

## MgO-SiO<sub>2</sub>系 磁器素地に 미치는 添加劑의 영향

李應相·崔成哲  
漢陽大 無機材料工學科  
(1983年 11月 15日 接受)

### Studies on the Effect for the Addition in the Porcelain Body of MgO-SiO<sub>2</sub> System

Eung-Sang Lee and Sung-Churl Choi  
College of Engineering, Han Yang-University  
(Received Nov. 15, 1983)

#### ABSTRACT

This study has examined on the effect for the fitting in porcelain body of MgO-SiO<sub>2</sub> system. The mixture was made of corresponding in the theoretical composition of enstatite with Kyul Sung talc and sea water magnesia cake. Hyup Jin kaolin, as clay minerals to give the mixture plasticity, was added 10% by weight of the mixture. Also, feldspar was added 5% by weight of the above mixture. We added limestone in various kinds of 1%~20% by weight of mixture included kaolin and feldspar in order, last of all. The mixture was fired at the various temperatures from 1225°C to 1325°C.

After we examined closely physical properties and microstructures, we achieved the following results.

- 1) 5% addition amount of limestone was good for the property of the strength at the full firing temperatures. But, 10% and 15% additions were remarkably excellent below 1275°C.
- 2) When we considered the apparent bulk density, 5% addition was good for the full firing temperatures.
- 3) 5% addition amount of limestone was proved to be the most excellent properties between 1300°C and 1325°C when we considered the apparent bulk density and the range of the firing temperature.

#### 1. 序 論

MgO-SiO<sub>2</sub>系 結晶을 主成分으로 하는 磁器素地는 透光性이 우수하고 bone china와 유사한 特性을 지니고 있으므로 裝飾用이나 고급 日用品으로 生産되고 있고, 또한 dielectric loss나 power factor가 적어서 高周波絶緣物로도 많이 使用되고 있다.<sup>1,2,3</sup>

MgO-SiO<sub>2</sub>系 磁器素地に 관한 研究는 1954年 以來<sup>4</sup>로 石英과 海水 magnesia 또는 magnesia와 滑石을 使用<sup>5</sup>하여 各種 添加劑를 加하여 持續적으로 研究, 發展되어오고 있으며, Teruko Tsuji<sup>6</sup>, Nippon Toki<sup>7</sup>, 佐野<sup>8</sup>, Banerjee<sup>9</sup> 등에 의해 日本, 美國 등에서 많은 특

許와 研究發表가 있었다. 또한 이것은 現在 활발히 研究가 持續되고 있는 透光性 magnesia 燒結體에 대한 連 關성이 깊고, 耐熱性 透明 magnesia 磁器와 magnesia系 誘電體 生産의 基本이 되므로, 아직 이 分野에 대한 研究가 거의 進行된 바 없고, 技術의 導入도 없는 우리나라로서는 풍부한 原料資源을 利用하여 迅速히 研究, 開發할 必要가 있다.

본 研究에서는 國內에서 産出되는 滑石과 海水 magnesia cake를 主原料로 하여 우선 Steatite 理論組成에 맞도록 調合하고, 이에 可塑性 原料로서 Kaolin을 重量分率 10%로 固定<sup>10</sup>, 添加한 後, 여기에 G. Goodman<sup>11</sup> Schramm<sup>12</sup> 등에 의해 研究된 바 있는, 磁器에

유리質 結合을 주고, 좋은 透光性 效果를 나타낸다는 長石을 Kaolin 을 포함한 調合物에 重量分率 5%<sup>13)</sup> 로 添加하고 여기에, 主原料인 滑石의 濺床이, 주변의 結晶石灰岩의 結晶적인 상태로 混合된, Enstatite 와 Tremolite 의 편암층에서 나타나고 있고<sup>14)</sup>, 素地의 強度를 높인다는 K. Wetzel 理論<sup>15)</sup>과 다른 融劑보다 낮은 融點을 갖는 石灰石을 變化, 添加하여 燒成溫度에 따른 最適 添加量과 添加條件을 研究하였다.

2. 實驗方法

2-1. 原料 및 試片

본 實驗에서 使用한 原料는 결정滑石, 삼산화성의 滷水 magnesia cake 을 主原料로 하고 可塑性 原料로서 硬잡물이 적은 硬진 Kaolin, 融劑 添加原料로서 金泉長石, 그리고 淸州石灰石을 使用하였는데 이것의 化學 分析値는 Table 1. 과 같다.

