochlore

\*Young-Pil Ahn, \*Jung-Gil Hwang and \*\*Long Choi

\*Department of Ceramic Engineering, Hanyang University

\*\*Korea Scientific & Technological Information Center

(Received Sep. 6, 1975)

### ABSTRACT

Korean clinochlore, kaolin, pyrophyllite and a technical grade of alumina have been used to investigate the effects of  $Al_2O_3$  on the formation and properties of cordierite bodies. The body compositions were formulated from the proper proportions of the above raw materials to cover the range of composition from the point corresponding to the stoichiometric formula of cordierite, by the consecutive increasment of 0.2mol.  $Al_2O_3$ , toward the apex of  $Al_2O_3$  on the  $MgO-Al_2O_3-SiO_2$  triaxial diagram. Each of bodies was fired with the elevated temperatures from 1100°C to 1400°C by 50°C interval.

Linear shrinkage and water absorption were taken as measures for the firing range of the bodies. The formation of cordierite was estimated from the comparative study of X-ray diffraction and dilatometry of the fired bodies.

The formation of a large amount of cordierite was initiated about 1200°C. The content of  $Al_2O_3$  exceeded up to 0.8 mol. comparing to the stoichiometric formula of cordierite broadens the firing range of the body.

### 1. 緒 論

合成 cordierite 는  $MgO-Al_2O_3-SiO_2$  3成分系 鑛物中  $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$  의 分子式으로 表示되는 鑛物로서 熱膨脹係數가 매우 작아 耐火匣, 電熱器用 熱盤, 点火 碼子等 多樣한 用途에 利用되고 있다.

1929년에 Singer 와 Cohn<sup>1)</sup>이 처음으로 talc-kaolin-alumina 系 組成物에서 合成 cordierite 를 發見한 이래 이후 合成 cordierite 에 대하여는 그의 工業的 用途를 달리하는 여러가지 合成法과 窯業的 性質<sup>1~9)</sup>, 熱膨脹과 相的關係<sup>6)</sup>, 相態圖<sup>10, 11)</sup>, 同質多像<sup>12)</sup>, 그리고 反應 sequence 와 組織의 變化<sup>13)</sup>等에 관한 많은 研究가 報告

되었다.

지금까지 報告된 여러 研究者들의 cordierite 組成物에 있어서 cordierite의 層은 燒成 範圍는 尙상 실각한 層제가 되어 있었고 이를 解決하기 위한 方法으로서 調合할 原料를 微粒化<sup>1)</sup>하거나 뜨는 미립 煨燒<sup>2)</sup>하는 방법등 組合原料處理에 依한 方法과 feldspar<sup>3,12)</sup>, zircon<sup>4)</sup>, BaCO<sub>3</sub> 및 PbSiO<sub>3</sub><sup>5,13)</sup> Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> 및 CaCO<sub>3</sub><sup>14)</sup> 등의 酸化劑를 使用하거나 cordierite의 理論值보다 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>成分이 過量이 되도록 配合하여 添加劑의 效果를 期하는 方法<sup>15)</sup> 등이 試圖되었다.

出發物質에 있어서는 magnesite-talc-kaolin系<sup>16)</sup>, talc-kaolin-alumina系<sup>1,2,3,5,6,8,11,14,15,21,25,26)</sup>, chlorite-kaolin系<sup>4,7,9,16,17,25)</sup>의 組成物이 주로 使用되었다. chlorite-kaolin系 cordierite 組成物은 talc-kaolin-alumina系와는 달리 附加的인 alumina의 添加가 必要없다. 그리고 特定한 工業的인 用途가 없는 低質 浮石을 利用하여 比較的 低溫에서 cordierite를 生成<sup>1,7,16)</sup>시킬 수 있는 長點이 있으나 燒成範圍가<sup>14)</sup> 좁다는 短點이 있다.

1949年 Lamar<sup>14)</sup>는 sierralite(prochlorite ; 9MgO·3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5SiO<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O)를 主鑛物로 하는 chlorite-talc系 鑛物)와 카올린을 調合한 cordierite 組成物에 燒成範圍를 넓히기 위하여 5~20% Zircon을 添加하였고 1954年에는 Warner<sup>13)</sup>와 함께 PbSiO<sub>3</sub> 및 BaCO<sub>3</sub>를 5~10% 添加하여 酸化溫度가 낮고 燒成範圍가 넓은 誘電體用 cordierite 素地에 대하여 報告하였다.

Shiraki는 日本産 chlorite의 諸般 性質<sup>17)</sup>을 調查하고 chlorite-kaolin系의 cordierite質 磁器<sup>17)</sup>를 製造하였고 Hammer<sup>12)</sup>와 Segnit 및 Holland<sup>16)</sup>는 clinochlore-kaolin系의 cordierite를 合成하였다.

본 研究에서는 clinochlore, 카올린, 납석 및 알루미늄나를 出發物質로 하여 理論 cordierite 組成物에서부터 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>成分이 0.2몰씩 增加하도록 配合한 여러 組成物을 1100~1400°C에서 燒成하고 그의 鑛物相 및 窯業的 性質을 X線回折分析 및 熱膨脹測定 등으로 調查하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>成分의 增加가 cordierite의 生成과 그 素地의 性質에 미치는 影響을 究明하고자 하였다.

