

# 초경 절삭공구의 소재 소결용 Sinter-HIP의 개발과 초경합금의 저압 HIP 처리 Development of Sinter-HIP for the pressurized Sintering of Tungsten Carbide and Low-pressure HIP Treatment of Tungsten Carbide

최미영<sup>1</sup>, \*#이재우<sup>2</sup>

MI YOUNG CHOI<sup>1</sup>, \*#JAE WOO LEE(e@doowon.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>삼성기술연구소, <sup>2</sup>두원공과대학 산학협력단

Key words : Sintering, Sinter-HIP, Tungsten Carbide, heater, insulator, cooling, sealing

## 1. 서론

WC기의 초경 합금에는, 진공 소결로를 사용한 소결 후에 기공이 잔존하는 경우가 있으므로, 다이스, 슬리터 및 소경 드릴 등에 응용하는 경우에는, 기공의 소멸을 목적으로 HIP 처리가 자주 행해지고 있다. 그러나, 최근에 선진 외국에서는 저압 HIP 장치가 개발되어, 저압하에서도 합금 중의 기공이 소멸된다고 보고 되어 있지만, 그 결과는 명확하지는 않다. 본 연구에서는 아직 한국에서는 개발되지 못한 Sinter-HIP의 국산화 개발을 행하고, WC-Co 합금을 대상으로, 개발된 Sinter-HIP가 기공 소멸에 유효한지를 정량적으로 검토하였다.

## 2. 실험 방법

개발 장비의 사양은, working zone  $\Phi 250\text{mm} \times 350\text{mm}$ , Max. Temp.  $1600^\circ\text{C}$ , 상용압력 350bar, 진공도  $1 \times 10^{-3}$  Torr에서 시편의 열간 등방압 프레스 처리가 가능한 장비이다. Fig. 1은 고압 실린더(고온 고압 용기)의 윗쪽 및 하부단을 나타내는 그림이며, Fig. 1(b)는 Fig. 4(a)에서의 A-A선 단면도이다. 튜브의 주위에 피아노선으로 안쪽 부분이 감겨지고, 안쪽 부분의 외측에 복수개의 구형 로드 가 서로 약간 떨어져 설치됨과 동시에, 이것들 구형 로드의 주위에 피아노선을 사용하여 외측 부분이 감겨지도록 하였다. 그리고, 구형 로드의 사이와 피아노선으로부터 안쪽 부분과 외측 부분과의 사이에, 튜브의 축방향으로 복수개의 냉각수 통로가 형성되도록 구성하였다. Fig. 2는 밀봉부를 보인다. 하부 뚜껑 자체는 고압 원통의 하부 단면에 접하도록 배치하고, 씰은 이 하부 뚜껑의 상면에 접하도록 하며, 더욱이 고압 원통 하부의 내면에 끼워지는 링부에 설치되는 면씰링 및 축씰링에 의하여 밀봉이 실현되도록 하였다.

Fig. 3은 히터를 보이고, 피소결체인 초경합금을 수송하는 원주형 공간을 가지는 그래파이트 재료의 원통체를 소재로 하여, 그 상단 모서리 및 하단 모서리로부터 교대로 상하 방향으로 슬릿을 설치하고, 이것에 의하여 지그재그 면을 형성하도록 하였다. Fig. 4는 단열재를 보이고, 내측 도립컵의 재료는 Mo강으로 하고, 외측 도립컵의 재료는 STS 304를 사용하였고, 양 도립컵의 사이에 세라믹 파이버가 충전된 층으로 형성하였다.

한편, 원료 분말로서 WC 및 Co 분말(평균 입경 각각  $1.0\ \mu\text{m}$ ,  $1.3\ \mu\text{m}$ )을 이용하여, 보통의 진공 소결( $1380^\circ\text{C} \times 1\text{hr}$ )에 의하여, WC-(5, 8, 11)wt%Co 합금을 제조하고, 이어서 동일 온도에서

Ar 분위기 중에서, 5 및 35MPa, 1hr의 저압 HIP를 행하고, 시료를 얻었다. 그리고 보통의 HIP 처리( $1350^\circ\text{C}$ ,  $150\text{MPa} \times 1\text{hr}$ ) 합금을 비교 시료로서 이용하였다. 항절강도는 일본초경공구협회 CIS 026B-2007 규격에 의한 3점 항절강도시험으로 구하였다.