各 原料는 20mesh 以下로 粗粉碎한 後 滑石은 48時間 微粉碎하여, 煨燒하여 얻은 magnesia 가 燒結時

Table 1. Composition of Raw Materials

| Minerals<br>Comp.              | (Wt %) |              |        |          |      |
|--------------------------------|--------|--------------|--------|----------|------|
|                                | Talc   | Mg O<br>Cake | Kaolin | Feldspar | Lime |
| SiO <sub>2</sub>               | 65.0   | 1.0          | 42.6   | 63.6     | 3.1  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2.5    | 0.9          | 40.2   | 21.2     | 0.5  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.2    | 0.3          | 0.5    | 0.3      | 0.2  |
| CaO                            | 0.8    | 1.4          | 1.6    | 0.6      | 53.3 |
| MgO                            | 27.2   | 61.6         | 0.1    | Tr       | 0.9  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.06   | 0.46         | 0.2    | 3.24     | 0.05 |
| K <sub>2</sub> O               | 0.04   | 0.41         | 0.63   | 9.75     | 0.14 |
| SO <sub>3</sub>                |        | 0.5          |        |          |      |
| TiO <sub>2</sub>               | Tr     | Tr           | Tr     |          |      |
| Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.03   | 0.03         | 0.02   |          |      |
| Ig. loss                       | 4.4    | 33.5         | 13.9   | 0.8      | 41.6 |

Table 2. Batch Compositions

| Material<br>Comp. | (Wt %)                  |          |        |          |      |
|-------------------|-------------------------|----------|--------|----------|------|
|                   | Talc                    | MgO Cake | Kaolin | Feldspar | Lime |
| L <sub>1</sub>    | MgO 1.6SiO <sub>2</sub> | 0.6 MgO  | 10%    | 5%       | 1%   |
| L <sub>2</sub>    | MgO 1.6SiO <sub>2</sub> | 0.6 MgO  | 10%    | 5%       | 2.5% |
| L <sub>3</sub>    | MgO 1.6SiO <sub>2</sub> | 0.6 MgO  | 10%    | 5%       | 5%   |
| L <sub>4</sub>    | MgO 1.6SiO <sub>2</sub> | 0.6 MgO  | 10%    | 5%       | 10%  |
| L <sub>5</sub>    | MgO 1.6SiO <sub>2</sub> | 0.6 MgO  | 10%    | 5%       | 15%  |
| L <sub>6</sub>    | MgO 1.6SiO <sub>2</sub> | 0.6 MgO  | 10%    | 5%       | 20%  |

에 粒子의 結晶成長이 빠르다는 說<sup>16)</sup>에 의해 Wet 상태로 되어있던 magnesia cake 와 함께 各各 미리 煨燒시켜서, 各 原料를 微粉碎하여 250mesh 以下로 粒度調節하였다. Kaolin 은 48時間 濕式 微粉碎하였고, 長石과 石灰石도 24時間 微粉碎하여 各各 250mesh 以下로 均一하게 粒度調節하였다.

MgO-SiO<sub>2</sub> 系 液器의 主結晶 組成이 되도록 調合하기 위해 煨燒한 滑石의 MgO: SiO<sub>2</sub> 의 mol 비가 1:1.6 으로 나타나므로 이를 1:1 이 되도록 調節하기 위해 모자라는 0.6mol 의 MgO 를 magnesia cake 로 부터 추가하였다. 滑石과 magnesia cake 로서 調節된 組成에 대해 可塑性 粘土質原料인 Kaolin 을 重量分率로 10% 添加<sup>10)</sup> 하였다. 위의 3 가지 組成에 대해서 融劑原料인 長石을 역시 重量分率로 5% 添加<sup>13)</sup> 했다. 이 全調合物에 대해서, 다시 石灰石을 Table 2. 에서와 같이 重量分率로 1%~20% 範圍로 變化, 添加하고 이들을 L<sub>1</sub>~L<sub>6</sub> 로 略稱하였다. 各 調合物은 고무製球를 使用하여 ball mill 에서 3 時間동안 濕式 混合하였다. 試驗片은 配合素地 約 12g 을 秤量하여 金型에 넣고서 800Kg/cm<sup>2</sup> 의 壓力으로 油壓 press 로 10×1×0.7(cm) 크기로 成形한 後, 110°C 恒溫 dry oven 에서 充分히 乾燥하였다. 乾燥된 試驗片은 Siliconit 發熱體 電氣爐中에서 상승속도 150°C/hr 로 승온시켜 1225°C~1325°C 의 所定溫度에서 各各 2 時間 維持한 後, 자연냉각하여 그 溫度에서의 試驗片으로 하였다.

2-2. 物性 測定

燒成 線收縮率은 K.S.L 4004 에 의해, 乾比重과 吸水率은 K.S.L 3114 에 의해 測定하였고, 靱性 強度는 K.S.L 3503 에 따라서 Instron Universal Test Machine 으로 항길荷重을 測定하여 계산치로 求하였다. K.S.L 에 따른 모든 測定値는 K.S.A 0021 에 따라서 수치의 끝맺음을 하였다. 熱衝擊試驗은 試片을 미리 120°C 로 예열되어 있던 Siliconit 發熱體 電氣爐中에

신속히 넣어, 25분간 유지한 後, 試驗片을 20°C의 물에서 급냉시킨 후에 各 試驗片을 赤色 ink로 表面을 painting test 하여 균열유무를 확대경을 使用하여 관찰한 後, 균열이 없는 試驗片은 充分히 乾燥시킨 後에 以前의 溫度보다 30°C 높은 溫度段階로 균열이 확인될 때 까지 溫度를 變化시키면서 조작을 반복, 시행하여 균열이 일어났던 溫度를 熱衝擊抵抗値로 하는 약식의 方法으로 行하였다.

