

## 지르콘사기의 력학적특성에 미치는 소성조건의 영향

리성호, 박세옥, 채영숙

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《현시기 과학연구사업에서 나서는 중요한 문제는 우리 나라의 풍부한 자원을 합리적으로 리용할수 있는 연구사업을 강화하는것입니다.》(《김일성전집》 제27권 272페이지)

지르콘사기의 력학적세기에는 재료의 조성뿐아니라 소성조건도 큰 영향을 미친다. 일반적으로 사기가 소결이 잘되면 그것의 력학적세기도 높아지는데 소결정도는 소성온도나 유지시간과 같은 소성조건에 의하여 달라진다. 더우기 녹음물형성첨가제가 리용되는 조건에서 력학적세기에 미치는 소성조건의 영향이 매우 중요하다. 즉 소성온도나 유지시간을 너무 길게 하면 유리질량이 많아지므로 력학적세기는 오히려 낮아지게 된다.[1, 2]

우리는 지르콘사기의 력학적특성에 미치는 소성조건의 영향을 평가하여 최대구부림세기를 가지는 지르콘사기의 소성조건을 확정하였다.

### 1. 기계물리적특성량의 측정방법

구부림세기 시편의 구부림세기는 3점구부림법으로 측정하여 다음식으로 계산하였다.

$$\sigma_T = \frac{3pl}{2b \cdot d^2}$$

여기서  $b$ 는 시편의 너비(mm),  $d$ 는 시편의 두께(mm),  $l$ 은 받침점사이의 거리(mm),  $p$ 는 파괴되는 순간 힘의 크기(N)이다.

물리적성질 시편의 겉보기밀도와 기공률은 국규 《494-69》에 따라 측정하였으며 이때 계산식은 다음과 같다.

$$\rho = \frac{G_1 \cdot \rho_{\text{액}}}{G_2 - G_3}$$

$$B_{\text{기}} = \frac{G_2 - G_1}{G_2 - G_3} \times 100$$

여기서  $\rho$ 는 겉보기밀도( $\text{g/cm}^3$ ),  $B_{\text{기}}$ 는 기공률(%),  $G_1$ 은 공기속에서 건조한 시편의 질량(g),  $G_2$ 는 물로 포화시킨 시편의 공기속에서의 질량(g),  $G_3$ 은 물속에서 시편의 질량(g),  $\rho_{\text{액}}$ 은 물의 밀도( $\text{g/cm}^3$ )이다.

### 2. 지르콘광의 소결특성

지르콘에서 불순물을 제거하고  $3\mu\text{m}$ 이하로 분쇄한 다음 3% 폴리비닐알콜용액을 7% 첨가하여 직경 20mm, 높이 10mm인 시편을 만들었다.

소결은 일정한 온도에서 고체립자들사이에 결합이 이루어지는 과정으로서 립자들의 치밀화과정으로 나타난다. 즉 소결은 다공성고체물질의 수축으로 표현되며 이때 기공률은 작아지고 반대로 결보기밀도는 커진다. 따라서 소결정도는 기공률과 결보기밀도의 변화로 특징짓는다.

소성온도에 따르는 지르콘광의 기공률과 결보기밀도의 변화는 표 1과 같다. 이때 성형 압력은 45MPa이며 유지시간은 1h이다.

표 1에서 보는바와 같이 소성온도가 높아짐에 따라 기공률은 작아지고 결보기밀도는 커지는데 지르콘광은 1 600℃에서 충분히 소결된다. 따라서 지르콘광의 소결온도가 높으므로 온도를 낮추어야 한다.

표 1. 소성온도에 따르는 지르콘광의 기공률과 결보기밀도의 변화

소성 온도/℃	1 200	1 300	1 400	1 500	1 600
기 공률/%	16.8	15.3	14.5	4.90	0.80
결 보기밀도/(g · cm <sup>-3</sup> )	3.17	3.28	3.42	3.61	3.66

### 3. 지르콘사기의 력학적특성

소성온도의 영향 소성 온도에 따르는 지르콘사기의 력학적특성변화는 표 2와 같다. 이때 유지시간은 40min이며 지르콘광 : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : MgO는 70 : 20 : 10(질량비)이다.

표 2. 소성온도에 따르는 지르콘사기의 력학적특성변화

소성 온도/℃	1 200	1 250	1 300	1 350	1 400	1 450	1 500
기 공률/%	8.0	4.5	1.8	0.5	0.9	1.2	1.5
결 보기밀도/(g · cm <sup>-3</sup> )	3.34	3.45	3.56	3.63	3.60	3.54	3.48
구부림세기/MPa	124	165	193	207	200	194	164

표 2에서 보는바와 같이 소성온도가 높아짐에 따라 구부림세기와 결보기밀도가 커지다가 1 350℃에서 구부림세기 207MPa, 결보기밀도 3.63g/cm<sup>3</sup>로서 제일 크고 그 이상에서는 다시 작아진다. 이것은 1 350℃이하에서는 지르콘립자들과 결합제들이 충분히 녹지 않으며 반대로 1 400℃이상에서는 액상이 지나치게 많이 형성되어 끓으면서 용융물안에 기포가 생기는것과 같은 파소현상이 일어나면서 력학적특성을 약화시키기때문이라고 볼수 있다. 따라서 합리적인 소성온도는 1 350℃이다.

표 3. 유지시간에 따르는 지르콘사기의 력학적특성변화

유지 시간/min	20	30	40	50	60
기 공률/%	8.6	4.0	0.9	1.8	3.0
결 보기밀도/(g · cm <sup>-3</sup> )	3.30	3.45	3.63	3.58	3.55
구부림세기/MPa	154	180	207	190	185

유지시간의 영향 유지시간에 따르는 지르콘사기의 력학적특성변화는 표 3과 같다.

표 3에서 보는바와 같이 유지시간이 너무 짧으면 소결이 충분히 일어나지 않고 너무 길면 파소현상이 일어나 역효과를 가져온다. 또한 전기도 많이 소비되므로 경제적으로도 좋지 못하다. 그러므로 합리적인 유지시간은 40min이다.

## 맺 는 말

지르콘만으로 된 시편의 소결은 1 600°C이상에서 완성된다.

MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>복합첨가제를 리용하는 경우 지르콘사기의 소결온도는 1 350°C이고 유지시간은 40min이다.

## 참 고 문 헌

[1] Zhu Qingshan et al.; Solide State Ionics, 176, 889, 2005.

[2] K. Takech; Dental. Mater. J., 29, 3, 316, 2010.

주체104(2015)년 4월 5일 원고접수

### Effect of Calcination Conditions on Mechanical Characteristics of Zircon Ceramics

*Ri Song Ho, Pak Se Ok and Chae Yong Suk*

When a sample is made of only zircon, its sintering temperature is more than 1 600°C.

When MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> complex additive is used, the sintering temperature of zircon ceramics is 1 350°C and holding time is 40min.

Key words: zircon ceramics, sintering