

HVOF 용사법으로 제조된 WC-20%CrC-7%NiCr 코팅의 고온산화연구  
 A Study on High Temperature Oxidation of WC-20%CrC-7%NiCr coatings  
 by HVOF Thermal Spray

송기오<sup>a</sup>, Narita Toshio<sup>b</sup>, 윤재홍<sup>a\*</sup>, 조동율<sup>a</sup>, 주윤곤<sup>a</sup>, 방위<sup>a</sup>, 윤석조<sup>c</sup>, 황순영<sup>d</sup>, 정길봉<sup>e</sup>  
<sup>a</sup>창원대학교 재료공학과 / <sup>b</sup>Hokkaido University / <sup>c</sup>(주)써머텍 코리아 / <sup>d</sup>포항산업과학연구소 / <sup>e</sup>국방품질관리소

**초 록:** 최근 사회전반에 걸쳐 사용되어온 경질 Cr 코팅이 제조 시 발암물질로 알려져 있는 Cr<sup>6+</sup>을 발생함에 따라 이를 대체할 수 있는 표면개질법이 대두되고 있다. 또한 경질 Cr 코팅은 일반적으로 200℃의 온도에서부터 경도가 서서히 감소되며 400℃ 이상에서는 사용하기 어려운 제한점이 있다. 따라서 이 이상의 고온 안정성을 가지는 우수한 표면개질법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

1. 서 론

미국 및 EU등 여러 선진국에서는 경질 Cr 코팅의 제조를 제한하고 있기에 이들 표면처리가 적용된 국내 수출주력상품 역시 이에 맞는 변화가 필수적이라 할 수 있다. 하지만 경질 Cr 코팅의 대체할 수 있는 방법 중 가장 큰 관심을 받고 있는 HVOF 용사법의 경우 실제 사용조건에서의 특성에 대한 연구는 미진한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 HVOF 용사 분말로 사용되는 여러 WC계 중 내식성 및 내마모성이 우수하다고 알려진 WC-20%CrC-7%NiCr에 대한 고온에서의 허용한계온도를 알아보려고 한다.

2. 본 론

2.1 시편의 제작 및 실험방법

기관으로는 시중에 널리 사용되고 있는 SS400을 사용하였고 제작에 사용된 장비는 JP 5000이며 분말의 사양에 맞는 최적공정(두께: 약 600μm)으로 제작하였다. 제작 후 시편을 1×1×0.8t(cm)의 크기로 가공하여 실험에 임하였으며 전기로에 장입 후 각 시편마다 29℃/min의 속도로 가열하여 500, 650, 800, 950℃에서 2시간 유지한 후 로냉을 실시하였다. XRD를 통해 실험 후 표면에 형성된 산화물을 확인하였으며 그 후 분석에 용이하게끔 Au 코팅, Cu 전기도금 후 시편을 절단하여 관찰하였다. SEM과 EPMA를 통해 실험 전후의 시편에 대한 표·단면의 변화를 관찰하였고, EPMA의 경우 코팅의 전 영역을 상, 중, 하로 나누어 각 20μm범위에서 열화의 영향을 비교분석하였다. 또한 표면 및 단면경도를 측정하여 실험 전후의 경도변화를 조사하였다.

2.2 실험 전후의 변화

2.2.1 XRD

Fig.2 와 같이공정에 의한 상분해 WC<sub>2</sub>가 500℃~650℃까지는 존재하다가 800℃에서는 사라졌으며 형성된 상 역시 이전 온도의 상과는 상이함을 보였다. 온도가 상승함에 따라 표면에 형성된 산화물에 따른 피크가 더욱 두드러졌다.