2-3. 微細構造

各 試驗片은 主結晶相 生成여부를 검토하기 위해 X線 回折分析을 하였고, 組織成長과정을 觀察하기 위해 偏光顯微鏡을 使用하였다. X線 回折分析 條件은 Cu-Target, Ni-filter, Scanning Speed 4°/min, Chart Speed 40mm/min 으로 行하였고, 偏光顯微鏡은 1000 배의 배율下에서 觀察하였다.

3. 結果 및 考察

3-1. 吸水率

石灰石을 添加한, Kaolin 과 長石을 포함한 MgO-SiO<sub>2</sub>系 磁器素地의 吸水率은 石灰石을 添加하지 않았을 때 가장 物性이 좋은 F<sup>13</sup>)보다, Fig. 1에서 볼 때 所定 燒成溫度에서 全體的으로 吸水率이 적게 나타나지만, 吸水率의 變化値를 考慮해 볼 때 L<sub>3</sub>組成이 가장 좋은 것으로 보인다. L<sub>1</sub>~L<sub>3</sub>는 1325°C에서나 吸水率이 3% 以下로 되지만, L<sub>4</sub>와 L<sub>5</sub>는 過燒前의 溫度인

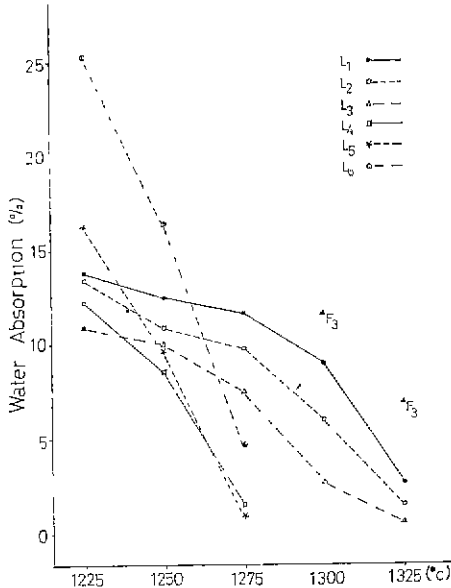


Fig. 1 Water Absorption of Steatite body added Kaolin, Feldspar, and Lime

1275°C까지는 아주 적은 吸水率을 나타내고 있다. 그러나 L<sub>4</sub>와 L<sub>5</sub>의 급격한 Slope 으로부터 판단해 볼 때 燒成溫度範圍가 극히 제한적일 것으로 生覺된다. 모든 組成範圍에 걸쳐서 낮은 溫度에서 좋은 吸水率을 나타내는 石灰石과 長石의 용해와 Kaolin 분해등으로 인한 生熟地의 open pore 의 감소과정을 거쳐서 全原料가 相關된 glass 量이 增加하여, open pore 를 完全히 채워주기 때문이다. Fig. 1에서 F는 石灰石을 添加하지 않았을 때 가장 物性이 좋은 것을 인용<sup>13)</sup>한 것이다. 대체로 吸水率트 부터 적절한 燒成溫度範圍나 組成을 生覺할 때 1300°C~1325°C의 溫度範圍에서 L<sub>3</sub>組成이 가장 좋은 것으로 보인다.

3-2. 線收縮率

燒成 線收縮과정은 Fig. 2에서 살펴보면 L<sub>5</sub>, L<sub>6</sub>를 제외하고는 添加量이 증가할수록 溫度變化에 따라서 대체로 고른 收縮과정을 나타내고 있다. 收縮은 素地의 대부분의 기공이 glassy matrix에서 밀폐될 때 완만해 진다<sup>17,18)</sup>. 즉 이것은 長石에서 形成되는 matrix와 原料組成物사이의 반응에 따라서 收縮과정이 달라질 수 있는 것이다. L<sub>5</sub>와 L<sub>6</sub>의 급격한 收縮變化는 過量 添加된 石灰石을 포함한 原料組成物과 長石으로부터 生成되는 matrix 사이의 반응에 의한 차이로서 볼 수 있다. Fig. 2를 燒結進行速度로서 비교해 본다면, L<sub>1</sub>~L<sub>4</sub>는 溫度에 따라서 완만한 燒結進行과정을 보이나, L<sub>5</sub>, L<sub>6</sub>는 進行速度가 급격함을 볼 수 있다. F와 비교해 볼

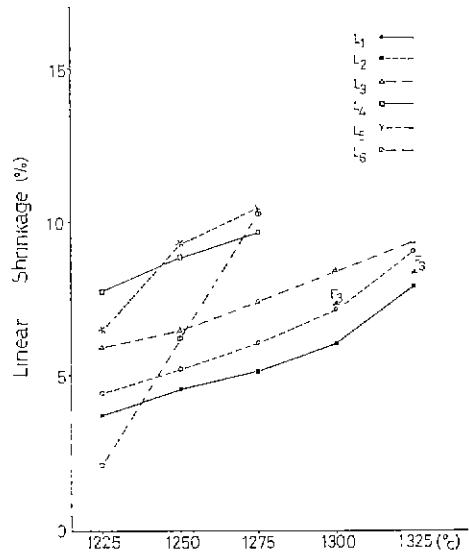


Fig. 2 Linear Shrinkage of Steatite body added kaolin, Feldspar, and Lime

때 1275°C까지에서는 L<sub>1</sub>과 L<sub>2</sub>를 제외한 나머지 添加組成도 증은 것으로 보이나, 안정되게 완만한 進行과정으로 미루어 보아 L<sub>3</sub>組成이 가장 증게 나타나고 있다.