### 2. 實驗 및 結果

#### 2.1. 原料

clinochlore : clinochlore는 綠泥石族에 屬하는 5MgO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·3SiO<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O의 分子式으로 表示되는 單斜晶系의 鑛物이다. 모아硬도는 2~2.5로서 浮石보다 크고 淡綠色 및 灰白色을 띤 葉片狀으로 産出된다. 본 研

究의 試料는 경북 울진군 平海産으로서 一般的인 chlorite族 鑛物의 外觀을 갖고 있고 化學分析 結果는 Table 1과 같다.

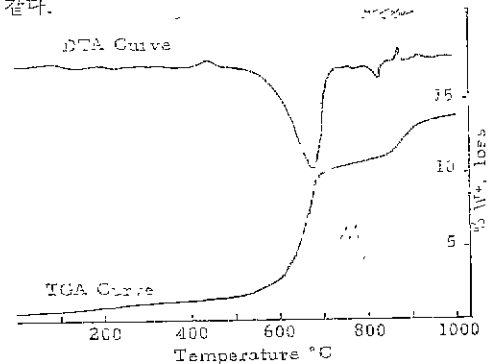


Fig. 1 DTA and TGA curves of the Pyung Hae clinochlore.

DTA 및 TGA 結果(Fig.1)를 보면 chlorite族 鑛物의 特徵인 670°C 및 850°C 近處의 結晶水의 放出로 因한 吸熱피크<sup>16,20)</sup>와 870°C 近處의 層狀構造의 崩壞<sup>16)</sup>로 因한 發熱피크를 보여주고 있다.

X線回折分析 結果는 Fig. 2에 圖示한 바와 같으며 clinochlore의 特徵인 (002), (004) 및 (202)면의 回折線이 잘 나타나 있고 9.34 (002) 및 3.12(006)면의 Talc의 回折線으로 추정되는 흔적을 볼 수 있다.

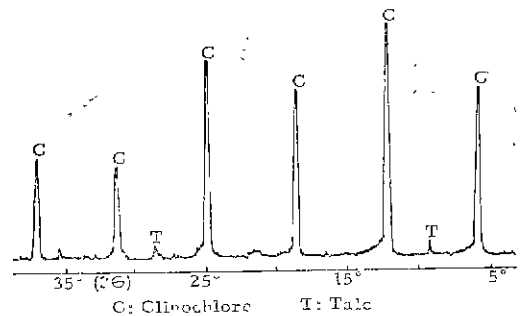


Fig. 2 X-ray diffraction pattern for the Pyung Hae clinochlore.

카올린 : halloysite를 主鑛物로 하는 경남 河東産 도색 카올린을 使用하였다.

납석 : pyrophyllite를 主鑛物로 하는 경남 密陽産 납석을 使用하였다.

알루미나 : 工業用 Alumina를 使用하였다. 카올린, 납석 및 Alumina의 化學分析 結果는 Table 1과 같다.

#### 2.2. 合成

##### 2.2.1. 調合

clinochlore, 카올린 납석 및 알루미늄나를 出發物質

Table 1. Chemical composition of the raw materials(%).

	Clinocllore	Kaolin	Pyrophyllite	Alumina
SiO <sub>2</sub>	31.38	44.64	63.80	0.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.26	38.60	28.35	99.40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.74	1.54	0.67	0.12
CaO	tr	0.24	0.34	0.01
MgO	30.52	0.48	0.18	—
K <sub>2</sub> O	0.04	0.52	0.03	0.02
Na <sub>2</sub> O	0.23	0.31	0.10	0.21
Ig. loss	11.24	13.46	5.88	0.11

로 한 Cordierite 합성에 있어서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 성분의 증가가 합성과 窯業的 性質에 미치는 영향을 규명하기 위하여 各原料의 化學分析值로부터 計算에 依한 試片 素地 A~E를 調合하였다.

素地 A는 clinocllore와 카올린/납석의 比를 調整하여 純粹한 cordierite; 2MgO·2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5SiO<sub>2</sub>에 近似한 組成物이 되도록 調合한 것이며 素地 A에 알루미늄을 3% 加하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 성분이 素地 A보다 0.2mol 增加된

2MgO·2.2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5SiO<sub>2</sub>의 組成式에 가까운 素地 B를 調合하였다. 素地 B-O는 카올린/납석의 比를 增加시켜 素地 B의 組成式과 같도록 한 것이며 素地 C는 素地 B-O에 Alumina를 2.8% 加하여 素地 A보다 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 성분이 0.4mol 增加된 2MgO·2.4Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5SiO<sub>2</sub>의 組成式이 되도록 調合한 것이다.

素地 C-O는 clinocllore와 카올린만의 調合으로 素地 C의 組成式과 같도록 한 것이며 素地 D와 E는 素地 C에 各各 alumina를 2.7%, 5.2% 加하여 素地 A보다 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 성분이 各各 0.6mol, 0.8mol 增加시킨 組成物이다.

各 試片素地の 計算된 原料 組成은 Table 2와 같이 酸化物式과 MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>의 比로 나타낸 組成은

Table 2 Calculated batch composition of the cordierite bodies (%).