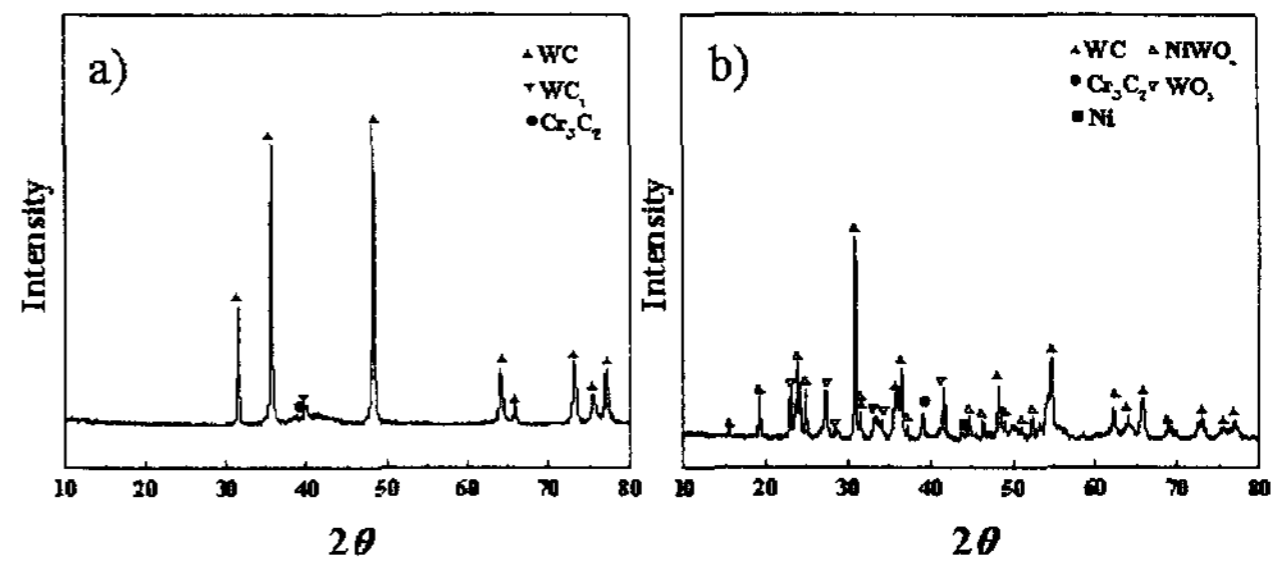


Fig.1 X-ray diffraction of WC-CrC-Ni Coatings after high temperature oxidation a) Before, b) 800℃