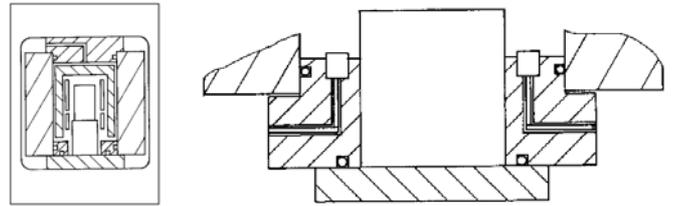


Fig. 2 Schematic view of sealing part of hot isostatic press



Fig. 3 Schematic view of heater of hot isostatic press

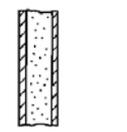


Fig. 4 Schematic view of insulator of hot isostatic press

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3. 1 Sinter-HIP의 개발

Fig. 5는 개발된 Sinter-HIP의 사진을 나타낸다.

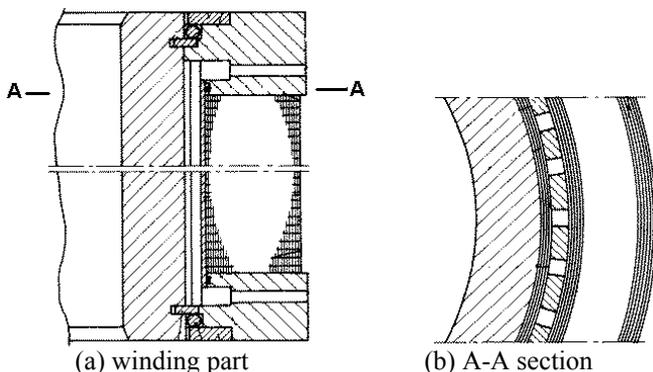


Fig. 1 Schematic view of winding part of hot isostatic press

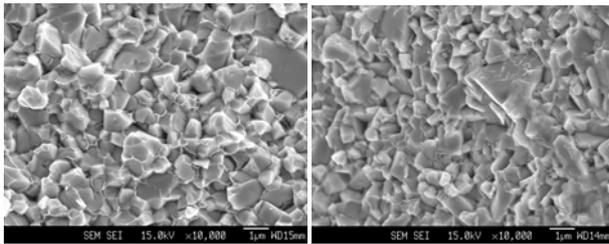


Fig. 5 Photograph showing the sinter-HIP developed

### 3. 2 초경합금의 저압 HIP 처리

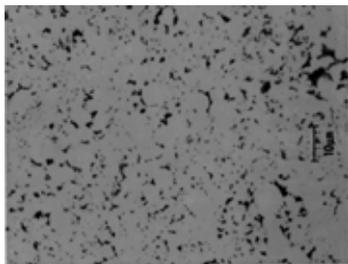
Fig. 6은 HIP 처리하지 않은 WC-8%Co 합금과 35MPa의 압력으로 1380℃에서 1시간 동안 HIP 처리한 경우의 항절강도 시험 후의 파면을 보인다. Fig. 7은 저배율로 촬영한 HIP 처리 전후의 현미경 조직을 보이고, Fig. 8은 고배율로 촬영한 HIP 처리 전후의 현미경 조직을 보인다. HIP 처리에 의하여, 기공이 현저히 감소되었음을 알 수 있다.

Table 1은 WC-(5, 8, 11%)Co 합금을 HIP 처리하지 않은 때와 5, 35 및 150MPa의 압력으로 1380℃에서 1시간 동안 HIP 처리한 시료에 대하여, 1cm<sup>2</sup>의 면적에서 0.5μm 보다 큰 기공의 개수와 항절강도를 나타낸다. 5MPa의 저압 HIP 처리에서는 기공이 감소되지 않았고, 또한 항절강도도 향상되지 않았다. 그러나 35MPa의 저압 HIP 처리에서는 기공 개수가 현저히 감소되었고, 보통의 HIP 처리 압력인 150MPa에서 처리한 경우와 그다지 차이가 없었다. 따라서, 35MPa의 저압 HIP 처리는 고압 HIP 처리 (150MPa)와 동등 효과가 얻어진다고 할 수 있다.