3-3. 靱입強度

高品質의 工業用材料로서 MgO-SiO<sub>2</sub>系 磁器를 使用하는 것이 점차 많아지고 있음에 따라서, 素地의 機械的 強度는 더욱 重要한 性質로 되었고, 또한 이는 微細構造와도 밀접한 關係가 있다<sup>19)</sup>. 一般的으로 靱입強度도 다른 強度와 마찬가지로 素地의 組織에 따라서 달라진다. 특히 物性測定에서 높은 強度를 나타낸 경우, 거의 緻密化되고 均一한 微細組織을 나타내고 있음을 偏光顯微鏡觀察下에서도 확인할 수 있었다. 여기에서 最高의 強度는 반드시 組織이 緻密化되었을 때나 높은 溫度로 부터 얻어진다고 말할 수는 없다. 이 에 대해서는 F. Singer<sup>20)</sup>에 의하면 完全히 緻密한 Vitreous china에서 보다는 기공율이 0.1~1%일 때 오히려 強度는 最高로 된다고 했다. 또한 Waye<sup>21)</sup> 등의 磁器에서 素地의 實驗에서도 기공율이 最少로 되는 溫度보다도 約 10°C 낮은 溫度에서 燒成하였을 때 最高의 強度를 나타내고 있다.

靱입強度面에서는 石灰石을 添加하지 않았을 때보다 各 所定溫度에서 約 300Kg/cm<sup>2</sup> 이상의 높은 차이를 나타내고 있음을 볼 수 있다. 그러나 添加量에 따라서 상당한 變化를 보여주고 있다. Fig. 3에서 1300°C~1325°C에서의 L<sub>3</sub>가 우수하게 나타나는데 이것에서도

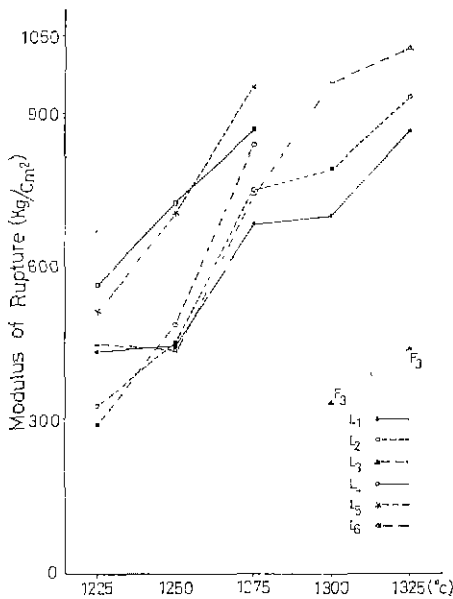


Fig. 3 Modulus of Rupture of Steatite body added Kaolin, Feldspar, and Lime

원組成物과 matrix 간의 가장 격렬한 靱의인 反應에 의해 잘 緻密化된 것으로 生現되었고, 이는 偏光顯微鏡觀察下에서 확인할 수 있었다. 또한 1225°C~1250°C에서 L<sub>3</sub>의 強度가 약간 감소될은 吸水率과 비교해 볼 때 pore의 영향이거나 生成된 glassy matrix의 밀집된 영향이라고 生現된다. 全般的으로 F와 비교해 볼 때 K. Wetzel 學說<sup>15)</sup>에 잘 일치됨을 알 수 있다.

3-4. 겉보기 부피比重

一般的으로 吸水率이 적은 溫度에서 겉보기 부피比重은 가장 높은 값을 나타내며 燒成溫度가 상승되더라도 吸水率이 增加하면 比重値가 적어지는데 이는 Pore에 의한 영향으로 본다. 또한 磁器素地에 있어서는 素地가 磁器化될수록 부피比重도 增加됨을 볼 수 있다.

Table 3.에서와 같이 燒結된 素地의 부피比重은 대체로 2.2~2.6까지의 값을 나타내고 있다. 이것은 石灰石을 添加하지 않았을 때<sup>13)</sup> 1300°C에서 2.18, 1325°C에서 燒成한 것이 2.39를 나타낸 것과 비교할 때 상당히 낮은 온도에서 素地가 緻密化되고 있음을 보여주고, 특히 우수한 靱입強度를 보였던 1300°C~1325°C의 L<sub>3</sub>가 역시 부피比重値가 가장 큰 것으로 나타나고 있고, 대체로 부피比重이 靱입強度와 잘 비례함을 보이고 있는데, 이것에 대해서는 靱입強度와 부피比重의 相關關係를 나타낸 Fig. 4가 잘 뒷받침해 주고 있다. 또한 이는 比價이 크고 素地가 잘 燒結될수록 명확히 靱입強度는 커지고 있음을 나타낸다<sup>22, 23, 24)</sup>. 過燒前의 溫度인 1275°C에서 L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>가 높은 부피比重값을 나타내고 있어서, 이것의 높은 強度와 關係시켜 볼 때, 다소 燒成範圍가 적은 것이 이점이다.