	A	B	B-O	C	C-O	D	E
Clinocllore	37.2	36.1	35.4	34.4	33.8	32.9	32.1
Kaolin	40.5	39.3	54.0	52.5	66.2	64.4	62.7
Pyrophyllite	22.3	21.6	10.6	10.3	—	—	—
Alumina	—	3.0	—	2.8	—	2.7	5.2

Table 3. Nominal triaxial composition of the cordierite bodies (%).

Body	Formula	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SiO <sub>2</sub>
A	2MgO·2.0Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5SiO <sub>2</sub>	34.9	13.7	51.4
B, B-O	2MgO·2.2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5SiO <sub>2</sub>	37.0	13.3	49.7
C, C-O	2MgO·2.4Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5SiO <sub>2</sub>	39.1	12.9	48.0
D	2MgO·2.6Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5SiO <sub>2</sub>	41.0	12.5	46.5
E	2MgO·2.8Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5SiO <sub>2</sub>	42.8	12.1	45.1
Cordierite (theoretical)	2MgO·2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5SiO <sub>2</sub>	34.9	13.7	51.4

Table 3과 같다.

Fig. 3은 素地 A~E를 MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>系 相態圖<sup>(14)</sup>의 cordierite 領域 周邊에다 플로트한 것이다.

### 2.2.2 成形 및 焼成

調合된 試片素地 A~E를 各各 磁製 불판에서 濕式으로 270 mesh 체 (53μ)의 殘留이 3%미만이 되도록 微粉碎하고 乾燥하였다. 이 乾燥物에 水分 10%를 加하여 自動물탈에서 잘 混合하고 20 mesh 체를 通過시켜 銅鐵製 모올드와 油壓프레스를 使用하여 50 kg/cm<sup>2</sup>의

壓력으로 약 10×1×1cm의 試片을 加壓 成形 하였다.

成形한 試片은 110°C에서 重量이 減량되어 充分히 乾燥하고 SiC 發熱體 電氣爐에서 3°C/min.의 加熱速度로 1100°C, 1150°C, 1200°C, 1250°C, 1300°C, 1350°C 및 1400°C로 各各 加熱하여 그 最高溫度에서 2 時間 維持시켜 燒성한 다음 自然冷却시켰다.

### 2.3. 線收縮率 및 吸收率

약 10cm가 되는 角柱形 試片의 長이를 燒成 前과 後

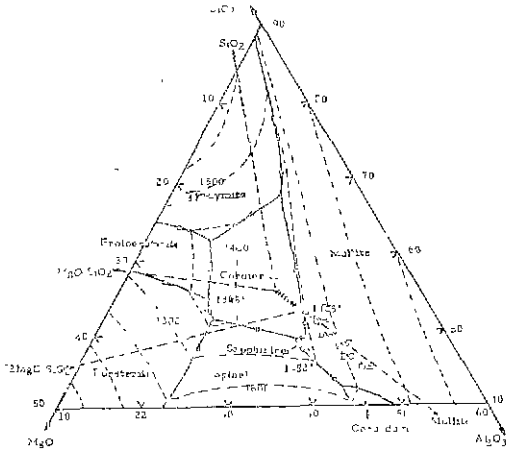


Fig. 3 The projection of the composition of the thecordierite bodies investigated in the cordierite region of the system  $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ .

에 各各 測定하고 燒成 前 길이에 對한 燒成 後 減少된 길이를 백분율로 換算하여 燒成收縮率을 求하였고 그 結果는 Fig. 4와 같다.

一般的으로 收縮率은 1200°C와 1400°C의 範圍에 있어서 溫度를 上昇함에 따라 急激한 收縮率의 增加를 보이고 있으나  $Al_2O_3$  成分이 增加함에 따라 이 傾向은 緩한 減少를 보이고 있다. 素地 A는 1200°C부터 收縮을 보이기 始作하여 1300°C에서는 比較的 작은 收縮率(2.04%)을 보였으나 1400°C에서는 상당히 큰 收縮率(8.73%)을 보이고 있고 일부 試片은 變形을 가져왔다. 이와같이 燒成溫度에 따른 큰 收縮率差는  $Al_2O_3$  成分을 漸次的으로 增加시킨 素地 B에서 E로 갈수록 減少하였다.  $Al_2O_3$  成分을 0.8 mol 增加시킨 素地 E는 1300°C(2.52%)와 1400°C(3.48%)間에 있어서 少量한 收縮率 差를 보이고 있다.

吸收率을 KSL-3114의 試驗方法에 依하여 測定하였고 그 結果는 Fig. 5와 같다.

大體的으로 1200°C와 1400°C의 範圍에 있어서 溫度를 上昇함에 따라 急激한 吸收率의 減少를 보이고 있다. 이와같은 傾向은 素地 A에서 E로 갈수록 漸次的으로 緩한 減少를 보이고 있다.

1300°C에서 燒成한 素地 A는 淡褐色으로 陶器質에 가까운 17.0%의 吸收率을 보였으나 1400°C에서는 黑褐色을 띤 磁器質(吸收率 0.64%)로 變하였다.

그러나, 素地 D와 E는 1400°C에 있어서도 各各 16.6% 및 18.6%의 吸收率을 보이고 있다.

