

## 초고속화염용사법으로 제조된 WC-CoCr코팅의 공정 최적화 Optimal Process of WC-CoCr Coating manufactured by HVOF Thermal Spraying

송기오<sup>1,\*</sup>, 조동율<sup>1</sup>, 윤재홍<sup>1</sup>, 방 위<sup>1</sup>, 윤석조<sup>2</sup>, 황순영<sup>3</sup>  
 (1\*) 창원대학교, 재료공학과  
 (2) 서머텍코리아(주)  
 (3) 포항산업과학연구원, 용사코팅연구실

**초 록 :** 초고속용사법(HVOF)은 우수한 강도와 높은 경도를 가 는 치밀한 후막형성이 가능하고 피로특성 및 열충격에 대한 저항성이 양호하여 종래에 사용되어 오던 전기도금 등을 통한 표면처리 방법을 대체시키고 있다. 항공기엔진의 주요부품, 초고속 air bearing spindle등의 내구성향상을 위한 WC계 분말을 이용한 표면처리의 공정을 다구찌실험계획법을 이용해 최적조건을 선정하였다.

### 1. 서 론

HVOF 용사법으로 제조된 WC계 코팅은 내마모성과 내부 식성등이 요구되는 기계부품등에 널리 사용되고 있다. 플랜트, 피스톤, 항공기등의 터빈블레이드에 적용이 되고 있는데 이는 가혹한 환경에서의 부식, 마모등에 뛰어나 저항성을 가 고 있기 때문이다. 하 만 제조 중에 발생하는 WC의 W<sub>2</sub>C로의 탈탄현상에 의한 특성저하등의 문제점이 대두되고 있다. 따라서 공정과정 중의 탈탄을 최소화하기 위한 연구가 필요하다.

### 2. 본 론

#### 2.1 실험방법

WC-CoCr 코팅을 제조하기 위한 공정은 전처리, 용사 그리고 후처리로 하였다. 전처리 과정에서는 시편 모재(Inconel 718)를 아세톤용액에서 5분간 초음파세척을 한 후 60 Mesh의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 블라스팅(blasting)처리를 하여 모재와 용사층간의 접착력을 증대시키고자 하였다.

표 1. WC-CoCr의 화학적 조성 (단위:wt.%)

	WC	Co	Cr
WC-CoCr	86	10	4

표 2. 최적공정 선정을 위한 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)직교배열법

	O <sub>2</sub> flow rate(FMR)		Spray distance(inch)	Feed rate(g/min)
	A	B		
1	30	53	6	25
2	30	57	7	30
3	30	61	8	35
4	34	53	7	33
5	34	57	8	25
6	34	61	6	30
7	38	53	8	30
8	38	57	6	35
9	38	61	7	25

용사공정에서는 용사조건을 산소와 수소가스 유속, 용사거리 그리고 분말의 공급속도에 변수를 두고 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)직교배열법으로 표 2과 같이 9가 의 조건에 대하여 용사코팅을 하였다. 용사장비는 JK3000을 사용하였으며 용사 시 gun speed는 3mm/sec로 일정하게 하였고, 용사분말의 이송가스(carrier gas)는 아르곤을 사용하였다. 시편의 냉각은 공냉으

로 외부의 냉각 장치 없이 코팅을 실시하였다. 코팅후처리로서 가열확산열처리를 하였다. 탈탄 정도를 경도를 통해 간접적으로 측정하였고 그 밖에 기공도, 조도를 측정하였다.

#### 2.2 WC-CoCr 분말 및 코팅

Spray drying법으로 제조된 분말로서 평균 입도는 15 45μ m이다. WC 입자와 Co<sub>3</sub>W<sub>3</sub>C 혼합에 의해 하나의 분말을 형성하고 있으며(그림. 1), XRD 분석 결과 WC, Co, Co<sub>3</sub>W<sub>3</sub>C 상만이 존재하고 있다. 코팅의 두께는 약 350μm이며 조건에 따라 다수의 기공이 존재하였다(그림. 2-b). XRD패턴의 경우 모든 조건에서 W<sub>2</sub>C상이 형성되어 있었다.

