

## MATLAB응용프로그램에 의한 립방질화붕소 소결체의 상분포결정

리영섭, 채석철

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《기계공학, 금속공학, 열공학, 재료공학을 비롯한 중요부문 기술공학들을 빨리 발전 시키고 그 성과를 여러 경제부문에 적극 받아들여야 합니다.》(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 40페이지)

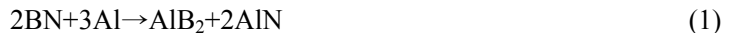
립방질화붕소(cBN)소결체의 파괴인성[1]은 소결체를 이루는 cBN결정알갱이의 평균크기에 관계되며 cBN소결체의 굳기[2]는 소결체의 상조성에 관계된다. 선행연구[3]에서는 알루미늄소결체의 경우에 균열비표면에너지가 분산상알갱이들사이의 거리에 대한 알갱이크기의 비가 커짐에 따라 증가한다는것을 밝혔다. 또한 전자분산미시분석기(EDS)분석 사진에 의하여 소결체상들의 배치상태를 고찰[4]하였으며 소결체의 SEM사진[5]을 통하여 상배치에서의 균일성을 정성적으로 분석하였다.

논문에서는 소결체의 SEM사진에서 분산상알갱이의 평균크기와 크기분포특성을 MATLAB응용프로그램의 화상처리기능을 리용하여 구하는 방법을 고찰하였다.

MATLAB응용프로그램의 화상처리기능을 리용하여 cBN소결체의 SEM사진자료를 정확히 분석하자면 cBN상과 결합상사이의 경계를 정확히 설정하여야 한다.

먼저 cBN소결체의 표면에서 cBN상의 면적비를 결정하였다.

소결체의 출발조성은 cBN과 15체적%Al이며 소결반응식은 다음과 같다.



반응에 참가한 반응물들의 체적, 밀도, 분자량들을  $V$ ,  $\rho$ ,  $\mu$  라고 표시하면 소결반응결과 소비된 cBN과 생성된 AlN, AlB<sub>2</sub>들의 체적은 다음과 같다.

$$\left. \begin{aligned} V_{\text{cBN}} &= \frac{2\mu_{\text{cBN}}}{3\mu_{\text{Al}}} \frac{\rho_{\text{Al}}}{\rho_{\text{cBN}}} V_{\text{Al}} \\ V_{\text{AlN}} &= \frac{2\mu_{\text{AlN}}}{3\mu_{\text{Al}}} \frac{\rho_{\text{Al}}}{\rho_{\text{AlN}}} V_{\text{Al}} \\ V_{\text{AlB}_2} &= \frac{\mu_{\text{AlB}_2}}{3\mu_{\text{Al}}} \frac{\rho_{\text{Al}}}{\rho_{\text{AlB}_2}} V_{\text{Al}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

이때 소결체에서 cBN상의 체적비  $\gamma_V$  는 다음과 같이 계산된다.

$$\gamma_V = \frac{V_{\text{cBN}}^0 - V_{\text{cBN}}}{V_{\text{cBN}}^0 - V_{\text{cBN}} + V_{\text{AlN}} + V_{\text{AlB}_2}} \quad (3)$$

여기서  $V_{\text{cBN}}^0$  은 소결반응하기 전 초기상태에서 cBN의 체적이다.

cBN+15체적%Al소결체에서  $V_{cBN}^0 = 85$ ,  $V_{Al} = 15$  이므로 소결반응후 cBN상의 체적비는 81.21% 이다.

소결체의 표면에서 cBN상의 면적비를  $\gamma_s$  라고 하면 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\gamma_s = (\gamma_v)^{2/3} \quad (4)$$

cBN+15체적%Al소결체의 경우에  $\gamma_s = 87.04\%$  이다.

다음으로 cBN상과 결합상사이의 밝기경계를 결정하였다.

cBN+15체적%Al소결체의 SEM사진과 밝기반전사진은 그림 1과 같다.

그림 1의 ㄱ)에서 보는바와 같이 어두운 부분은 cBN알갱이이고 보다 밝은 부분은 결합상구역이다. MATLAB화상처리기능으로 cBN소결체의 SEM사진을 해석하자면 밝기반전을 하여야 한다.