大體的으로 素地 A~E에 있어서 燒成溫度의 上昇과

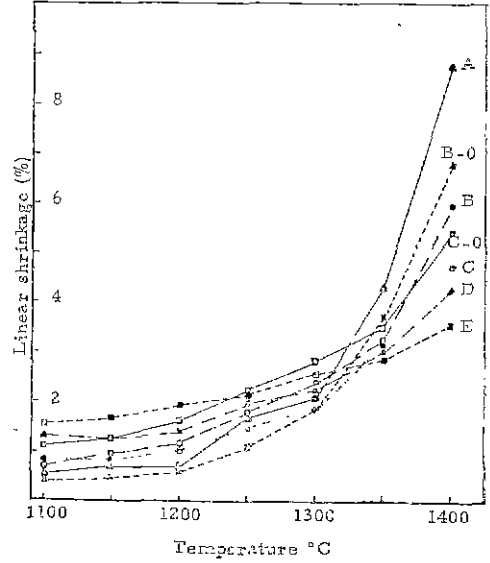


Fig. 4 Linear shrinkage curves of the fired bodies with the elevated temperatures.

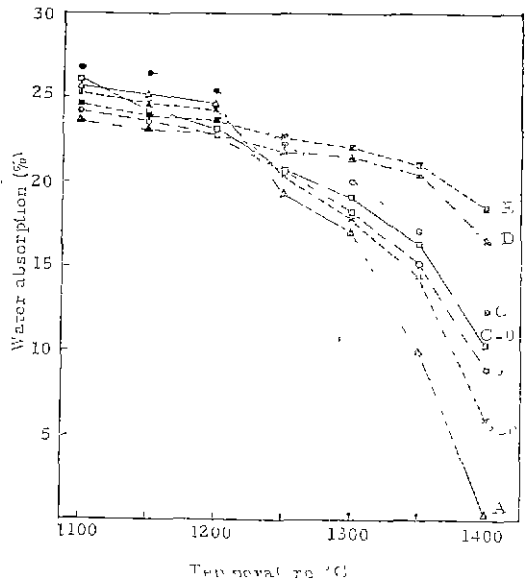


Fig. 5 Water absorption curves of the fired bodies with the elevated temperatures.

$Al_2O_3$  成分을 增加시킨 組成의 變化에 따른 燒成 收縮率과 吸收率의 變化는 좋은 相關關係를 보여주고 있다.

#### 2.4. X-線回折分析

1100~1400°C의 範圍에서 燒成한 素地 A~E의 鑛物相의 變化를 定性的으로 調査하고 燒成溫度 및 素地 組成의 變化에 따른 相對的인 cordierite 合成率을 熱膨

脹 測定 結果와 比較 檢討하기 위하여 粉末法에 依한 X-線回折分析을 하였다. X-線回折分析에 있어서 本 실험에서 같은 溫度  $50^{\circ}C$  上昇과  $Al_2O_3$  成分 0.2 mol 增加의 幅은 서로 이웃하고 있는 溫度 및 組成物間에 있어서 特徵的으로 區別할 수 있는 뚜렷한 回折패턴을 認知할 수 없었다. 따라서  $1150^{\circ}C$ ,  $1250^{\circ}C$  및  $1350^{\circ}C$  에서 燒成한 素地 A, C-O 및 E의 X-線回折分析 結果를 Fig. 6, Fig 7 및 Fig. 8 와 같이 圖示하였다.

$1150^{\circ}C$  에서 燒成한 素地는 cristobalite 를 主 鑛物相으로 하여 少量의 mullite, enstatite 및 cordierite가 나타나 있고,  $1250^{\circ}C$  에 있어서는 cordierite를 主 鑛物相으로 하여 少量의 mullite가 나타나있고,  $1350^{\circ}C$  에서는 cordierite 相만이 나타나 있다.

素地 B, B-O 및 C는 素地 A와 거의 같은 機狀을 갖고 있다.

素地 C-O의 X線回折圖(Fig. 7)을 보면  $1150^{\circ}C$  에서는 cristobalite 를 主 鑛物相으로 하여 素地 A와는 달리 相當量의 cordierite와 mullite가 나타나 있고 少量의 enstatite가 나타나 있다.  $1250^{\circ}C$  및  $1350^{\circ}C$  에서도 피크의 相對的인 크기의 變化만 있을 뿐 素地 A와 거의 같은 機狀을 나타내고 있다.