2.2.2 SEM 및 EPMA에 의한 분석

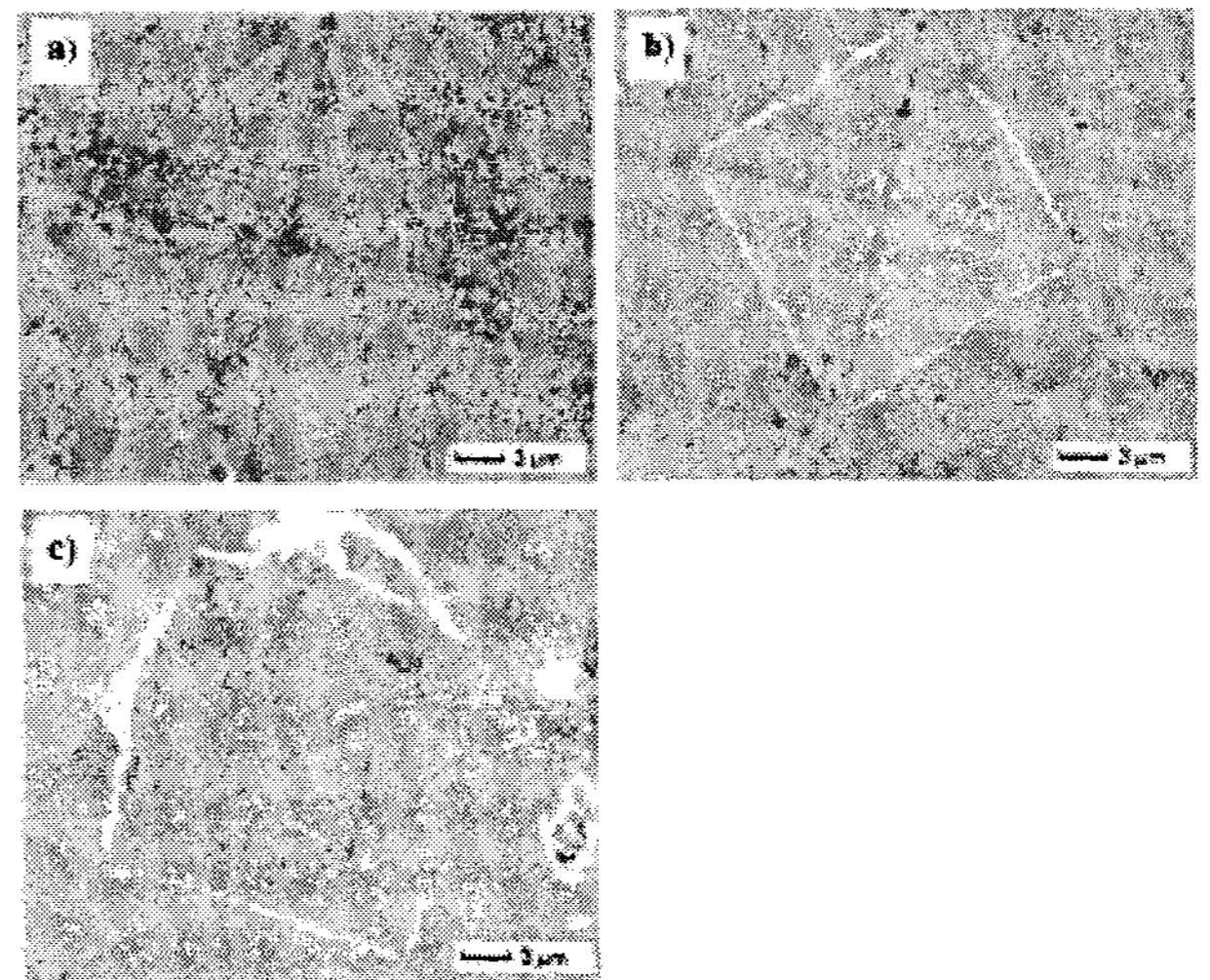


Fig.2 SEM micrographs of the square-based diamond pyramid indenter used by the Vickers hardness test after heat a) Before, b) 650℃, c) 800℃

온도가 상승함에 따라 표면에 산화스케일의 양이 증가되었고 500℃~650℃까지는 일정한 외부 압력에 안정성을 보였으나 800℃에서는 표층의 파괴가 관찰되었으며 950℃에서는 열처리 후 곧바로 표면층이 박리되었다. 단면분석에서는 코팅층의 내부에는 별다른 변화가 관찰되지 않았으며 단지 500℃~650℃범위는 산소와 직접 노출되는 최외각부분에서 약 2μm의 산화층이 형성되었으나 950℃에서는 산화층의 두께가 급격히 증가했다. 박리된 층의 두께를 감안한