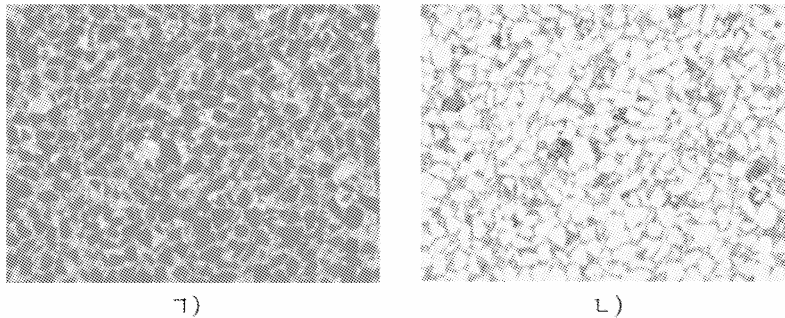


그림 1. cBN+15체적%Al소결체의 SEM사진(ㄱ))과 밝기반전사진(ㄴ))

cBN+15체적%Al소결체의 SEM사진으로부터 구한 화소밝기지수와 면적비사이의 관계는 그림 2와 같다.

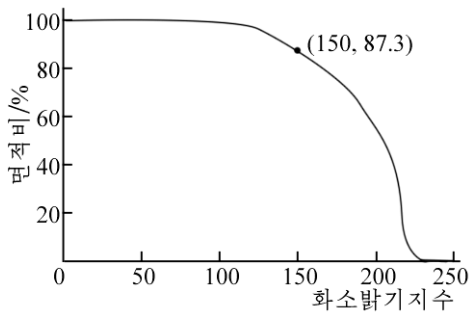


그림 2. 화소밝기지수와 면적비사이관계

그림 2에서 보는바와 같이 cBN상과 결합상사이의 경계를 주는 87.3%의 면적비에 해당하는 화소밝기지수는 150이다. 이로부터 150이상의 밝기지수를 가진 화소들은 cBN상이라고 보고 그 이하는 결합상이라고 보았다.

cBN알갱이의 평균크기와 평균2제곱편차를 구하는 계산알고리즘은 다음과 같다.

① 분석하려는 밝기반전사진을 입력한다.

② 밝기지수가 150이상인 화소들의 밝기지수를 200, 그 이하인 화소들의 밝기지수를 10으로 하여 2진수화상을 얻는다.

밝기지수가 200인 화소구역에서 매개 렬의 길이와 렬들의 개수를 구한 다음 이 구역의 총 화소개수를 렬의 개수로 나누고 1개 화소의 실제길이를 곱하면 개별적인 cBN알갱이의 특성길이 구해진다. 이런 방법으로 SEM사진에 있는 모든 cBN알갱이들의 특성길이들을 구한다.

③ 구해진 cBN알갱이들의 특성길이자료로부터 평균크기와 평균2제곱편차를 구한다.

다음으로 이 계산알고리즘으로부터 cBN의 립도가  $10\mu m$ 이고 체적비가 85 : 15인 cBN-Al소결체의 SEM사진(그림 2)에 대한 계산을 진행하였다.

cBN+15체적%Al소결체의 cBN알갱이의 크기 분포는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 cBN소결체에서 cBN알갱이의 크기분포는 거의 정규분포에 따른다. cBN알갱이의 평균크기는  $8.56\mu\text{m}$ 이고 평균2제곱편차가  $1.82\mu\text{m}$ 이다.

맺는 말

MATLAB응용프로그램의 화상처리기능을 리용하여 cBN소결체의 SEM사진으로부터 cBN알갱이의 평균크기와 평균2제곱편차를 구할수 있는 방법을 고찰하였다.

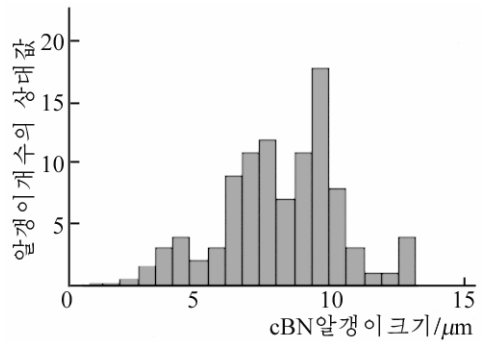


그림 3. cBN+15체적%Al소결체의 cBN알갱이의 크기 분포

## 참고 문헌

- [1] D. Meiss et al.; Materials Science and Engineering, A 209, 270, 1996.
- [2] X. Z. Rong et al.; Diamond and Related Materials, 11, 280, 2002.
- [3] M. J. Jaap et al.; A General Introduction to Fracture Mechanics and Mechanical Strength of Materials, Philips Electronics, 59~60, 1998.
- [4] P. F. Wang et al.; Solid State Sciences, 13, 1041, 2011.
- [5] L. Liu et al.; International Conference of Electrical, Automation and Mechanical Engineering, Atlantis Press, 286~288, 2015.

주체106(2017)년 6월 5일 원고접수

## On Phase Distribution Determination of cBN Compact by MATLAB Program

*Ri Yong Sop, Chae Sok Chol*

We analyzed the method to find the mean particle size and mean square deviation of cBN particles in a scanning electron microscope(SEM) of cBN compact by using image tools of MATLAB program.

Key words: cBN, phase distribution, compact