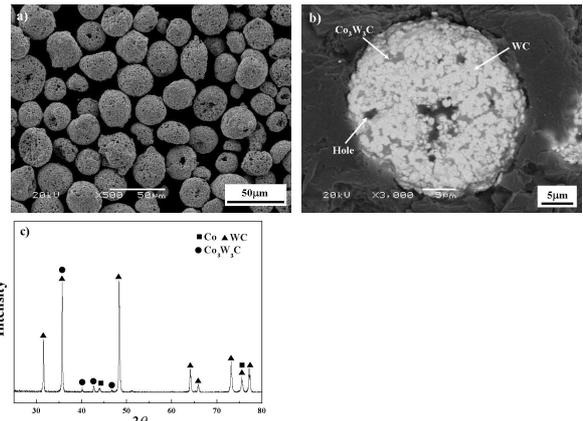


그림 1. 분말의 SEM사진과 XRD패턴: a) 외형, b) 단면, c) XRD 패턴

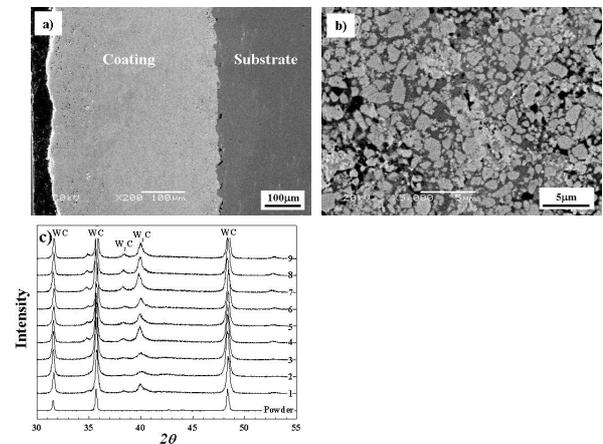


그림 2. 코팅의 SEM사진과 XRD패턴: a) 단면/저배율, b) 단면/고배율, c) XRD 패턴

### 2.3 최적공정 조건을 위한 분석

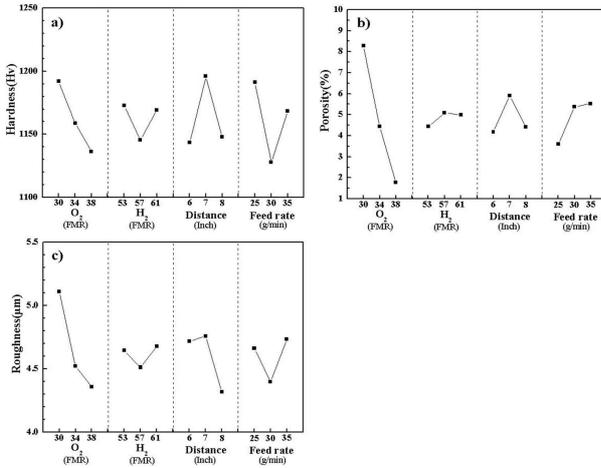


그림 3. 특성 vs 공정인자: a) 경도, b) 기공도, c) 조도

모든 조건에서의 평균 경도는 1162HV였으며, 기공도는 4.84%, 조도는 4.23의 수치를 보였다. 경도의 경우에는 수치가 높은 것이 우수한 특성을 보이며 기공도와 조도의 경우에는 낮은 값이 우수한 특성을 나타낸다. 이러한 결과를 토대로 최적공정을 선정하였다(표. 4).

표 4. 각 인자의 최적조건

Factor	Unit	OCP		
		Hardness	Porosity	Roughness
O <sub>2</sub> flow rate	FMR	30	38	38
H <sub>2</sub> flow rate	FMR	53	53	57
Spray distance	Inch	7	6	8
Feed rate	g/min	25	25	30

### 3. 결 론

모든 조건에서 탈탄현상이 나타났으나 이를 최소화하는 동시에 내구성향상등을 위한 최적공정조건을 선정하였다.

1) 분말은 SEM(scanning electron microscope)과 XRD에서 모두 WC 상이 CoCr 기에 쌓여 있음을 보여 주며, 코팅면은 용융 후 급냉된 비정질 CoCr 기 속에 WC와 일부 탈탄으로 생성된 W<sub>2</sub>C를 보여주고 있다.

2) 상용 WC-CoCr 코팅의 최적 조건은 산소와 수소의 유속이 각각 38 FMR와 53 FMR이고 용사거리는 7 in, 분말 공급율은 25 g/min 이었다.

3) HVOF 용사법으로 제조된 WC-CoCr 코팅은 기존의 초고속 air bearing spindle 소재보다 2~5배가량 높은 경도값등 우수한 특성을 보였다.

### 감 사 의 글

이 연구는 2004년도 학술진흥재단의 원에 의하여 연구되었습니다.(KRF-2004-005-D00111).

### 참 고 문 헌

1. ASM Handbook, Vol. 18, Friction, Lubrication and Wear Technology.
2. D.A. Rigney, Fundamentals of Friction and Wear of

Materials, ASM Materials Science Seminar, Pittsburgh, PA (1981).

3. F.A. Cotton, G. Wilkinson, Advanced Inorganic Chemistry 5th ed. Wiley Interscience, USA (1988).

4. T. Y. Cho, et al., 2006 Spring Conf., Korea Machine Tool(2006) 291-296