

플라즈마 용사층의 레이저 consolidation  
(Laser Consolidation of Plasma Coating Layer)

산업과학기술 융합연구실 \*이창희  
엄호섭  
이왕하

1. 서론

Turbine blade의 손상에는 부식 및 erosion 등의 화학적 손상이 주류를 이루고 있다. Steam 터빈에서는 보일러로부터 유입되는 수증기의 성분에 의해 결정되는데 대부분의 수증기에는 미량의  $Cl^-$ , sulfate, 산화철 등이 함유된 경우가 많아 dry-wet 분위기가 변화하는 저압단 blade의 표면에 pitting을 형성하여 SCC 및 부식피로균열 발생의 근원지로 작용하는 경우가 많다. 또한 수증기에 포함된 산화철 및 물방울은 고속으로 회전하는 blade와 충돌하여 표면에 erosion손상을 유발시킨다. 그러므로, 이러한 erosion에 의한 손상을 방지하기 위하여 내식성 및 erosion성이 우수한 재료로 표면 coating을 하는 경우가 많다. 하지만 용사 coating층에는 공정상 피할 수 없는 기공, oxide film, 등이 존재하여 장기간 사용시 부식성 분위기가 이들 결함을 통하여 침투하여 결과적으로 coating-substrate계면을 부식시켜 연속적으로 충돌하는 particle등에 의하여 표면으로 이탈하게 된다.

그러므로 본연구에서는 내 erosion성 및 내식성을 향상시키고자 blade표면에 plasma를 이용하여 도포한 크롬카바이드층( $Cr_3C_2 + NiCr$ )을 laser로 consolidation (remelting)했을 때의 표면층의 화학적 (내식성), 기계적 (마모성, erosion) 및 조직적 변화를 관찰했다.

2. 실험방법

Plasma 도포층을 Laser주사속도를 변화하면서(2.1kW,  $CO_2$  laser, 주사속도:1000~4400mm/min) 처리한 부위의 특성을 분석함.

- 내식성 실험: Cyclic polarization curve (1N  $H_2SO_4$ +3.5% NaCl).
- 기공밀도: Image analyzer.
- Erosion test: Alumina(200 mesh), 30° 각도, 40m/min 속도로 분사.
- 접착강도: ASTM 633.
- 야금학적 검사: 광학현미경, TEM(SAD), SEM(EPMA, EDAX), XRD.

3. 실험결과 및 고찰

Plasma용사층의 깊이 방향으로의 성분분포는 powder 및 process에 큰 상관없이 표면에서 탈탄이 형성되었으며, 선택적 산화에 의해 Cr이 표면에 풍부하지만 부식 및 기

계적 특성에 큰 영향을 미치지 않는다. Laser remelting층의 특성은 공정변수 변화에 따른 모재와의 희석정도에 의해 큰 변화를 보여주며, overlap부위의 성분(조직)이 중심부위와 차이를 보여준다. Laser처리부의 pit형성은 Fe가 풍부한 지역에서 발생하며, 희석정도가 증가할수록(주사속도가 감소할수록) pitting potential은 감소하는 반면에 부동태구간의 변화는 작다. Laser처리부의 조직은 주사속도가 증가할수록 C이 포화된 Fe-Cr-Ni상은 감소하는 반면에 결정립계 및 주상정입계에 형성된  $M_7C_3$ 의 함량은 증가함을 보여 주고 있으며, 이는 erosion 및 경도와 밀접한 관계를 가지고 있다. 처리부의 접착강도 및 내erosion성은 플라즈마 용사층에 비해 우수함을 보여준다 (Fig.1). 주사속도가 증가할수록 기공량은 감소하지만, 임계속도 3400mm/min 이상 일 경우, 기공발생은 갑자기 증가하는 동시에 균열도 형성된다 (Fig.2). 처리부의 경도 및 내마모성은 주사속도가 증가할수록 증가하며, 이는 탄소함량 및 결정립미세화와 밀접한 관계를 가지고 있다.

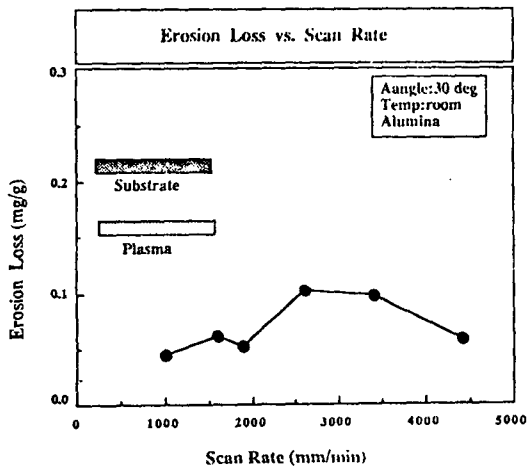


Fig.1 Variation in particle erosion

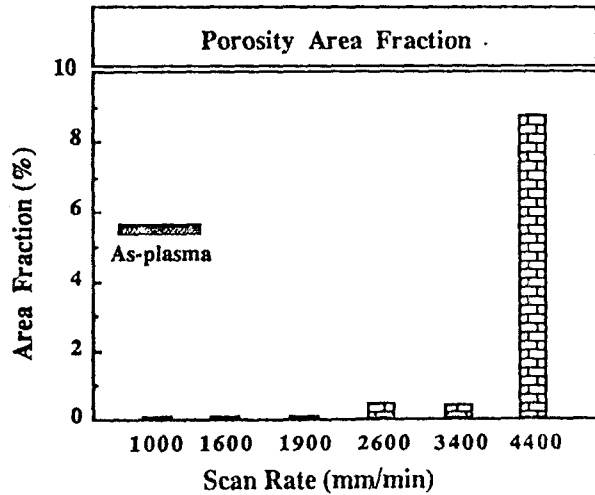


Fig.2 Porosity density variation

#### 4. 결론

적절한 laser공정변수를 사용하면 접착강도가 높고, 내식성, 내erosion성이 우수한 표면합금층을 형성할 수 있다. Turbine blade를 laser합금화 표면처리한 경우는, 처리하지 않은 경우보다 수명을 최소한 2배 이상 연장시킬 수 있다.

#### 5. 참고문헌

- (1) 이창희, 김기철, 장래웅, 대한금속학회지, 4(2) (1991) 122
- (2) Weerasinghe, V.M. and Steen W.M., Metal Construction, (1987) 581