

# 방전 플라즈마 소결법에 의한 WC-Co/Steel의 경사접합에 관한 연구(I)

## A Study on the WC-Co/Steel Functionally Graded Material by Spark Plasma Sintering(I)

한국생산기술연구원 고명완, 신승용, 김중현, 김동식, 선주현  
한양대학교 금속공학과 이창희

### I. 서론

Steel의 내식성 및 내마모성 또는 초경합금의 가공성을 향상시키기 위하여 Steel에 초경합금을 피복 하거나 접합시키는 수단은 공구 및 금형 분야에서 널리 이용되고 있다. 그 수단 중 Brazing의 경우 육성용접이나 용사에 비해 치밀하면서도 두꺼운 초경합금의 피복이 가능하나, 초경합금을 단독으로 소결한 후 Steel과 Brazing해야 한다는 공정상의 번거러움과 Steel과의 열팽창계수 등의 물성의 상이에 따른 열응력 발생 문제는 잔존하게 된다.

이러한 문제점의 해결책의 일환으로 최근 제안된 Bulk재 Steel표면에 경사조성구조의 WC-Co의 분말을 단계적으로 적층한 후 소결과 접합을 동시에 행하는 신소결·접합 방법에 착목하게 되었다.<sup>1)</sup>

따라서 본 연구에서는 저온 단시간에 소결·접합이 가능한 방전 플라즈마 소결법을 이용하여 Co조성을 경사시킨 초경합금 분말층을 Bulk재 Steel표면에 적층하여 소결·접합한 후 소결 접합성 및 열응력 완화 효과를 조사하였다.

### II. 실험방법

우선 SS41 과 WC-10wt%Co와의 경사접합을 위하여 Graphite Mold에 Bulk재 Steel( $\phi$  30mm, 5t mm)을 삽입한 후, WC-10wt%Co와의 경사접합을 목적으로 Steel의 모재쪽부터 20wt%, 15wt%, 10wt% 함유의 WC-Co분말을 500 $\mu$ m씩 적층하여 충전시켰다. 분산 적층후 Fig.1에 나타낸 플라즈마 방전 소결장비(최대가압 10tonf, 최대인가전류 5000A급)에 Mold를 장착하여 소정의 Cycle을 설정한 후 상하 Punch를 통해 ON-OFF DC Pulse를 인가시켜 진공중에서 가압·소결하였다.

여기에서 과가열로 인한 Steel의 용융을 방지하고 치밀한 WC-Co소결층을 얻기 위해 Mold의 하단부는 전극과 전면 접촉시키고 Mold의 상단부는 전극과 비접촉 시켜서 Steel부의 온도는 낮고 소결층의 온도는 높도록 온도구배를 주었다.

소결·접합 후 밀도, 경도측정 및 조직관찰 등을 행하여 소결온도, 가압력 및 WC입도 등의 소결인자가 소결·접합특성에 미치는 영향을 조사하였다. 또한, WC-10wt%Co/Steel의 직접 소결·접합실험의 결과와 비교하여 경사 조성층에 의한 열응력 완화 효과도 조사하였다.

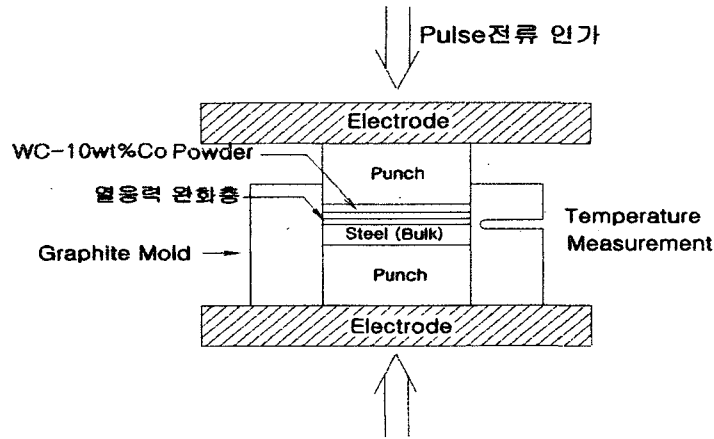
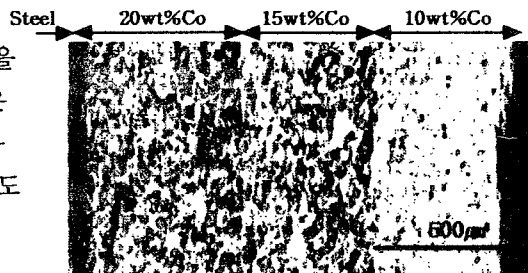


Fig. 1 Schematic illustration of Spark Plasma Sintering system.