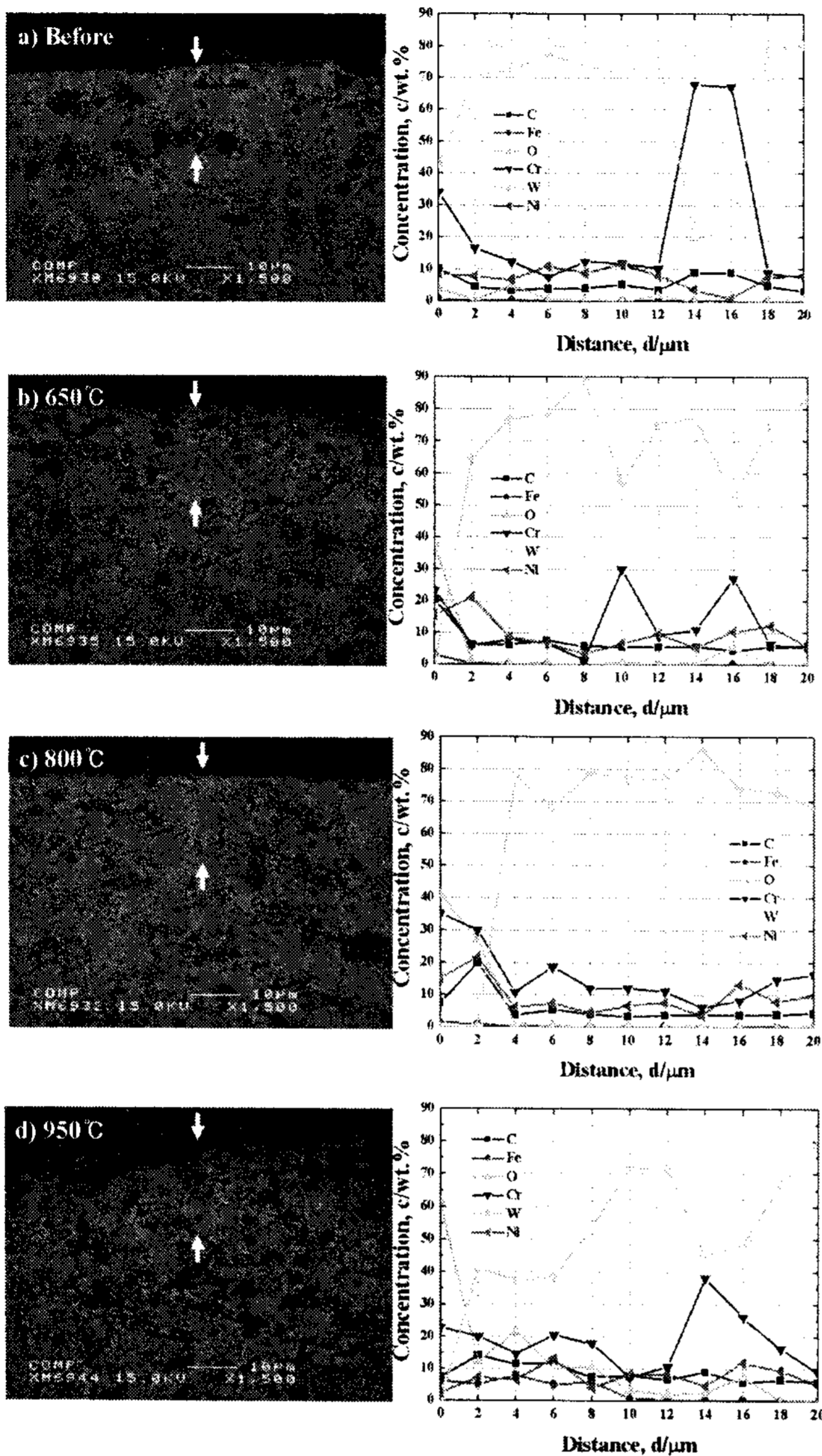


Fig.3 Cross-sectional concentration profiles of WC-CrC-Ni coating after high temperature oxidation near surface  
a) Before, b) 650°C, c) 800°C, d) 950°C(After spallation)

다면 산화의 정도는 단면분석을 통해 관찰된 것보다 더욱 크다. 또한 다른 온도에서는 W의 c/wt.%가 80정도를 보였으나 950°C에서는 이보다 적은 값을 보였다.

### 2.2.3 경도변화

열처리에 따른 경도의 변화는 모든 시편에서 거의 동일한 반응을 보였다. 모든 온도에서 열처리전보다 경도치가 증가하였을 뿐 아니라 코팅층의 경도를 세분화하여 3부분으로 나누워 볼 때 평균적으로 표면부근이 가장 높은 경도치를 보였으며 열처리 후 650°C까지 증가함을 보이다 이후 감소하였다.