素地 E의 X線回折圖(Fig. 8)를 보면  $1150^{\circ}C$  에서는 corundum의 피크가 나타나 있고 그외는 素地 A의 結

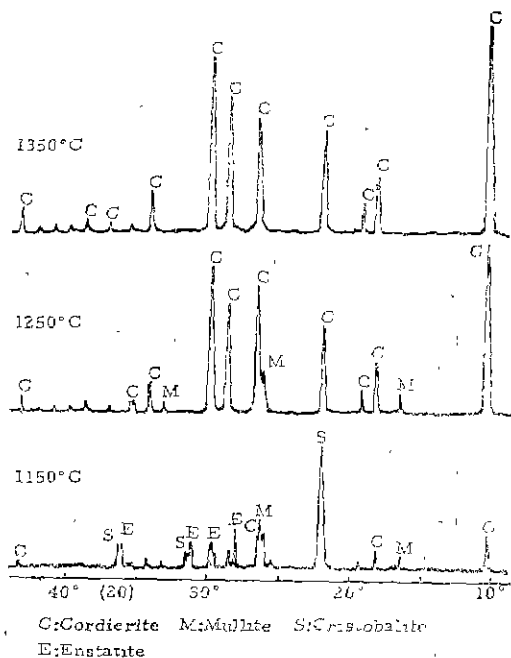


Fig. 7 X-ray diffraction patterns for the fired cordierite body C-O at  $1150^{\circ}C$ ,  $1250^{\circ}C$  and  $1350^{\circ}C$ .

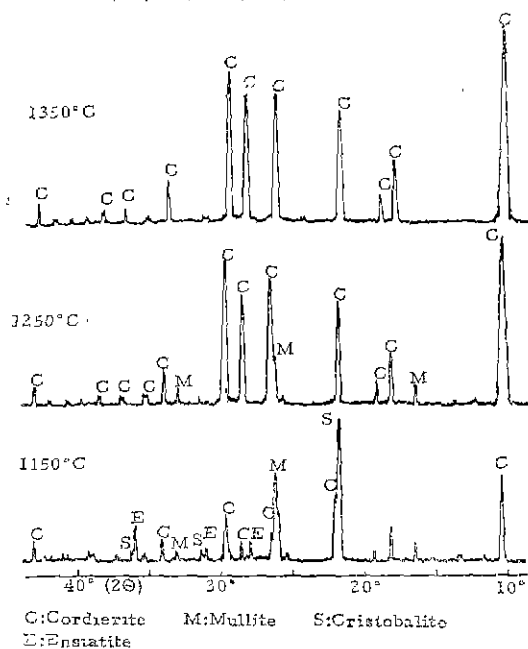


Fig. 6 X-ray diffraction patterns for the fired cordierite body A at  $1150^{\circ}C$ ,  $1250^{\circ}C$  and  $1350^{\circ}C$ .

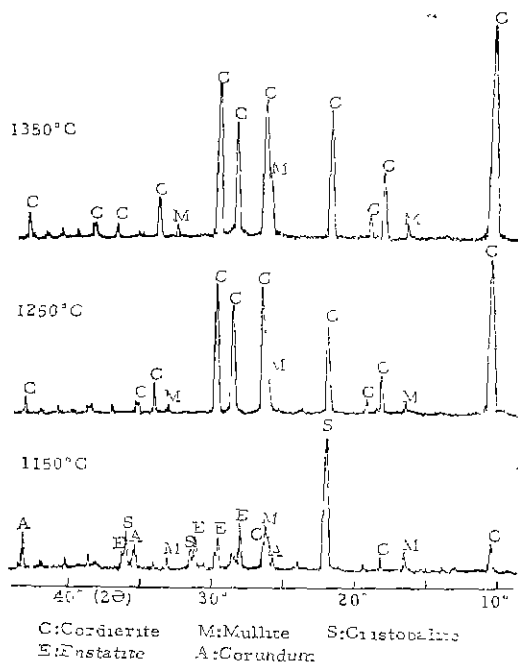


Fig. 8 X-ray diffraction patterns for the fired cordierite body E at  $1150^{\circ}C$ ,  $1250^{\circ}C$  and  $1350^{\circ}C$ .

果와 거의 같다. 1250°C에서도 素地 A와 같은 결과를 보여주고 있으나 1350°C에서는 약간의 mullite가 나타나 있다.

2.5. 熱膨脹 測定

熱膨脹 測定은 管狀 SiC 電氣爐와 讀取顯微鏡을 組立한 石英管型 熱膨脹 測定器를 製作하여 1100~1400°C에서 燒成한 試片을 40×5×5 mm의 크기로 切斷한 다음 5°C/min의 加熱速度로 室溫에서 900°C까지 測定하였다. 加熱速度는 電氣爐에 連結된 變壓器의 과우어 스타트를 手動으로 調節하여 維持하였다.

素地 A, C-O 및 E의 試驗 結果는 Fig. 9, Fig. 10 및 Fig. 11과 같다.

一般的으로 熱膨脹率은 燒成溫度를 上昇함에 따라서 점차적으로 減少하고, 1200°C를 中心으로 하여 현저히 감소하고 있다. 1200°C 以下에서 燒成한 素地에 있어서는 比較的 큰 熱膨脹率( $5.5 \times 10^{-6} \sim 6.7 \times 10^{-6}$ ; 20°C~900°C)과 200~250°C 溫度範圍에서 異常 膨脹性을 나타내고 있으나, 1200°C 以上에서 燒成한 素地에 있어서는 熱膨脹率도 현저히 減少하고 ( $3.9 \times 10^{-6} \sim 4.3 \times 10^{-6}$ ; 20°C~900°C) 200~250°C 範圍의 異常 膨脹性도 消失되어 흔적을 나타내고 있을 뿐이다.

