

급속 소결 공정에 의한 WC 제조 및 기계적 성질 (Fabrication of WC Hard Materials by Rapid Sintering Process and its Mechanical Propertie)

전북대학교 김환철*, 오동영, 손인진

1. Introduction

WC계 초경재료는 높은 경도, 우수한 마모저항성, 낮은 열팽창계수 등의 우수한 특성으로 가공용 공구, 내마모 부품 및 금형 소재 등으로 널리 사용되고 있다. WC는 고용점 재료이므로 소결이 어려워서 일반적으로 Co 등의 금속결합제나 다른 카바이드(TiC, Mo₂C 등)를 첨가하여 소결을 이용하여 제조하고 있다. 그러나 결합제로 첨가된 Co 때문에 초경재료는 부식 및 산화 저항성과 경도가 낮아진다 또한 TiC를 첨가하였을 경우 경도는 비슷하나 인성이 현저하게 저하된다. 또한 WC/TiC 근처의 계면에서 탄소의 편석에 의해 유발되는 pull out으로 인해 파괴 저항성 및 내마모성이 저하된다. 따라서 본 연구에서는 결합제가 첨가되지 않은 치밀한 나노상의 WC를 고주파 유도가열법과 스파크 플라즈마 소결법을 이용하여 제조하였고, 그 기계적인 특성을 평가하였다.

2. Experimental procedure

본 연구에서는 대한중석초경에서 제조된 WC(순도 99.95%, 0.4~4.3 μ m)를 사용하였다. 분말 15g을 흑연 다이(높이 40mm, 외경 45mm, 내경 20mm)에 충전하여 고주파 유도가열 장치 및 스파크 플라즈마 소결장치의 실린더 내부에 장착하고 약 40mtorr의 진공분위기로 만든다(1단계). 기공이 없이 치밀한 최종생성물을 얻기 위하여 10MPa/sec의 속도로 60MPa의 압력을 가한다(2단계). 일정한 펄스된 직류 전류 또는 고주파 유도전류를 흑연 다이와 시편에 가하여 일정한 가열속도로 가열하면서 디지털 광온도계로 흑연 다이의 표면온도를 측정한다. 이때 변위 측정 자기센서(LVDT)의 길이변화를 관찰하면서 치밀화가 이루어질 때까지 펄스된 전류 또는 고주파전류를 가한다(3단계). 마지막 단계로 시편을 일정한 냉각속도로 상온까지 냉각한다(4단계).

제조한 WC 초경재료의 상대밀도는 아르키메데스법으로 측정하고, X-ray 회절시험을 이용하여 분말과 소결상을 관찰하였다. 생성물의 기계적 성질은 비커스 경도와 그 때 발생하는 크랙의 길이를 조사하여 파괴인성값을 계산하였다. 연마한 시편은 Murakami 용액으로 수 분 동안 에칭하여 주사전자현미경으로 시편의 미세조직을 관찰하고, 선형분석법을 이용하여 결정립 크기를 측정하였다.

3. Summary

- 1) 고주파 유도가열법과 스파크 플라즈마 소결법을 이용하여 여러 크기의 바인더를 첨가하지 않은 WC 분말에 60MPa의 압력과 2800A의 전류 또는 80%의 고주파 출력을 가하여 상대밀도가 98%인 초경재료를 3분 이내의 시간에 제조하였다.
- 2) 일정한 압력하에서 가해진 전류 또는 고주파 출력이 증가할수록 생성물의 상대밀도는 증가하였다. 또한 초기입자의 크기가 증가할수록 소결에 필요한 시간은 증가하였으며, 상대밀도는 감소하였다.
- 3) 소결한 WC 초경합금의 경도와 파괴인성은 고주파 유도가열법으로 제조한 경우 각각 2740kg/mm², 7.1 MPam^{1/2} 이었고, 스파크 플라즈마 소결법으로 제조한 경우 각각 2480kg/mm², 6.6 MPam^{1/2} 이었다.

Table 1. Physical and mechanical properties of binderless WC hard materials sintered by SPS.

Initial Particle size (μm)	Current (A)	Relative Density (%)	HV (kg/mm^2)	KIC ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)
0.4	2000	69.1	-	-
	2300	77.3	832	-
	2500	95.0	2332	7.2
	2800	97.6	2480	6.6
1.3	2800	93.0	2181	5.8
2.4	2800	84.0	1040	-
4.3	2800	80.0	800	-

Table 2. Physical and mechanical properties of binderless WC hard materials sintered by HFHS.

Initial Particle size (μm)	Output (%)	Relative Density (%)	HV (kg/mm^2)	KIC ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)
0.4	60	86.2	956	-
	70	88.6	1243	-
	80	96.9	2332	7.2
	90	98.5	2480	6.6
1.3	90	97.5	2055	7.1
2.4	90	87.2	-	-
4.3	90	85.4	-	-

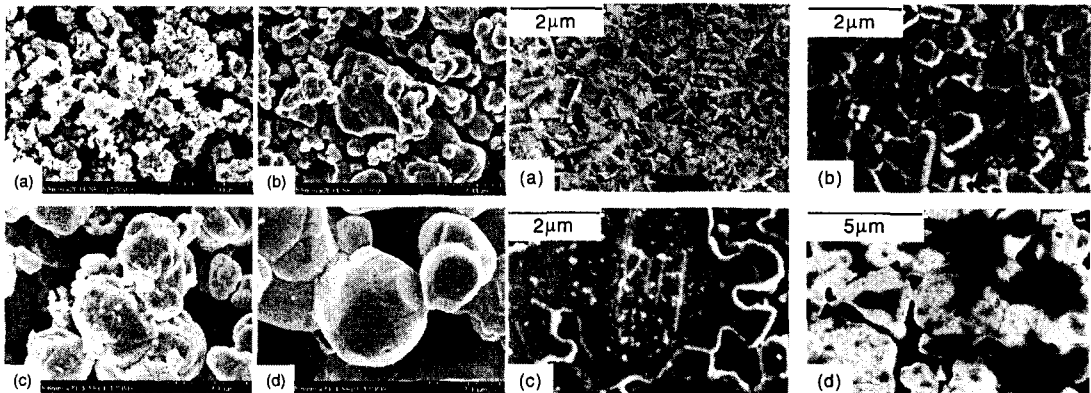


Fig. 1. SEM image of WC hard materials with various size (a) $0.4\mu\text{m}$, (b) $1.3\mu\text{m}$, (c) $2.4\mu\text{m}$, (d) $4.3\mu\text{m}$.