3-5. 熱衝擊抵抗

材料의 熱衝擊抵抗에 영향을 미치는 중요한 요소로는 材料의 表面熱移動계수 즉 材料를 둘러싸고 있는 매체가 熱을 흡수하는 능력에 의한다고 본다<sup>24)</sup>. 熱衝擊에 의한 파괴는 급열 또는 급냉에 따라서 素地內部

Table 3. Apparent bulk density of Steatite body added Kaolin, Feldspar and Lime (g/cm<sup>3</sup>)

| Temp(°C)       | 1225 | 1250 | 1275 | 1300 | 1325 |
|----------------|------|------|------|------|------|
| Comp.          |      |      |      |      |      |
| L <sub>1</sub> | 2.09 | 2.14 | 2.18 | 2.17 | 2.47 |
| L <sub>2</sub> | 2.11 | 2.20 | 2.24 | 2.37 | 2.51 |
| L <sub>3</sub> | 2.22 | 2.25 | 2.33 | 2.46 | 2.61 |
| L <sub>4</sub> | 2.20 | 2.33 | 2.55 |      |      |
| L <sub>5</sub> | 2.03 | 2.31 | 2.58 |      |      |
| L <sub>6</sub> | 1.73 | 2.04 | 2.49 |      |      |

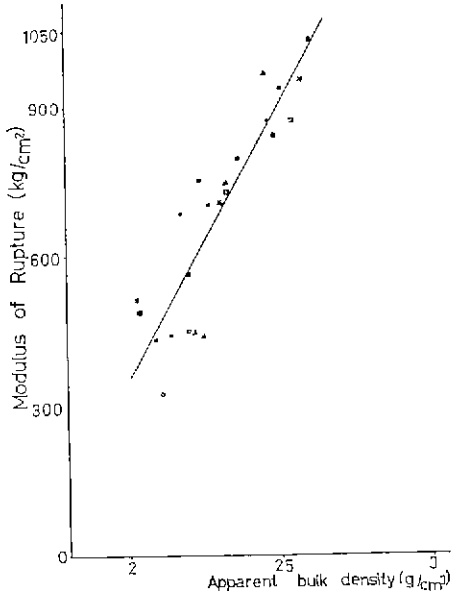


Fig. 4 Relation between modulus of rupture and Apparent bulk density

에 Strain이 發生하는 것이 직접적인 원인<sup>24)</sup>으로 보고 있고, 또한 보편적으로 磁器素地는 多結晶相으로 되어 있으니 더우기 상당량의 成分이 다른 glass相을 내포하고 있으므로 가열 또는 냉각하면 溫度구배에 관계없이 여러 원인에 의해서 內部 Strain이 發生하므로 熱衝擊抵抗이 작은 것으로 나타난다.

Table 4.에서 보면 Kaolin과 長石만의 添加時보다는 저항값이 약간 작으나 대체로 300 이상의 좋은 값을 나타내고 있다. 이것은 De. Groote<sup>25)</sup>가 주장한 磁器素地中の CaO와 Alkali를 MgO로 치환하면 熱衝擊抵抗성이 커진다는 說을 역으로 生證해 보면, 일치됨을 알 수 있다. 또한 L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>가 1250°C~1275°C 溫

Table 4. Thermal Shock Resistance of Steatite body added Kaolin, Feldspar, and Lime (°C)

| Temp(°C)       | 1225 | 1250 | 1275 | 1300 | 1325 |
|----------------|------|------|------|------|------|
| Comp.          |      |      |      |      |      |
| L <sub>1</sub> | 390  | 390  | 390  | 390  | 360  |
| L <sub>2</sub> | 390  | 390  | 390  | 360  | 300  |
| L <sub>3</sub> | 390  | 360  | 360  | 330  | 300  |
| L <sub>4</sub> | 390  | 390  | 300  |      |      |
| L <sub>5</sub> | 390  | 390  | 300  |      |      |
| L <sub>6</sub> | 390  | 390  | 390  |      |      |

度에서 큰 熱衝擊抵抗치를 보이고 있는데, 이것을 吸水率과 더불어 考慮해 볼 때 磁化가 이루어지는 溫度範圍가 예상한 대로 상당히 작은 폭임을 알 수 있다.

3-6. X線 回折分析

Fig. 5는 1275°C에서 L組成의 添加磁化에 따른 X線 回折分析인데, 主結晶相 peak를 살펴보면 Clinoenstatite와 Forsterite가 主 peak를 이루고 있고, Microcline과 Anorthite의 몇몇 peak를 찾아볼 수 있다. 또한 Fig. 6과 Fig. 7은 溫度變化에 따른 L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> 組成의 分析表인데, 여기에서도 같은 主結晶相 peak를 찾아볼 수 있었다. 結晶의 成長變遷을 다소 저해한다는 研究發表<sup>26)</sup>이 있는 Excess MgO나, 素地強度를 저하시키고<sup>27)</sup> 比重과 체적변화를 일으키기 쉬운 Excess SiO<sub>2</sub>의 peak가 나타나지 않음은 素地의 좋은 物성과 잘 일치한다.