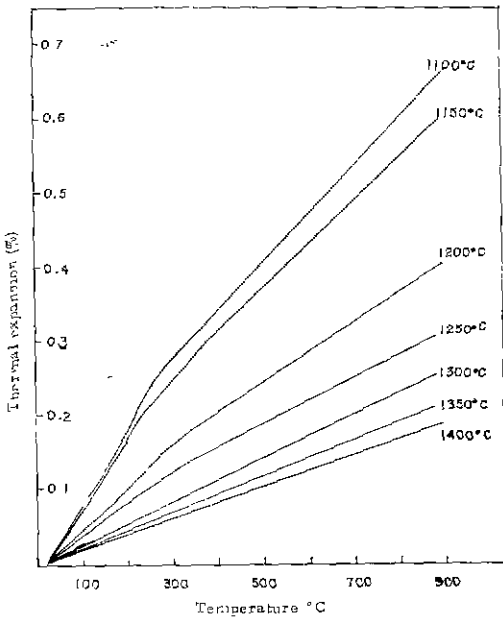


Fig. 9 Thermal expansion curves of the cordierite body A fired with the elevated temperatures.

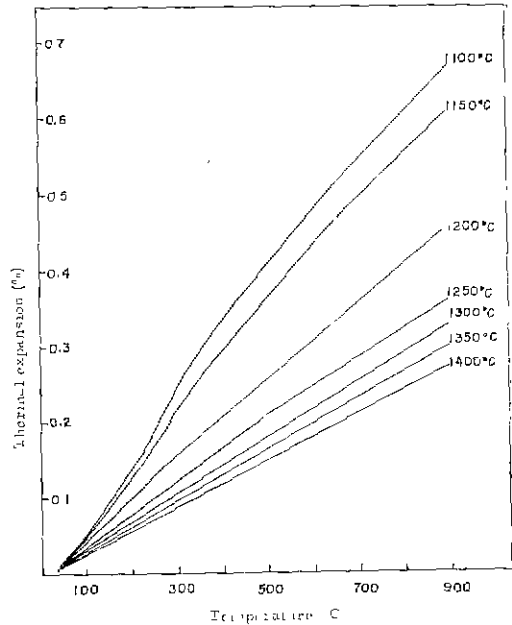


Fig. 10 Thermal expansion curves of the cordierite body C-O fired with the elevated temperatures.

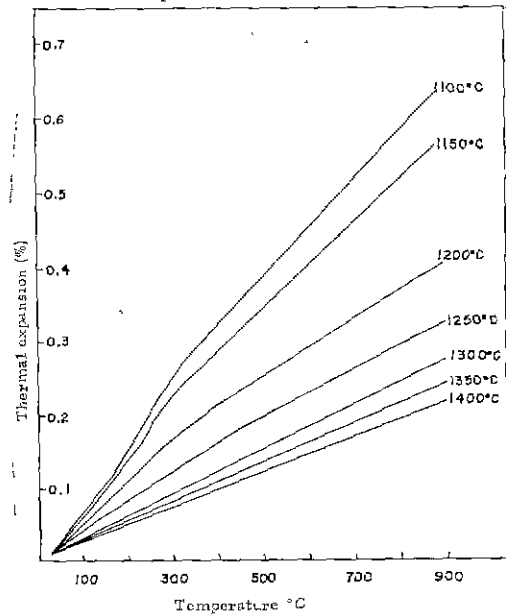


Fig. 11 Thermal expansion curves of the cordierite body E fired with elevated temperatures.

1200~1400°C의 範圍에서 燒成한 素地 A~E에 있어서  $Al_2O_3$  成分이 增加됨에 따라 熱膨脹率은 점차적으

로 증가하나 燒成溫度에 따른 熱膨脹率의 差異는 減少하고 있다.

素地 A는  $1200^{\circ}C$  燒成에서  $4.06 \times 10^{-6}$ 의 熱膨脹率이  $1400^{\circ}C$  燒成에서는  $1.88 \times 10^{-6}$ 의 熱膨脹率으로 減少하여 試片中 最少值를 나타내었으나 素地 E는  $4.45 \times 10^{-6}$ 에서  $2.65 \times 10^{-6}$ 으로 減少하여 比較的 큰 熱膨脹率을 나타내었으나 작은 熱膨脹率 差를 보여 燒成溫度에 對한 安定性을 보여주고 있다.

### 3. 考 察

素地 A~E는 燒成溫도의 上昇에 따라서 線收縮率과 吸收率이  $1200^{\circ}C$  근처를 基點으로 하여 急激한 增加와 減少를 보이고 있고 X線回折分析 結果를 보면  $1250^{\circ}C$ 에서 燒成한 素地는 모두 cordierite를 主 鑛物相으로 하여 小量의 mullite가 生成되어 있다. 또한 熱膨脹測定 結果에 있어서도  $1200^{\circ}C$ 를 中心으로 하여 熱膨脹率의 顯저한 減少를 나타내고 있다.

따라서  $MgO-Al_2O_3-SiO_2$  3成分系 鑛物인 clinochlore를  $MgO$  成分 供給源으로 하는 cordierite 組成物에 있어서는  $1200^{\circ}C$  근처에서 상당량의 cordierite가 合成되었다고 추정된다.

