

초경합금을 기지로 한 다이아몬드 소결·접합체의 특성에 대한 연구(I)
A Study on the characteristics of diamond-sintered bodies reinforced
by WC-Co matrix using sinter-bonding process(I)

선주현***, 김종현*, 김동식*, 허강일*, 신승용*, 고명완*, 홍주화**

* 한국생산기술연구원

** 충북대학교 재료공학과

1. 서 론

현재 PCD(Polycrystalline Diamond) 제조방법은 소결시 Diamond의 흑연화를 방지하기 위해 다이아몬드 안정영역인 5~7GPa, 1400~1900℃의 초고온·고압법으로 제조되고 있다. 따라서 제조단가가 매우 높을 뿐 아니라 다이아몬드의 직접결합으로 인해 가공이 어려우며, 초경 기지층간의 열팽창계수 차이로 인한 열응력 문제를 내재하고 있다.

최근 저온·저압 하에서 PCD를 제조하는 방법의 일환으로 소결시 Diamond의 흑연화를 최소화하는 범위에서 방전소결접합법을 이용한 저Cost PCD 제조 방법이 제안되었다.¹⁾

한편 PCD제품은 초경합금으로된 하부 기지층 위에 약 0.5mm 두께로, Diamond와 소결조제가 함유된 PCD층으로 구성되어있다.

따라서 본 연구에서는 우선 PCD층의 Matrix인 WC-1wt%Co층과, 기지층인 WC-5wt%Co층을 소결·접합하여 소결 및 층간접합특성을 조사한 후에 최종적으로 Diamond 혼입에 따른 Diamond의 흑연화 정도, 기지층과 PCD층간의 열응력 및 접합특성을 규명하고, 제품화 가능성을 검토하고자 한다.

2. 실험방법

소결·접합시편의 형상 및 치수와 조성을 Fig.1에 나타내었다. 상부층은 Diamond를 혼입하지 않은 Matrix재로서 조성은 WC-1wt%Co이고, 하부기지층은 WC-5wt%Co층으로 설계되었다.

소결접합실험시 상부 및 하부층의 각각의 밀도를 구하기 위해서 각층 사이에 이형재로서 Carbon Sheet를 삽입하였다.

방전소결·접합조건은 Table.1에 나타낸 바와 같이 최종소결온도는 1200℃, 가압하중은 80MPa, Holding Time은 5min으로 고정하고, 소결·접합인자로서 초기급가열승온단계와 Pre-Holding단계가 포함된 열싸이클(Fig.3)과 ON-OFF DC Pulse형태(Fig.2)의 변화에 따라 6종류의 시편을 제작하였고, 각층의 밀도, 경도, 소결조직, 접합계면조직 등을 측정 및 관찰하였다.

또한 다이아몬드를 혼입한 경우 소결·접합조건에 따른 흑연화 정도에 대해서도 조사할 예정이다.

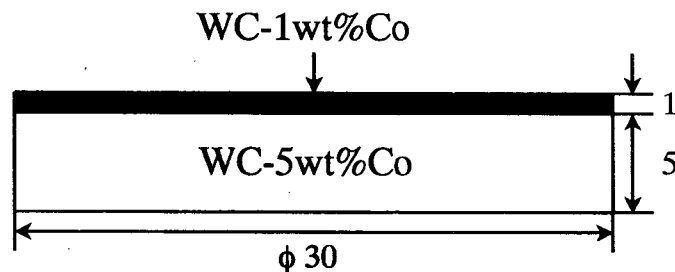


Fig.1 Schematic Illustration of PCD Structure

Table.1 Sintering Condition of SPS Process

		A	B	C	D	E	F
I 초기급가열 승온단계 · 승온속도 : 200°C/min	400°C	○	○	○	○		
	800°C					○	○
II Pre-Holding 단계 · 1050°C Holding · 60MPa, 10min	유			○	○	○	○
	무	○	○				
ON-OFF DC Pulse형태	12 : 2	○		○		○	
	1 : 1		○		○		○

