

립방질화붕소소결체에서 결합제의 체적비에 대한 연구

리영섭, 리창남

립방질화붕소(cBN)소결체제조에서는 cBN분말의 립도에 따라서 결합제의 체적비가 정해진다. cBN의 립도가 $1\sim 2\mu\text{m}$ 인 경우[1, 2]에는 결합제의 체적을 40~50%로 선택하며 $5\sim 10\mu\text{m}$ 인 경우[4]에는 10~15%로 선택한다.

이와 같이 cBN분말립도에 따라 결합제의 체적비를 선택하는것이 합리적이라는데 대해서는 실험적으로 고찰되었지만 그 원인에 대해서는 구체적으로 밝혀진것이 없다.

논문에서는 립방질화붕소소결체에서 결합제체적비의 립도의존성을 고찰하였다.

cBN소결체의 파괴는 소결체속에 반드시 포함되어있는 균열끝에서 발생하는 응력집중에 의하여 일어나며 소결체의 파괴를 일으키는 균열전파가 가능한 곳은 cBN결정알갱이와 결합제사이의 경계구역이다.[3]

주어진 파괴인성을 가진 cBN소결체의 cBN알갱이크기를 D_0 , cBN상의 체적비를 k_v^0 (결합제의 체적비는 $1-k_v^0$), 립방체형소결체의 한변의 길이를 a 라고 하자.

동일한 파괴인성을 가지면서 cBN알갱이의 크기가 D 인 소결체의 cBN상의 체적비 k_v 를 다음과 같이 구하였다.

cBN알갱이의 개수는 다음과 같다.

$$n = \frac{6a^3k_v}{\pi D^3} \quad (1)$$

cBN소결체에 있는 cBN알갱이들의 전체 면적은 다음과 같다.

$$S = n \cdot \pi D^2 \quad (2)$$

결합제의 단위체적에 해당하는 상계면적밀도는 다음과 같다.

$$\frac{S}{a^3(1-k_v)} = \frac{6k_v}{D(1-k_v)} \quad (3)$$

cBN알갱이크기가 다르지만 파괴인성이 같은 소결체들사이에 다음의 식이 성립한다.

$$\frac{6k_v^0}{D_0(1-k_v^0)} = \frac{6k_v}{D(1-k_v)} \quad (4)$$

따라서 cBN알갱이의 크기에 따르는 체적비의 의존성에 대한 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$k_v = \frac{k_v^0 D}{D_0 + (D - D_0) \cdot k_v^0} \quad (5)$$

식 (5)로부터 주어진 인성값을 가지는 cBN소결체에서 cBN알갱이의 크기에 따르는 cBN상의 체적비는 그림 1과 같다.

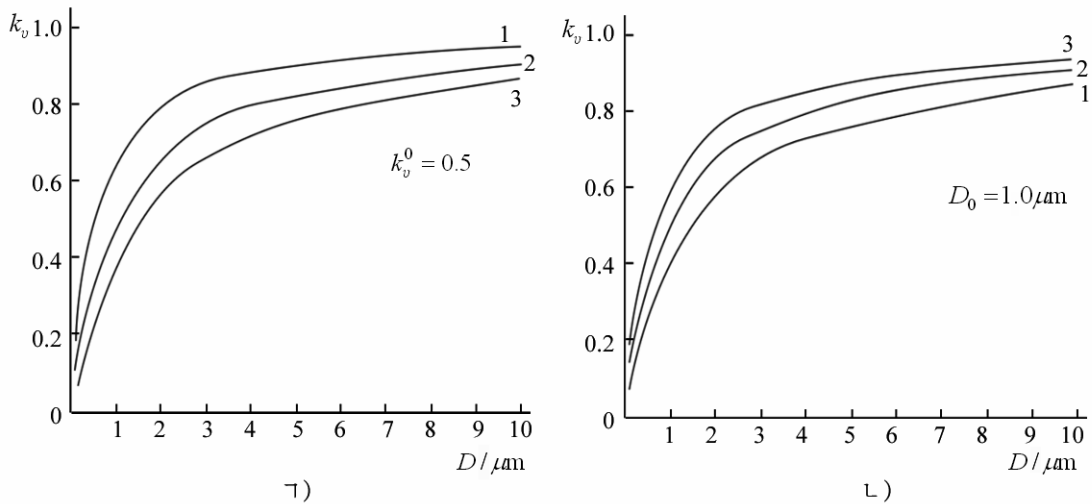


그림 1. 주어진 인성값을 가지는 cBN소결체에서 cBN알갱이의 크기에 따르는 cBN상의 체적비

ㄱ) k_v^0 이 일정한 경우(1-3은 D_0 이 각각 0.5, 1.0, 1.5 μm),
 ㄴ) D_0 이 일정한 경우(1-3은 k_v^0 이 각각 0.4, 0.5, 0.6)

그림 1로부터 식 (5)가 cBN소결체제조에서 cBN분말의 크기가 1~2 μm 정도일 때 cBN상의 체적비는 50~60%이며 cBN알갱이의 크기가 5~10 μm 정도일 때 cBN상의 체적비는 80~90%범위에서 변한다는 실험적사실[1, 2]을 만족시킨다는것을 알수 있다.