### III 결과 및 고찰

Fig2.에 제작된 경사 접합체의 단면사진을 나타냈다. Co 경사조성의 WC-Co 소결층은 설계시 의도한 바와 같이, 각 Layer 두께가  $500\mu\text{m}$ 로 균등하게 분포되어 있으며, WC입도  $0.5\mu\text{m}$ ,  $1060^\circ\text{C} \times 80\text{MPa} \times 6\text{min}$ 의 소결 조건하에서 상대밀도 97%의 양호한



Steel/WC-Co 경사 접합체를 얻을 수 있었다. Fig.2 Microstructure of WC-Co FGM.

Fig3.4에 소결접합체 단면의 SEM 반사전자상 및 경도분포를 나타냈다. Fig3에서 알 수 있듯이 각 소결층은 Co(흑색부)가 균일하게 분포되어 있으며, Co 함유량에 따라 Layer의 조직이 명확히 구분되고 있다. 또한 WC-10wt%Co 소결층의 경도는  $2000\text{Hv}$  정도로 종래의 소결법의 경우보다 높은 경도치를 나타내고 있으며, Co함유량에 따라 각 Layer의 경도는 감소하여 Steel과 WC-10wt%Co와의 사이에 경도구배가 형성되어 열응력 완화형 경사구조를 이루고 있음이 확인되었다. 이것은 낮은 소결온도에서 단시간의 소결로 치밀한 소결체를 얻을 수 있어서, 종래의 소결법의 경우에서 발생하는 Co산화으로 인한 경도의 감소 및 각 Layer의 경도균일화를 방지할 수 있었기 때문이라고 사료된다.<sup>1)</sup>

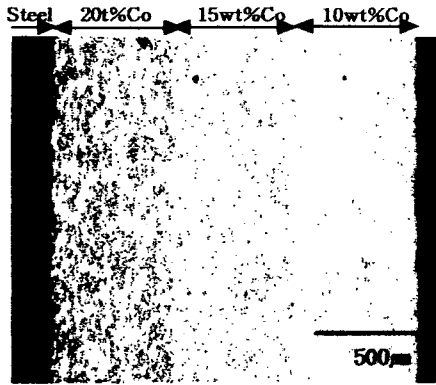


Fig.3 Reflection SEM image of WC-Co FGM.

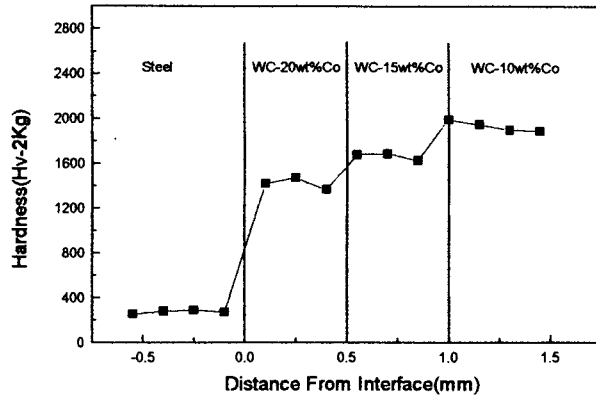


Fig.4 Distribution of hardness.

한편, 경사조성층을 삽입하지 않은 Steel/WC-10wt%Co 소결접합체의 접합부에서는 열응력으로 인한 Crack이 발생한 반면, 경사접합체는 Crack이 발생하지 않았다. 이러한 Crack의 발생유무로 보아 경사조성층이 열응력완화에 효과가 있음이 확인되었다.

#### IV. 참고문헌

1. 金田 英伯 外 : 粉体および粉末冶金, 第44卷, 第10号, P958~962 (1997)