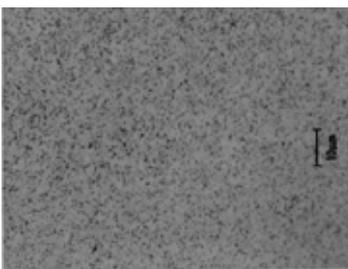


(a) Non HIP-ed (b) HIP-ed at 35MPa

Fig. 6 Fractured surface of tungsten carbide of WC-8%Co after HIP treating at 1380℃ for 1hr



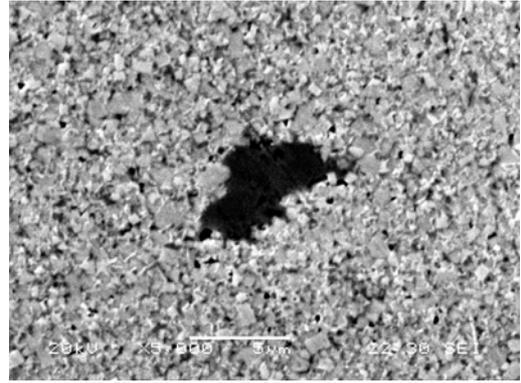
(a) before HIP treating



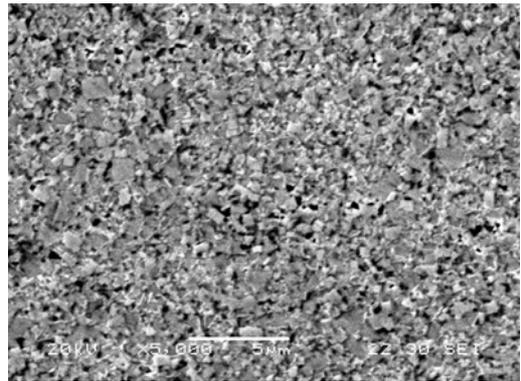
(b) after HIP treating

Fig. 7 Microstructure of tungsten carbide before and after HIP treating .

(At 1380℃ with the pressure of 35MPa for 1hr in the case of HIP-treating)



(a) before HIP treating



(b) after HIP treating

Fig. 8 Magnified microstructure of tungsten carbide before and after HIP treating .

(At 1380℃ with the pressure of 35MPa for 1hr, in the case of HIP-treating)

Table 1 Number of pore and transverse rupture strength of tungsten carbides after HIP treating at 1380℃ with different pressure for 1hr

	No. of the pore of larger size than 50μm/1cm <sup>2</sup>			TRS(GPa)		
	WC-5%Co	WC-8%Co	WC-11%Co	WC-5%Co	WC-8%Co	WC-11%Co
Non HIP-ed	2.0	1.7	1.5	2.5	2.9	3.1
HIP-ed at 5MPa	2.0	1.6	1.3	2.5	3.0	3.2
HIP-ed at 35MPa	0.07	0.003	0.0016	2.8	3.4	3.7
HIP-ed at 150MPa	0.004	0.002	0.001	2.9	3.4	3.7

### 4. 결론

- 1) 진공 소결 후의 초경 합금의 기공 소멸과 항절강도를 향상시키기 위해 사용할 목적으로, working zone Φ250mm X 350mm, Max. Temp. 1600℃, 상용압력 350bar, 진공도 1 X 10<sup>-3</sup>Torr에서 열간 등방압 프레스 처리가 가능한 저압 HIP 장비를 개발하였다.
- 2) 5MPa의 저압 HIP 처리에서는 기공이 감소되지 않았고, 또한 항절강도도 향상되지 않았다. 그러나 35MPa의 저압 HIP 처리에서는 기공 개수가 현저히 감소되었고, 보통의 HIP 처리 압력인 150MPa에서 처리한 경우와 그다지 차이가 없었다.
- 3) 35MPa의 저압 HIP 처리는 고압 HIP 처리 (150MPa)와 동등 효과가 얻어진다.

### 참고문헌

1. Larson, F. and Voytec, M., " HIP-Treatment of Cemented Carbide," R & HM, 4, 87-96, 1990.