

# 기계부품의 내구성 향상을 위한 Co 합금분말의 HVOF 코팅 HVOF Coating of Co alloy Powder for Improvement of Durability of Machine Components

\*#조동을<sup>1</sup>, 윤재홍<sup>1</sup>, 천희곤<sup>2</sup>

\*#T. Y. Cho (tycho@changwon.ac.kr)<sup>1</sup>, J. H. Yoon<sup>2</sup>, H. G. Chun<sup>3</sup>

<sup>1</sup>창원대학교 산업기술연구원, <sup>2</sup>창원대학교 신소재공학부산대학교, <sup>3</sup>울산대학교 재료공학부

Key words : Coating, Hardness, Wear, Co alloy, Adhesion, Bond strength

## 1. 서론

기계부품의 내구성 향상을 위하여 다양한 습식 및 건식 표면처리를 하고 있으며, 그 중에 경질 크롬전기도금이 전통적으로 많이 사용되어왔다 [1-4]. 20세기 말에 들어서면서 크롬전기도금 중에 발생하는 6가 크롬이온(Cr<sup>+6</sup>)이 폐암을 유발 한다는 사실이 알려졌다[1]. 21세기에 들어서면서 선진 국으로부터 크롬도금과 그 제품의 사용은 물론이고 전기도금 자체를 금하고 있는 실정이다[1-6]. 대체 표면처리기술로써 가장 관심을 받고 있는 기술 중 하나가 초고속용사코팅기술(HVOF: High Velocity Oxy-fuel Spray Coating)이다[1-6]. 이 코팅 기술은 다른 증착법에 비하여 증착율이 커서 후막 증착에 적합하고, 밀폐된 공간에서 건식증착을 하기 때문에 환경문제를 유발하지 않는 장점이 있다. 본 연구에서는 기계부품의 내구성 향상을 위하여 마이크로 크기의 Co 합금분말(T800)을 초고속화염용사코팅 하여 그 코팅의 특성을 조사하였다.

## 2. 실험

화학생분이 Table 1과 같은 Co 합금 분말을 고온 내식소재 Inconel718 (IN718) 기판 상에 JK3500 초고속화염용사 장비로 코팅하였다. 코팅의 부착력을 높이기 위하여 기판을 아세톤 액으로 세척 후 60-mesh 알루미나로 약 5초간 브라스트세척 (blast-cleaned)을 하여 표면거칠기를 약 3.0±0.5 μm로 만들었다. 분사총 속도는 3mm/s, 분말 운반가스 Ar의 분사압력은 150-180 psi (103-123 MPa)로 하였다. 3 수준의 4개의 용사코팅 변수에 대하여 다구치 (Taguchi) 실험계획으로 16개의 코팅공정으로 시편을 준비하였다. 코팅된 코팅의 미세구조와 상은 전자현미경 (SEM)과 X-ray회절기로 분석하였다. 표면경도는 코팅층 단면 중심부에서 마이크로 비커스 경도기 (300 g 부하, 10μm 깊이)로 9 회 측정값의 평균치로 하였다.

Table 1 Compositions of T800 powder and substrate

Element	Co	Mo	Cr	Ni	Fe	Nb	Si	C
T800	Bal	28	18	0.7	0.7		3	0.02
IN718	1	3	20	50	Bal	5		0.08

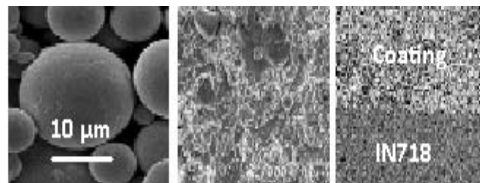


Fig. 1 Microstructures: powder, coating surface, cross-section of coating

기공도는 광학현미경을 사용하여 얻은 코팅층의 조직사진을 영상분석기(image analyzer)를 통해 분석하여 5회의 평균값으로 하였다. 표면 거칠기는 연마를 하지 않은 상태에서 SRT-6200 거칠기 측정기로 코팅층 표면의 중심부에서 3회 측정된 평균값으로 산출하였다.

코팅의 마모 특성은 왕복동구동식 마모시험기 ((TE77AUTO, Plint & Partners)로 조사 하였다. 초기 표면 거칠기의 영향을 줄이기 위하여 시편을 약 1 μm diamond paste로 연마 하였다. 마모시험조건은 상온 및 538℃의 고온에서 무윤활 상태로 거리 1.6cm, 2.5 Hz 조건하에서 10 N의 힘을 가하면서 10분간 마모시험 후 SEM으로 마모흔을 조사하였다. 마모상대재로는 직경 9.525 mm인 스테인레스 볼 (SUS304, 227 Hv)을 사용하였다.

경합금 소재 Ti64 (Ti-6Al-4V) 기판과 코팅의 부착력을 ASTM C633과 서머텍코리아 공정지침 (Co)에 의거 조사하였다[6].