3-7. 微細構造

Fig. 8과 Fig. 9는 溫度에 따른 L<sub>3</sub> 組成의 微細構造變化를 偏光顯微鏡下에서 배율 1000배로 觀察한 것이다.

1225°C로 부터 溫度가 증가됨에 따라서 glassy matrix로 부터 結晶이 析出, 成長하여 緻密化되어가는 것을 볼 수 있다. 이때의 結晶成長過程은 過飽和狀態의 熔液相으로 부터 徐冷操作에 의해 溶質이 結晶으로 析出된 것으로 보인다. 結晶이 凝集된 것으로 보이는 것은 部分들이, 溫度의 상승과 더불어 점차 成長해 가고

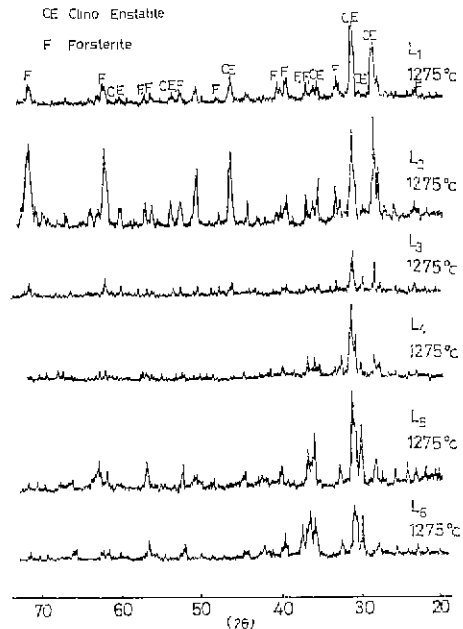


Fig. 5 X-Ray Diffraction Patterns of L-Series bodies at 1275°C

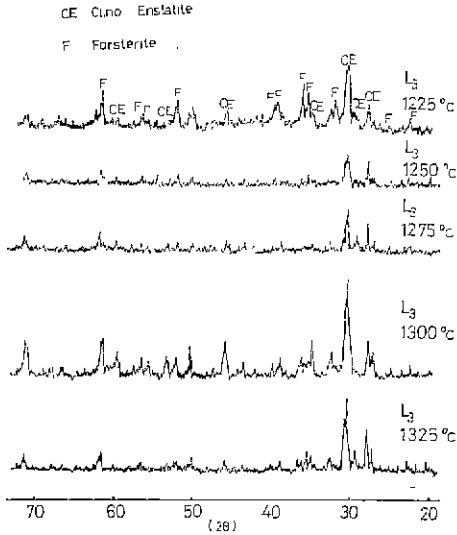


Fig. 6 X-Ray Diffraction Patterns of L<sub>3</sub> body VS. temperatures

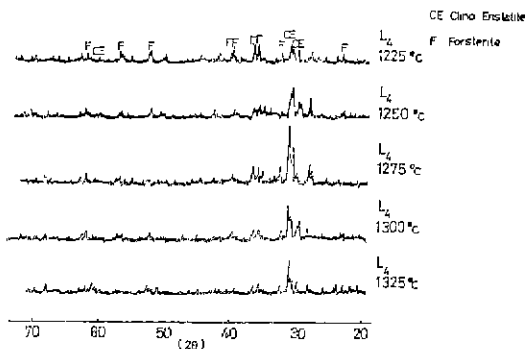
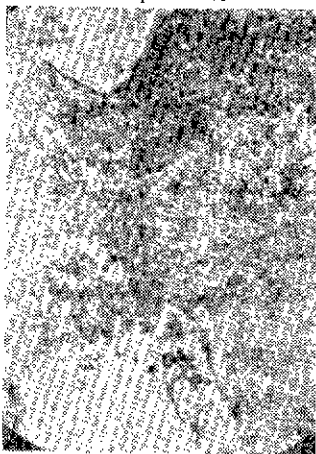
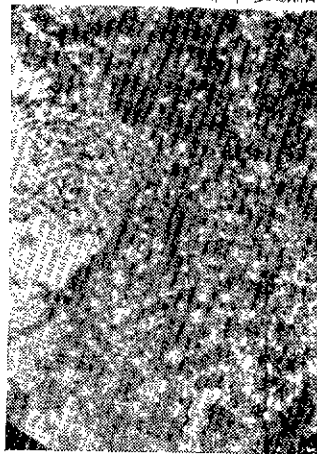


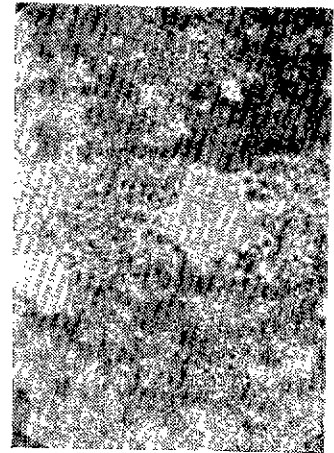
Fig. 7 X-Ray Diffraction Patterns of L<sub>4</sub> body VS. temperatures



