

플라즈마 용사법에 의해 ZrO<sub>2</sub> 코팅된 Ti-6Al-4V 합금의 고온산화미세조직 및 수소투과실험에 관한 연구

(A study on the high temperature oxidation microstructure of Ti alloy coated ZrO<sub>2</sub> by Atmosphere Plasma Spraying)

임철민, 진영철, 이재현\*, 강병환\*\*  
 전북대학교 공과대학 신소재공학부 금속공학과  
 조선이공대학 금속,귀금속공예과\*  
 한국전자부품연구원\*\*

I. 서론

플라즈마 코팅에서의 높은 증착 온도는 플라스틱과 같은 저 융점 재료의 표면에 티타늄 또는 다른 합금 코팅 응용에 방해가 되기도 하며, 상 변태, 과도한 산화, 증발 및 재결정화가 일어나는 재료에서의 성공적인 코팅은 불가능하다. 그러나 이러한 코팅의 낮은 유용성 및 고비용에도 불구하고 난가공분야의 적용 및 뛰어난 코팅력으로 인해 각종 자동차부품 및 항공우주부품용으로 많이 사용되고있는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 장단점을 모두 고려하여 원자력 발전소의 냉각계통에 사용되고 있는 Ti 합금의 내식성향상을 도모하고자 하였으며, 고온산화에 의해 산화물을 생성시킨 Ti-6Al-4V 합금과 플라즈마 용사법에 의해 ZrO<sub>2</sub> 및 NWC 코팅된 Ti-6Al-4V 합금의 고온산화 거동을 비교·분석하였으며, 수소투과실험을 통하여 수소 확산계수, 표면 수소농도, 수소 투과도를 구하였다.

II. 실험방법

Ti-6Al-4V 합금 주조재를 10mm×100mm×10mm로 절단하고 압연을 통해 150mm×300mm×1.2mm의 판재를 얻었다. 이후, 금속과 세라믹의 결합력을 높이기 위해 (Ni, Co)CrAlY 분말을 50μm 두께로 bonding coating한 후 플라즈마 용사에 의해 100μm두께의 ZrO<sub>2</sub> 및 NWC 코팅층을 형성시켜 시험편을 제조하였다. 고온미세조직을 알아보기 위해 10×10×1.0mm시험편을 상압 대기 분위기의 muffle furnace를 이용하여 700℃, 800℃에서 100, 150, 200시간 동안 고온산화시험을 실시하였다. 또한 두께 1.2mm Ti-6Al-4V 합금판 및 용사된 시험편은 수소 투과시험을 위해서 35×25×1.2mm로 절단한 후 수소 투과 실험 장치에 시험편을 고정시키고 Hydrogen Entry Cell에 1N NaOH 용액을 채워 넣은 후에 -100mV vs. Ag/AgCl의 일정 전위를 가해주었다.

III. 실험결과

고온산화 시험결과, 온도 및 시간이 증가할수록 중량변화는 증가하였으며, ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, TiO 등의 산화물이 분석되었으며, 산화 50시간까지는 직선적 산화 거동을 보였다. 용사층 및 산화 피막 파괴에 의한 breakaway 이후 200 시간까지는 완만한 포물선적 산화 거동을 나타내고 있으며 spalling 및 박리 현상으로 인하여 산화거동 천이를 보였다. 각각 700℃, 800℃, 100, 150, 200 시간으로 상압 대기 분위기에서 산화시킬 경우 기지금속과 결합층 사이에서 10μm 정도의 확산층이 관찰되고 있으며, 산화층의 균열이 발생된 것을 관찰하였다. 또한 1N 농도, 35℃, 3.5% NaCl 수용액에서의 수소 투과 시험 결과, Ti-6Al-4V 합금의 표면 수소 농도는 4.2×10<sup>-6</sup> mol/cm<sup>3</sup> 이었으며 수소 확산계수는 2.2×10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/s였다. ZrO<sub>2</sub> 용사층에서의 수소 확산계수는 0.03×10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/s으로 매우 낮은 값을 보였다. 수소 투과도는 Ti-6Al-4V 합금의 경우 9.2×10<sup>-12</sup> mol/cm·s였고, ZrO<sub>2</sub> 용사층의 투과도는 1.1×10<sup>-12</sup> mol/cm·s로 모재 보다 낮았으며 barrier로 작용하기 위한 Critical Effective Diffusivity는 용사된 시험편의 경우 2.8×10<sup>-6</sup> mol/cm·s로 모재의 투과도 2.2×10<sup>-6</sup> mol/cm·s 보다 높은 값을 가졌다.

IV. 참고문헌

- 1) Albert E. Segall, Anatoli N. Papyrin, Joseph C. Conway, Jr. Daniel Shapiro, Journal of Materials Engineering, September (1998), p.52
- 2) K. R. Trethewey, J. Chamberlain, Corrosion for Science and Engineering, 2nd ed. Longman, London, England, (1995) pp.9-16
- 3) P. Diaz, M. J. Edirishinghe, B. Ralph, Journal of Materials Science Letters, 13, (1994), pp.1595-1598