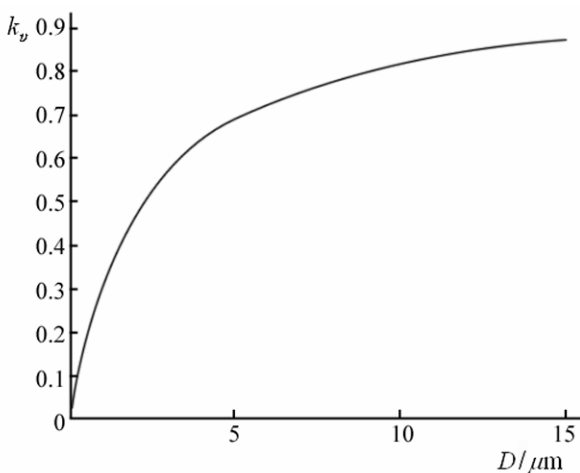
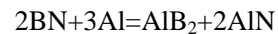


그림 2. 각이한 립도에 따르는 체적비

파괴인성값이 $7.5\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 인 cBN-Al 소결체[1]($D_0=9.8\mu\text{m}$, $k_v^0=0.812$)와 똑같은 특성을 가진 소결체를 얻기 위하여 각이한 립도에 따르는 체적비를 고찰하였다.(그림 2)

그림 2에서 보는바와 같이 cBN상의 크기가 5 μm 인 소결체를 합성하려고 하는 경우에 cBN상의 체적비는 0.69이다.

반응식



으로부터 AlB_2+2AlN 조성의 결합체가 40.38cm^3 생기자면 cBN이 14.26cm^3 , Al이 33.31cm^3 소비되어야 한다. 소결체의 cBN 체적이 40.38cm^3 일 때 cBN상의 체적은

90.21cm^3 로 되어야 한다.

반응과정에 소비되는 cBN을 고려하면 반응소결을 위한 반응물의 체적비는 cBN : Al=104.47 : 33.31=76 : 24로 되어야 한다.

cBN의 립도가 크면 cBN알갱이들사이를 차지한 Al의 체적이 커지기때문에 소결시간이 길어진다. 소결시간을 작게 하자면 BN알갱이들사이를 차지한 Al의 체적이 작아야 한다.

Al의 체적을 작게 하기 위하여 즉 결합제 형성시간을 작게 하기 위하여 보다 크기가 훨씬 작은 wBN을 함께 사용하여 반응면적을 크게 하였다. 그리하여 cBN-Al소결체의 출발조성을 표와 같이 선택하고 소결을 진행하였다.

얻어진 cBN소결체의 파괴인성값 $7.6 \pm 0.2(\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2})$ 은 결합제의 체적비에 대한 견해가 실험과 잘 일치한다는것을 보여준다.

표. cBN-Al소결체의 출발조성

	분말립도/ μm	체적비/%	질량비/%
cBN	5	70	74
wBN	0.5	6	6
Al	2	24	20

맺 는 말

cBN소결체의 파괴인성이 상계면적밀도에 비례한다는 사실에 기초하여 기하학적인 미시구조지수들을 리용하여 결합제의 체적비를 선택하는 방법을 밝혔다.

참 고 문 헌

- [1] 리영섭 등; 금속, 1, 11, 주체101(2012).
- [2] T. K. Harris et al.; International Journal of Refractory Metals & Hard Materials, 22, 105, 2004.
- [3] P. F. Wang et al.; Solid State Sciences, 13, 1041, 2011.
- [4] L. Li et al.; Ceramics International, 44, 16915, 2018.

주체108(2019)년 6월 5일 원고접수

Study on the Volume Fraction of Binder in the cBN Sintering Body

Ri Yong Sop, Ri Chang Nam

In this paper we have investigated the dependence of the volume fraction of the cBN binder on cBN particle size in cBN sintering body with a given fracture toughness.

Key words: cBN, sintering