L<sub>3</sub>-1225°C

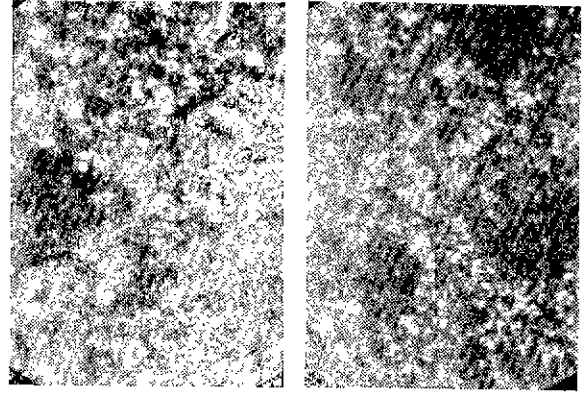


L<sub>3</sub>-1250°C



L<sub>3</sub>-1275°C

Fig. 8 Polarization Microphotographs of L<sub>3</sub> bodies VS. Temperatures



L<sub>3</sub>-1300°C

L<sub>3</sub>-1325°C

Fig. 9 Polarization Microphotographs of L<sub>3</sub> bodies VS. Temperatures

있는 것을 볼 수 있는데, 이것들이 強度에도 어떤 영향을 끼칠 것으로 보고 Fig. 10 에서와 같이 溫度에 따른 L<sub>4</sub> 組成의 變化를 觀察, 비교적 본 結果, glassy matrix 로 부터 結晶이 析出되면서 成長하여 緻密化되어 가는 과정은 같으나, L<sub>3</sub> 組成에서 凝集된 結晶이 L<sub>4</sub> 組成보다 약간 크고, 均一하게 分布되어 있음을 알 수 있었고, 따라서 이것이 強度에 상당히 좋은 영향을 미치는 것으로 生覺된다.

#### 4. 結 論

MgO-SiO<sub>2</sub> 系 磁器素地에 Kaolin 을 10% 固定 添加하고, 이 調合物에 대해 長石을 重量分率로 5% 添加한後, 여기에 石灰石을 全重量分率로 變化, 添加하였을 때의 實驗結果 및 考察로 부터 다음과 같은 結論을 얻

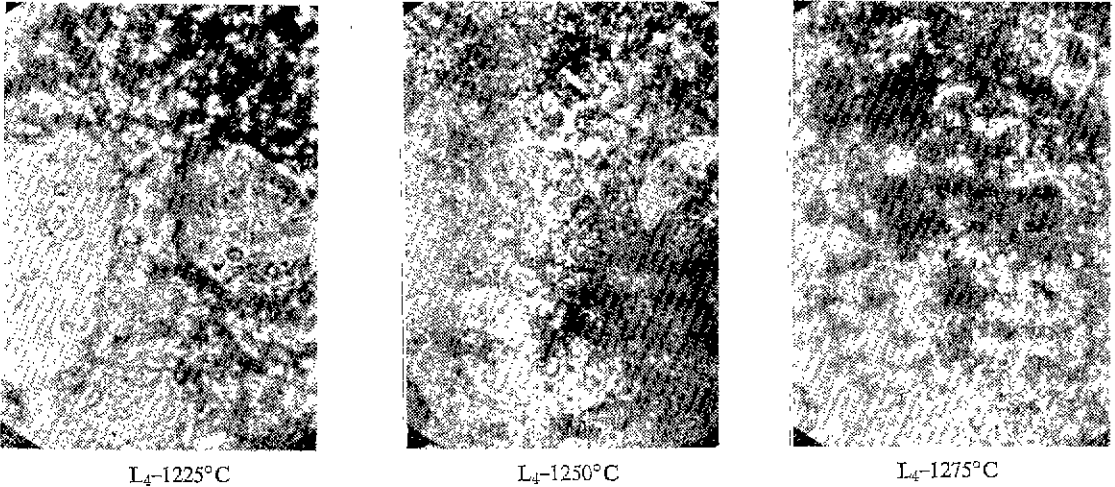


Fig. 10 Polarization Microphotographs of L<sub>4</sub> bodies VS. Temperatures

을 수 있다.

1) 石灰石을 添加함으로써 燒成溫度를 낮추는 效果를 잘 나타냈고, K. Wetzel의 學說과 부합되게 強度面에서 좋은 性질을 보여주었다. 強度에서 1275°C 以下の 溫度에서는 L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>가 좋았으나 全燒成溫度範圍에서는 L<sub>3</sub>가 完滿하게 좋은 性질을 나타내고 있다.

2) 건보기 부피比重으로 판단해 볼 때 1275°C 以下 溫度에서는 L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>가 다른 組成物보다 우수하나, 全燒成溫度範圍에서는 強度에서와 마찬가지로 L<sub>3</sub>가 緻密한 것으로 나타났다. 특히 1275°C에서의 L<sub>4</sub>와 1325°C에서의 L<sub>3</sub>를 比較해 볼 때, 1325°C에서의 L<sub>3</sub>가 더욱 緻密함을 볼 수 있다.