Lamar<sup>(4)</sup>는 sierralite-kaolin系에서, shiraki<sup>(7)</sup>는 chlorite-kaolin系에서, 그리고 Segnit와 Holland<sup>(15)</sup>는 clinochlore-kaolinite系에서 이와같은 結果를 發表하였다. 이와같이 chlorite族 鑛物을  $MgO$  成分 供給源으로 하지 않는 cordierite 組成物에 있어서는 보다 높은 燒成溫度가 必要하다. 初期의 Singer와 Cohn<sup>(1)</sup>을 示하여 Beals과 Cook<sup>(6)</sup> 및 Basta와 Said<sup>(16)</sup> 등의 여러 研究者들은 talc-kaolin-alumina系의 cordierite 組成物에서 그리고 Hughan은 talc-kaolin系에서 各各 cordierite를 合成하였는데 어느 것이나  $1200^{\circ}C$  以下에서는 cordierite가 거의 生成되지 못하였고 상당량의 合成을 위해서는  $1300^{\circ}C$  以上の 溫度가 必要하였다. Jelacic과 Kacian<sup>(23)</sup>은 magnesia-kaolin系, magnesite-kaolin-silica系 및 magnesite-alumina-silica系의 cordierite 組成物로서 cordierite를 合成하였는데 어느 組成物에 있어서나  $1300^{\circ}C$ 부터 cordierite가 生成되기 시작하였고  $1400^{\circ}C$ 에 있어서도 mullite와 cristobalite가 存在하고 있다.

熱膨脹測定 結果(Fig. 9~11)를 보면  $1200^{\circ}C$  以下에서 燒成한 素地는 모두  $200 \sim 250^{\circ}C$  範圍에서 異常 膨脹性을 나타내고 있다.

한편 X線回折分析 結果(Fig. 7~8)에 의하면  $1200^{\circ}C$  以下에서 燒成한 素地는 모두 cristobalite를 主 鑛物相

으로 하고 있다. 따라서, 이들 素地의 異常 膨脹性은 kaolin 및 납석이 熱分解되어 生成된 cristobalite의 熱的 相轉移에 起因한 것으로 생각된다. 이와같은 異常 膨脹性은 素地 A에서 E로 갈수록 점차 減少하는 경향을 보이고 있다. 즉 cordierite의 理論 組成式에서  $Al_2O_3$  成分을 增加시킬수록 減少하고 있다.

線收縮率(Fig. 4)와 吸收率(Fig. 5)測定 結果를 X線回折分析 및 熱膨脹測定 結果와 比較 檢討하면 cordierite의 理論 組成式  $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ 에서  $Al_2O_3$  成分을 增加시킬수록 cordierite의 生成에 있어서는 別差가 없고 燒成溫度에 따른 各 試片의 線收縮率의 差와 吸收率의 差는 현저히 減少하였다. 즉 燒成範圍가 넓어졌다는 것을 의미한다. Beals와 Cook<sup>(6)</sup>는 talc-kaolin-alumina系의 cordierite 組成物에서 낮은 熱膨脹係數와 높은 合成率을 나타낸 範圍는  $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ 系의 cordierite 理論 組成點에서부터  $Al_2O_3$  頂點을 向하는 範圍에 있다고 보고하였다. 그리고 Basta와 Said<sup>(16)</sup>도 talc-kaolin-alumina系의 cordierite 組成物에서  $Al_2O_3$  成分을 10%까지 增加시키면 燒成範圍가 넓고 熱膨脹係數가 적은 素地를 얻을 수 있다고 보고하였다. 따라서 本 研究의 clinochlore를 利用한 cordierite 組成物에 있어서도  $Al_2O_3$  成分을 增加시킬수록 燒成範圍가 넓어졌다고 추정된다.

素地 B와 B-O 및 C와 C-O는 各各 같은 組成式으로 表示되나 附加的인 alumina 添加의 有無에 依하여 素地의 組合을 달리하고 있다. 이들 素地間에 있어서 諸般 性質의 測定 結果를 比較하면 어떤 뚜렷한 差異를 볼 수 없었다. 그러므로 clinochlore를 利用한 cordierite 組成物에 있어서 같은 化學組成으로 表示되는 組成物間에 있어서 附加的인 Alumina의 添加(3% 以下) 有無는 素地의 性質에 그다지 影響을 미치지 않는 것으로 생각된다.

本 研究에 있어서는 clinochlore를 利用하여  $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ 系의 cordierite 理論 組成點에서 부터  $Al_2O_3$  頂點을 向하는 範圍에서 合成에 關聯된 諸般 性質을 調査하였다. 다음의 報告에서는 mullite 組成點을 向하는 範圍에서 調査하고자 한다.

### 4. 結 論

1.  $MgO-Al_2O_3-SiO_2$  3成分系 鑛物인 clinochlore를  $MgO$  成分 供給源으로 하는 cordierite 組成物에 있어서는  $1200^{\circ}C$  근처에서 상당량의 cordierite가 生成된다.
2.  $1200^{\circ}C$  以下에서 燒成한 素地의 異常 熱膨脹性은 카올린 및 납석이 熱分解되어 生成된 cristobalite의 熱

의 相轉移에 起因한 것이다.