* 최종소결온도 : 1200°C, H.T. : 5min, 소결압력 : 80MPa



Fig.2 ON-OFF DC Pulse Type of SPS Process

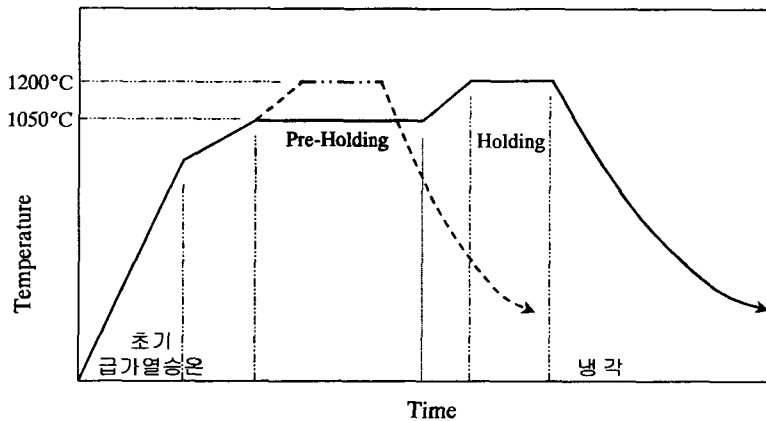


Fig.3 Heat Cycle of SPS Process

3. 결과 및 고찰

초기급가열단계, Pre-Holding단계, ON-OFF DC Pulse의 변화에 따른 소결·접합특성을 조사한 결과를 Table.2에 나타내었다. 초기급가열단계(200°C/min)에서는 온도가 400°C(A)보다 800°C(C)까지 급가열 하는 것이 밀도, 경도를 상승시키는 요인인 것을 확인하였고, 기공분포 면에서도 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 이것은 초기 급가열단계는 방전소결접합시 분말 표면의 활성화를 유도하여 소결효과를 촉진하였다고 판단된다.

Pre-Holding단계 역시 소결직전의 예열단계로서 온도의 균질화 면에 유효한 것으로 나타났다.

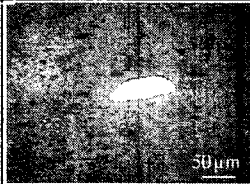
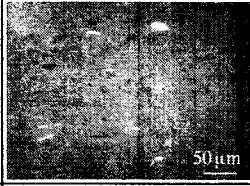
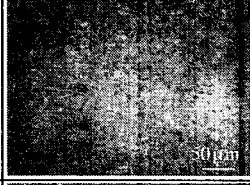
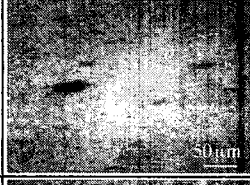
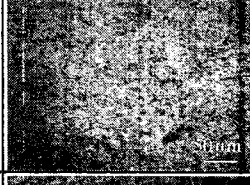
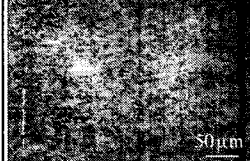
ON-OFF DC Pulse 형태는 12:2 경우보다 1:1의 경우가 소결접합체의 특성이 우수하였으며 상부층(WC-1wt%Co)의 경도가 하부층(WC-5wt%Co)을 초과하는 결과(F)를 얻을 수 있었다.

이상의 결과를 총합하여 볼 때 초기급가열을 통한 활성화 촉진단계, ON-OFF DC Pulse의 형태 등

은 분말활성화를 유도하는 방전소결접합 Process에서 소결온도 및 하중과는 별도로 소결 및 접합특성을 향상시킬 수 있는 매우 유효한 소결인자임을 확인하였다.

또한 Fig.4에 나타낸 바와 같이 소결접합계면을 보면 열응력에 의한 Crack은 관찰되지 않았고, 매우 양호한 접합상태임을 확인할 수 있었다.

Table.2 Results of the Relative Density and Hardness as Sintering Condition

	Result					소결조직
	Relative Density(%)			Hardness(Hv)		
	WC-1wt%Co	WC-5wt%Co	소결·접합체	WC-1wt%Co	WC-5wt%Co	
A	95.32	97.68	97.20	2122 ~ 2581	2437 ~ 2680	
B	95.55	98.63	98.35	2248 ~ 2672	2432 ~ 2644	
C	96.26	98.22	99.06	2512 ~ 2665	2480 ~ 2638	
D	96.85	98.27	98.15	2377 ~ 2680	2532 ~ 2667	
E	97.20	98.12	98.05	2512 ~ 2951	2709 ~ 2900	
F	97.37	98.87	98.90	2853 ~ 3089	2753 ~ 2885	

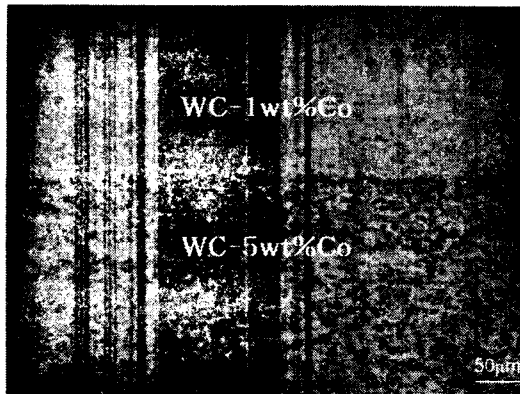


Fig.4 Optical micrograph of Interface of Sinter-bonded body

4. Reference

1. Sokichi Takatsu, "硬質合金お 結合材とするダイヤモンド焼結体及びその 製造方法", Japan open patent report, Toku-kai-hei 8-109431
2. Sokichi Takatsu, "Tribological Properties of Sintered Diamonds with WC-Co Matrix International Diamond symposium Seoul 1996, 222~226