3) 微細構造分析으로 판단할 때, X線回折分析으로는 石灰石을 添加하지 않았을 때보다 Anorthite peak 의에는 거의 같은 主結晶相 peak를 나타내나, 偏光顯微鏡觀察下에서는 結晶으로 이루어진 것으로 보이는 凝集된 部分들이 나타남을 볼 수 있고, 溫度의 상승과 더불어 凝集의 크기가 成長하고 있으며, 이것이 強度에도 좋은 영향을 끼친다고 生覺된다.

4) 諸般 物性으로 부터, 1300°C~1325°C 溫度範圍에서 L<sub>3</sub>와 1275°C에서의 L<sub>4</sub>가 좋은 性질을 나타냈으나, 건보기 부피比重과 燒成溫度範圍를 考慮해 볼 때 1300°C~1325°C 範圍에서 L<sub>3</sub>가 가장 優秀하게 나타났다.

### 참 고 문 헌

1) C. W. Parmelee, G. H. Baldwin, "Talc as a body material" *Trans. Am. Ceram. Soc.*, **15**, 532-546 (1913)

2) R. L. Stone, J. L. Stone, "Physical Chemistry of firing Steatite ceramics." *J. Am. Ceram. Soc.*, **26** (10) 333-334 (1943)

3) 技報堂, "窯業工學 Hand book." Japan. 技報堂 (1964)

4) Louis, Nauias, "Advances in Ceramics related to electronic tube developments." *J. Am. Ceram. Soc.* **37** (8) 329 (1954)

5) 佐野資郎, 石井英一, 平井通弘, 杉浦正敏, "Forsterite 磁器의 諸性質에及ぼす Kaolin의 影響." *日窯協* **71** (12) 231 (1963)

6) Teruko Tsuji, "Ceramics for decorative purposes." Japan. PAT 6334 (1956)

7) Nippon Toki, "Manufacture of a White procelain body of high translucency and high strength." Japan. PAT 233, 440 (1972)

8) 佐野資郎, "透光性多結晶 magnesia 燒結體의 製造法." Japan. PAT 22921 (1971)

9) Banerjee M, Budworth D. W. "The preparation of transparent magnesia bodies II by sintering," *Trans. J. Brit. Ceram. Soc.*, **71** (2) 51-53 (1972)

10) E. S. Lee, C. K. Lee, "A study of the porcelain body of MgO-SiO<sub>2</sub> system." *J. Kor Ceram. Soc.*, **19** (2) 139-144 (1982)

11) G. Goodman, "Relation of microstructure to translucency of porcelain body." *J. Am. Ceram. Soc.*, **33** (2) 66-72 (1950)

12) E. Schramm, "The effect of potash and soda feldspars in china body," *J. Am. Ceram. Soc.*,

- 10 (12) 1005—1006 (1927)
- 13) E. S. Lee, C. K. Lee, "A study of the porcelain body of MgO-SiO<sub>2</sub> aystem II," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **20**(3)243-249(1983)
- 14) Emerson W. Emrich, Richard C. Hannon, "Talc as an auxiliary flux in plastically formed ceramics." *Am. Ceram. Soc. Bull.*, **43** (3) 186—190 (1964)
- 15) K. Wetzel, "Über den einfluß verschiedener zusatze auf die physikalischen eigenschaften des porzellans." *Ber. Deut. Keram. Gesell.*, **6** (1) 23—41 (1925)
- 16) 長島秀夫, "透光性多結晶 magnesia 質燒結體の製造法." Japan. PAT 16245 (1974)
- 17) E. S. Lee, K. Hamano, "Studies on the densification process of Kaolin-Feldspar bodies." *J. Jap. Ceram. Soc.*, **81** (1) 7—16 (1973)
- 18) K. Hamano, E. S. Lee, "Studies on the densification process of Kaolin-Quartz-Feldspar triaxial porcelain bodies." *J. Jap. Ceram. Soc.*, **81** (2) 64-76 (1973)
- 19) 窯協講座小委員會, "Ceramics の機械的性質," 日窯協 (1979)
- 20) F. Singer, "Sanitary vitreous China." *Trans. Brit. Ceram. Soc.*, **40** (4) 119—149 (1941)
- 21) B. E. Waye, M. Ashley, B. G bson, B. Hales, G. James. "On the vitrification and fired properties of an electrical porcelain body." *Trans Brit. Ceram. Soc.*, **62** (5) 421—441 (1963)
- 22) E. S. Lee, "Studies on the mechanical properties of porcelain bodies." *J. Kor. Ceram Soc.* **11** (3) 69—79 (1974)
- 23) K. Hamano, E. S. Lee, "The factors affecting the mechanical properties of porcelain bodies." *J. Jap. Mat. Soc.*, **1V** 475—483 (1972)
- 24) K. Hamano, E. S. Lee, "Studies on the mechanical properties of porcelain bodies." *Jap Tech. Bul.*, **108** (3) 95—111 (1972)
- 25) P. De Groote, "Untersuchung über temperaturwechselbeständige massen." *La ceramigue* **37** 209—215 (1934)
- 26) 杉沼正敏, 佐野資郎, 石井英一, 平井通雄. "Influence of excess magnesia on the properties of forsterite porcelain." **70** (3) 71 (1962)