3. cordierite의 理論 組成에서  $Al_2O_3$  成分을 0.8 mol 까지 增加시키면 燒成範圍가 넓어 진다.
4. 같은 化學組成으로 表示되는 clinocllore를 利用한 Cordierite 組成物에 있어서 附加的인 Alumina의 添加(3.0%以下)有無는 合成에 큰 影響을 미치지 않는다.

## References

1. F. Singer, "Concerning New Stoneware Bodies: 1, Composition," *Ber. Deut. Keram. Ges.*, **10** (6), 269-270, (1929); W.M. Cohn "II, Expansion Behavior of Ceramic Bodies. *ibid.*, 271-284, (1929); *Ceram. Abstr.* 8(11), 824(1929)
2. R. F. Geller and H. Insley, "Thermal Expansion of Some Silicates of Element in Group II of the Periodic System," *Bur. Stand. J. Res.* **9**(1), 35-46, (1932); *Ceram. Abstr.* 11(10), 542(1932)
3. L. E. Thiess, "Vitrified Cordierite Bodies," *J. Am. Ceram. Soc.* **26**(3), 99-102, (1943)
4. R. S. Lamar, "Development of Cordierite Bodies with Sierralite. A new Ceramic Material," *J. Am. Ceram. Soc.* **32**(2) 65-71, (1949)
5. K. A. Gebler and H. R. Wisely, "Dense Cordierite bodies," *J. Am. Ceram. Soc.* **32**(5), 163-165(1949)
6. R. J. Beals and R. L. Cook, "Low-Expansion Cordierite Porcelains," *J. Am. Ceram. Soc.*, **35** (2), 53-57, (1952)
7. Y. Shiraki, "Cordierite Bodies with Chlorite," *J. Jap. Ceram. Assoc.*, **61**(688), 532-535, (1953)
8. R. S. Lamar and M. F. Warner, "Reaction and Fired-Property Studies of Cordierite Composition." *J. Am. Ceram. Soc.*, **37**(12), 602~610, (1954).
9. K. Sugiura and Y. Kuroda, "Thermal Expansion of Synthetic Cordierite", *J. Jap. Ceram. Assoc.* **63**(715), 579-582 (1955)
10. E.M. Levin, et al, "Phase Diagram for Ceramists," 2nd Edition, Fig. 712, Am. Ceram. Soc. Columbus, Ohio (1969)
11. W. R. Foster, "Synthetic Sapphirine and Its Stability Relations in the System  $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ ," *J. Am. Ceram. Soc.* **33**(3), 73-84(1950).
12. M. D. Karkhanavala and F. A. Hummel, "The Polymorphism of Cordierite," *J. Am. Ceram. Soc.*, **36**(12), 389-392, (1953)
13. C. A. Sorrell, "Reaction Sequence and Structural Changes in Cordierite Refractories." *J. Am. Ceram. Soc.* **43**(7), 337-343, (1960)
14. Y. W. Park, et al "Studies on Synthetic Cordierite," *Rep. NIRI* **18** 53-64 (1968)
15. E. Z. Basta and M. K. A. Said, "A Contribution to the Synthesis of Ceramics Cordierite Bodies" *Trans. Brit. Ceram. Soc.* **72**(2), 69-75, (1973)
16. E. R. Segnut and A. E. Holland, "Formation of Cordierite from Clinocllore and Kaolinite", *J. Aust. Ceram. Soc.* **7**(2), 43-46, (1971)
17. Shiraki Y, "Properties of Wanibuchi Chlorite", *J. Jap. Ceram. Assoc.* **61**(688) 485-490, (1953)
18. C. Jelacic. "Composition made with a Cordierite Base Vitrified for Heat Resistant Porcelain". *Ind. Ceram.* No. 594. 213-217. (1967); CA:67-36003a
19. G. Hemmer, "Use of Chlorite in Low Expansion Ceramic Bodies", *J. Aust. Ceram. Soc.*, **3**(1), 5-9. (1967); CA:71-73625h.
20. J. A. Pask and M. F. Warner, "Fundamental Studies of Talc: I. Constitution of Talc", *J. Am. Ceram. Soc.* **37**(3), 118-128, (1954)
21. R. R. Hughan, "Cordierite Saggars of Increased Durability from Australian Talc and Clay", *Aust. J. Appl. Sci.* **3**, 173-192, (1952); CA: 46-10566g
22. C. Jelacic and M. Kacian, "The Synthesis of Cordierite", *Bull. Soc. Fr. Ceram.* No. 75, 5-23 (1967); CA: 68-15672y
23. 酒井建次, 日特 43-7712, "Cordierite 質 磁器의 製造方法 (1968)
24. K. B. Kim, "Talc Deposits of South Korea." *Bull. Geol. Survey Korea.* No. 14, 5-121 (1972)
25. 李錫根, 全崇, "Cordierite의 合成 및 利用에 관한 研究," *窯業會誌*, **6**(1), 79-100 (1969)
26. 池應榮 등, "耐火匣 製造에 관한 研究 (Cordierite 質)," *窯業會誌*, **6**(1), 107-117. (1969)
27. S. W. Lee, et al, "Cordierite Formation and Effect of  $Fe_2O_3$  on its Formation, *J. Kor. Ceram. Soc.* **10**(1), 61-65. (1973)