

급속소결공정에 의해 제조된 WC-8Co와 WC-8Ni 초경재료의 소결거동 및 기계적 특성 비교

Comparison of Sintering Behavior and Mechanical Properties between WC-8Co and WC-8Ni Hard Materials Produced by Rapid Sintering Process

전북대학교 김환철*, 정인균, 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. WC-Ni 초경재료는 WC-Co 계 합금에 비해 경도가 조금 낮으나, WC-Ni 계 합금 고유의 특성인 비자성, 내식, 내열, 내산화성 등으로 인하여 성형 다이 및 공구 등에 사용될 수 있는 가능성이 많다. 또한 코발트보다 니켈의 값이 싸기 때문에 제조 원가를 낮출 수 있다는 장점을 가지고 있다. 하지만 WC-Ni 재료는 WC와 Ni의 젖음성이 좋지 못하기 때문에, 기존의 소결방법으로 소결체의 제조시 상대밀도가 낮은 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 새로운 급속소결방법인 고주파유도가열 소결법을 이용하여 제조된 WC-8Co와 WC-8Ni 초경재료의 소결 거동과 기계적 특성을 비교하고자 하였다.

2. Experimental procedure

본 연구에서는 (주)TeaguTec에서 제조된 WC (순도 99.95%, ~0.4 μ m)를 사용하였다. WC-Co 분말은 (주)NanoTech에서 Mechno-chemical 방법으로 제조된 분말을 as-received 상태로 사용하였으며, WC-Ni 분말은 (주)TeaguTec에서 제조한 WC 분말과 Inframat Advanced Materials Co.사에서 제조한 Ni 분말을 습식 볼밀링(ball milling)하여 제조하였다. 볼밀링은 에탄올을 용매로 사용하고 초경볼과 분말을 6:1의 비율로 혼합하여 슬러리(slurry)를 만든 후 24시간동안 습식 볼밀링 하였다. 볼밀링이 완료된 슬러리 상태의 시료는 60 $^{\circ}$ C에서 8시간 동안 진공건조 하였다. 제조된 분말 15g을 흑연 다이(높이 40mm, 외경 45mm, 내경 20mm)에 충전하여 고주파유도가열 장치의 실린더 내부에 장착하고 약 40mtorr의 진공분위기로 만든다(1단계). 기공이 없이 치밀한 최종생성물을 얻기 위하여 10MPa/sec의 속도로 60MPa의 압력을 가한다(2단계). 일정한 고주파 유도전류를 흑연 다이와 시편에 가하여 일정한 가열속도로 가열하면서 디지털 광온도계로 흑연 다이의 표면온도를 측정한다. 이때 변위측정 자기센서(LVDT)의 길이변화를 관찰하면서 치밀화가 이루어질 때까지 펄스된 전류 또는 고주파전류를 가한다(3단계). 마지막 단계로 시편을 일정한 냉각속도로 상온까지 냉각한다(4단계).

제조한 WC-Co 및 WC-Ni계 초경재료의 상대밀도는 아르키메데스법으로 측정하고, X선 회절시험을 이용하여 분말과 소결상을 관찰하였다. 생성물의 기계적 성질은 비커스 경도와 그때 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

새로운 급속소결방법인 고주파유도가열 소결법을 이용하여 WC-8Co 및 WC-8Ni 분말에 60MPa의 압력과 90%의 고주파 출력을 가하여 상대밀도가 98.5% 이상인 초경재료를 2분 이내의 시간에 제조하였다. 생성된 WC-Co 및 WC-Ni 초경합금의 WC 결정립 크기는 각각 330 및 300nm로 측정되었으며, 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다.

고주파유도가열법으로 소결된 WC-8Co 및 WC-8Ni 초경합금의 경도와 파괴인성은 각각 1945kg/mm² 과 13.3MPa·m^{1/2} 및 1948kg/mm² 과 13.0MPa·m^{1/2} 이었다. 그 결과와 다른 참고문헌에서의 실험결과를 비교하여 Table 1에 표시하였다.

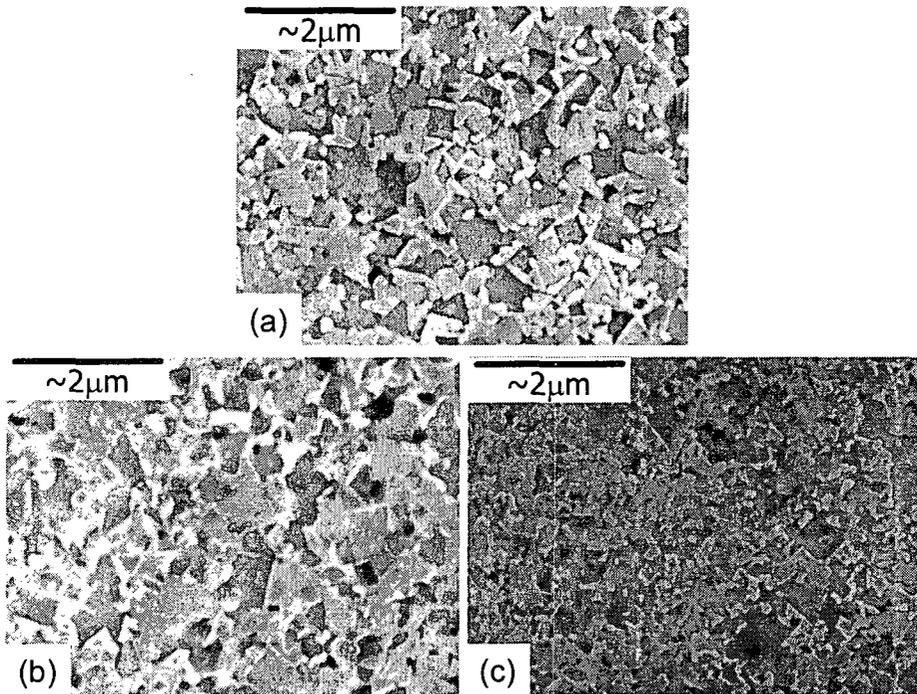


Fig.1. Scanning Electron Microscope image of WC system hard materials by HFIHS: (a) WC, (b) WC-8Co, and (c) WC-8Ni.

Table 1. Comparison of mechanical properties of WC, WC-Co and WC-Ni sintered in this study with previously reported values.

	Binder content (wt%)	Relative density (%)	Grain size (μm)	Hv (kg/mm^2)	K_{IC} ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)
Ref.	10 Co	99.5	1.9	1333	13.5
	9.6Ni-0.4Co	99.5	1.8	1180	12.5
	94WC-6Mo ₂ C	-	0.25	2400	8.4
	94.6WC-3TiC-2TaC-0.2Cr ₃ C ₂ -0.2VC	-	0.6	2300	7.9
	WC-2.9Co	98.3	0.94	2014	6.5
This work	Binderless	98.5	0.38	2854	7.1
	8 Co	99.2	0.33	1945	13.3
	8 Ni	98.5	0.30	1948	13.0