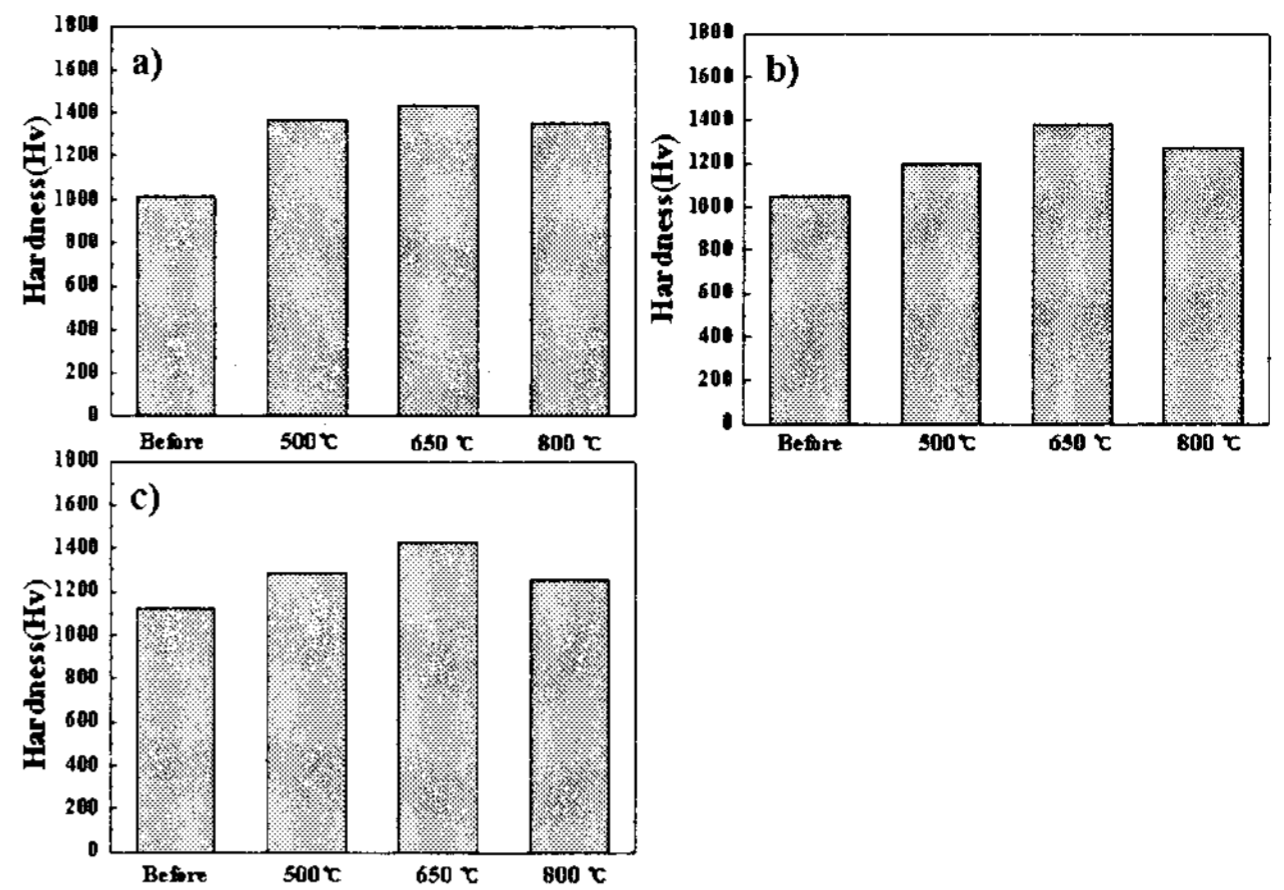


Fig.4 Cross-sectional hardness of WC-CrC-Ni coating  
a) External b) Middle c) Internal

### 3. 결 론

HVOF 용사법으로 제조된 WC-20%CrC-7%NiCr 코팅의 고온산화 분위기하에서 허용한계온도를 알아보았다. 통상적으로 알려져 있는 WC계의 허용한계온도는 550°C부근으로 알려져 있으나 이번실험에서는 650°C까지 고온에서 안정성을 보였으며 800°C이후부터는 표면에 생성된 산화물 등에 의한 상변화를 보였을 뿐만 아니라 산화에 의한 취성 증가로 박리 등의 표면특성의 저하가 관찰되었다. 실험결과를 종합해 보면 650°C~800°C사이에 표면특성이 급격히 저하되는 온도가 존재할 것으로 예상된다.

### 감사의 글

이 논문은 2004년도 학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었습니다.(KRF-2004-005-D00111).

### 참고 문헌

1. B.M. Kim, S.Y. Hwang, H.S. Choi, C.H. Lee, J. Kor. Inst. Met. & Mater. 41 (2003) 695.
2. E.P. Song, J.H. Ahn, S.H. Lee, N.J. Kim, J. Kor. Inst. Met. & Mater. 43 (2005) 438.
3. S.Y. Park, C. G Park, J. Kor. Inst. Met. & Mater. 42 (2004) 582.
4. H.M. Kim et al. J. Kor. Inst. Met. & Mater. 38 (2000) 125.
5. B. Hwang, J. Ahn and S. Lee, Metall. Mater. Trans., 33A (2002) 2933
6. J.R. Davis, Handbook of Thermal Spray Technology, ASM International, USA (2004).
7. ASM Handbook, Vol. 18, Friction, Lubrication and Wear Technology.