### 3. 결과 및 고찰

용융점이 1495℃인 Co합금분말은 최고 온도 3500℃와 최고 속도 1000m/s인 화염 속을 약 0.0-1ms 비행하면서 용융된다[1-5]. 이 용융된 액적은 기관과 강한 충돌을 하면서 접착을 하고, 후속 액적은 급냉 된 코팅 상에 축적된다(Fig. 1). 16개의 공정으로 얻어진 표면경도는 일반 금속과 합금의 약 2-3배인 560-640 Hv (4590-6270 MPa), 표면조도는 2.2-3.0 μm, 기공도는 0.01-0.04%의 분포를 보였다. 최적용사코팅공정은 수소유속 65-70 FMR (1 FMR=9.44 × 10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/s), 산소유속 38-42 FMR, 분말공급을 30g/min와 용사거리 5 in (12.7 cm) 이다.

Fig. 2에서 보듯이 마모흔은 코팅과 마모상대재 모두 고온에서 작게 나타나 Co 합금코팅이 고온 내마모성 코팅으로 적합함을 보여주었다. 고온에서 많이 생성된 취성이 강한 Co산화물 CoO, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>가 미세한 마모입자 (Wear debris)로 탈착되어 고체 및 액체윤활유 역할을 하기 때문이다[1-6].

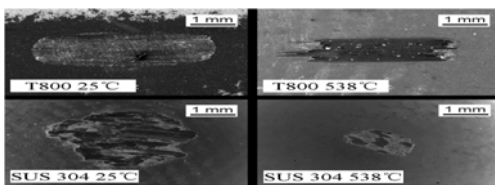


Fig.2 Wear traces of coating and SUS 304 at 25℃ and 538℃

Fig. 3, 4에서 보듯이 Ti64/T800의 인장강도는 8770 psi (60.5 MPa)이고 파단위치는 코팅의 중앙부분이고, 접착제코팅 (bond coat)을 기관상에 한 Ti64/NiCr/T800에서 인장강도는 8740 psi이고 파단위치는 코팅의 중앙부분이다. 이로 보아 T800 크의 응착력(Cohesion)은 8740 psi 이고 Ti64/T800 부력 (Adhesion)은 8740 psi 보다 크다. 접착제 NiCr과 Ti64간의 부착력은 파단이 시작되는 사진으로 약 11600 psi이다. 고로 T800 코팅과 Ti64 기관 접착의 문제는 없고 볼 수 있다

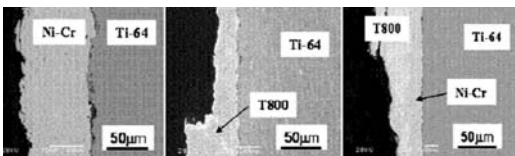


Fig. 3 Cross section of fracture location

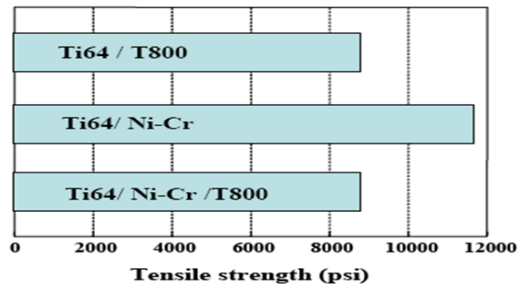


Fig. 4 Tensile bond strength of coatings

### 4. 결론

1. T800의 최적용사코팅공정은 수소유속과 산소유속이 각각 65-70FMR (1 FMR=9.44 × 10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/s) 와 38-42 FMR이고 분말공급율은 30g/min, 용사거리는 5 in (12.7 cm)이다.
2. 표면경도는 일반 금속과 합금의 약 2-3배인 560-640 Hv (4590-6270 MPa)로써 내마모성이 좋다.
3. 코팅의 마모흔은 고온에서 작게 나타난다. T800 코팅은 고온내마모코팅으로 적합하다.
4. Ti64/T800 간의 부착력은 T800의 응착력 8740 psi 보다 크다. 고로 부착성이 좋다.
5. 소재의 고온내구성 향상을 위하여 T800코팅을 권한다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 지방기술혁(RTI-04-01-03) 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. J. R. Davis, "Handbook of Thermal Spray Technology", ASM International, USA, 2004.
2. Tong Yul Cho, Jae Hong Yoon, Ki Oh Song, Yun Kon Joo, Fang Wei, Shihong Zhang, Hui Gon Chun, Surf. Coat. Technol. 203, pp. 3250-3253, 2009.
3. Shi Hong Zhang, Jae-Hong Yoon, Ming Xi Li, Tong Yul Cho, Yun Kon Joo, Jae Young Cho, Materials Chemistry and Physics, 119, pp. 458-464, 2010.
4. T. B. Massalski, H. Baker, W. W. Scot, "Am. Soc., Metals 1 pp.200-600, 1986.
5. T. Y. Cho, J. H. Yoon, K. S. Kim, K. O. Song, W. Fang, S. H. Zhang, S. J. Youn, H. G. Chun, S. Y. Hwang, Surf. Coat. Technol. 202, 5556-5559, 2008.
6. "Process instruction", Sermatech Korea Ltd., Contol number PI-1-02 (1999) 17.