

## Cr 코팅 대체용 환경친화적인 Ni-W 코팅의 산화

김찬우, 이동복†

성균관대학교 신소재공학과  
(dlee@skku.ac.kr†)

경질 크롬코팅은 마모와 부식으로부터 기판을 보호하기 위하여 폭넓게 사용되어 왔다. 그러나 크롬 도금액은 환경적으로 독성의 6가 크롬이온 기반이기 때문에, 크롬도금의 대안으로 Ni-W 전해도금이 최근 개발되었다. Ni-W 도금은 특히 glass molding die나 oil 압력부와 밸브 부위의 보호 코팅으로써 사용시 필요한 강도, 우수한 마모저항, 우수한 부식저항, 미려한 표면, 열적안정성을 지니고 있다. Ni-W 코팅에 대한 기존의 많은 연구에도 불구하고, 상온에서 사용시 코팅이 고온에서의 산화에 의해 불가피하게 퇴화되기 때문에, 산화 특성은 중요한 물성이다. 본 연구의 목적은 Ni-W 코팅의 고온 산화 특징과 메커니즘에 대해서 논의하는 것이다.

본 실험에서는 Ni-(15,17,19)at.%W 코팅은 스틸기판(STD 61;Fe-4.49Cr-1.31Mo-1.10Si-0.96V-0.42Mn-0.37C-0.03P-0.03S, wt.%)위에 40 $\mu$ m 두께로 NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O (Ni source) and Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O (W source) 용액으로부터 전해도금 되었다. 준비된 Ni-W가 코팅된 기판 샘플은 대기 중 700, 800°C에서 산화되었다.

산화된 샘플은 SEM/EDS, XRD, AES, TGA, EPMA, TEM/EDS를 이용하여 분석하였다.

본 실험에서 다음의 사실을 알 수 있었다. Ni-W 전해도금 코팅의 대기 중 700, 800°C에서의 산화시 코팅은 유사한 속도로 산화되었고, Ni-W 전해도금은 순수한 Ni보다 더 낮은 산화저항력을 나타내었는데, 이는 W첨가에 따른 NiWO<sub>4</sub>의 형성에 기인하였다. Ni-W 코팅의 고온산화 메커니즘은 외부 NiO층을 형성하기 위한 Ni의 외부확산과 (NiO+NiWO<sub>4</sub>) 혼합 산화물층을 형성하기 위한 산소의 내부확산에 의해 지배되었다. 한편, 코팅 표면쪽으로 기판원소인 Fe의 외부 확산도 일어나서, 산화반응이 진행될수록 외부 NiO층에 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>가 혼합되어 형성되었다.

**Keywords:** 경질 크롬코팅, Ni-W 전해도금, 고온 산화

Ti<sub>3</sub>(Al,Si)C<sub>2</sub>- 나노층상 4성분계 화합물의 고온산화 특성 분석

이화신, 이동복†

성균관대학교 신소재공학과  
(dlee@skku.ac.kr†)

최근 주목을 받고 있는 nanolaminated ternary compound, M<sub>m</sub>+1AX<sub>n</sub>,은 M=철이 금속물질, A=A-원소의 그룹(대부분 IIIA와 IVA원소), X=C 또는 N, 및 n=1-3으로서 금속과 세라믹의 특성을 모두 지녀 앞으로 다양한 상업적 응용을 위해 활발히 연구되고 있다. M<sub>m</sub>+1AX<sub>n</sub> 화합물의 기계적, 화학적, 열적, 및 전기적인 성질을 종합적으로 조사하고, 특성화하기 위한 폭넓은 노력의 일환으로 현재 가장 많이 연구된 조성중 하나가 Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub>이다. 또 다른 중요한 nanolaminated ternary compound는 Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub>이다. 이들 Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub>와 Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub>는 뛰어난 전기적, 열적 전도성과 고강도, 높은 피로 균열 성장 임계치, 저경도, 높은 열적 충격 저항력과 같은 우수한 기계적 성질, 화학적 저항, 높은 Young's modulus, 고온 내구력과 높은 녹는점을 보인다.

Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub>와 Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub>을 보다 발전시키기 위해서, 이들을 혼합한 새로운 화합물인 4성분계 Ti<sub>3</sub>(Si,Al)C<sub>2</sub> 나노층상 화합물이 최근 개발되어 그들의 미세구조와 전기적 구조가 연구된 바 있다. 본 연구에서는, TiC<sub>x</sub>(x=0.6), Si 및 Al 분말을 사용하여 분말야금법으로 Ti<sub>3</sub>(Si,Al)C<sub>2</sub>을 제조한 후, 고온산화 거동을 처음으로 조사하였다. 고온산화 조건은 대기중 900°C~1100°C로 정하였다. 산화시험 후 scale의 형태, 산화 mechanism, 및 산화 kinetics 등을 TGA, SEM/EDS, EPMA, 및 XRD에 의해 조사하였다. 산화 반응에 의해 TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 그리고 SiO<sub>2</sub>로 구성된 triple-layered 산화 스케일들이 형성되었고, 산화 중에 탄소가 Ti<sub>3</sub>(Si,Al)C<sub>2</sub>로부터 외부 확산하여 이탈하였다. Ti<sub>3</sub>(Si,Al)C<sub>2</sub> 표면에 생성된 산화 스케일들의 구조와 형태는 Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub>와 Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub>과 상호 비교하였다.

**Keywords:** Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub>, Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub>, Ti<sub>3</sub>(Si,Al)C<sub>2</sub>, 나노층상 화합물