저항 클래딩법에 의해 형성된 내마모성 WC-6.5Co 클래딩층의 미크로조직 및 내마모성능

Microstructure and wear performance of WC-6.5%Co cladding layer by electric resistance welding

이진우*, 배명일*, 김상진**, 이영호**
*충남대학교 기계공학과
**충남대학교 BK21 메카트로닉스 사업단

ABSTRACT

This study deals with characterizations of microstructure and wear performance of a cladding layer, product on 1.9 mm-thick mild steel plate by the electric resistance welding, of composite metal powder of Coarse WC-6.5%Co and high carbon alloy (SHA). The cladding layer was examined and tested for microstructural features, chemical composition, hardness, wear performance and wear mechanism.

The cladding layer have two different matrix were observed by an optical microscope and EPMA. The one was the coarse WC-6.5Co structure. The other was the melted SHA with surrounding the WC-6.5Co structure. The hardness of WC-6.5Co was 1210HV. The hardness of SHA was 640HV. . In comparison by wear rate, the cladding layer showed the remarkable wear performance that was 15 times of SM490 and about 62% of D2.

Keyword : Cladding ; Electric resistance welding ; Wear performance

1. 서 론

마모는 기계부품의 수명과 작동상태를 결정하는 중요한 요인으로써, 전반적인 산업설비에 대해 발생하기 때문에 유지, 보수에 막대한 비용이 사용되고 있다[1-3]. 이런 마모에 대한 대책으로써 1mm 이상의 두꺼운 피막을 형성할 수 있는 클래딩 용접이 내마모성 표면개질기술로써 권장되고 있다. 그러나 클래딩 용접은 고출력의 열원을 이용하기 때문에 박판의 모재에 용접을 할 경우 모재의 열변형, 천공 등의 문제가 발생하여 재료의 경량화를 달성하기 어려운 문제점이 있다[4-6].

본 연구에서는 내마모성이라는 재료의 복합화와 함께 경량화라는 목표까지 달성하기 위하여, 심용접을 클래딩 방법으로 채용하였다. 그리고 초경합금(WC-6.5Co)과 高炭素鉄粉末 (SHA) 의 혼합분말을 내마모성재료로써 이용하여 저항 클래딩법으로 두께 2mm의 일반 냉간 압연강판(SPCC) 위에 약 1mm의 클래딩층을 형성하였다. 그리고 클래딩 층의 금속학적 특성, 경도, 및 내마모특성에 대하여 검토하였다.

2. 사용재료 및 실험 방법

본 연구에서의 모재로는 일반 냉간 압연강판(SPCC), 경질재료로는 조립초경합금(WC-6.5%Co, 입경 600-850μm), 결합재로는는 高炭素鉄粉末(SHA, 입경 80-200μm C:4.99, Si:0.99, Cr:9.84, Mo:4.92, Ni:4.83 mass%)를 사용하였다. 그리고 경질재와 결합재를 7:3 의 중량비로 혼합하여 내마모성 혼합 분말을 제작하였다. 그 혼합 분말을 Nicrobraze-세멘트용액과 에탄올을 1:10 의 비율로 묽게 한 혼합액을 접착제로써 사용하여 SPCC 위에 2x10x250mm 의 형상으로 도포하였다. 이 시험편을 실온에서 4시간 이상 건조 후, 심용접기를 이용하여 용접전류 2.7kA, 전극가압력 196N 및 용접속도 1.0m/min 의 용접조건으로 클래딩을 행하였다. 제작된 클래딩층에 대하여 광학현미경 및 SEM 을 이용하여 클래딩층의 미크로조직을 관찰하였다. 또한 클래딩층 내부의 원소분포를 EPMA 를 이용하여 확인하였다. 클래딩층의 경도는 마이크로 비커스 경도시험을 통하여 측정하였다. 또한 클래딩층의 내마모특성을 검토하기 위해 3 수준의 마모속도(0.78, 1.56, 2.34m/s) 및 3 수준의 마모하중(23.5, 44.1, 64.7N) 조건으로 마모실험(ASTM-G65)을 실행한 후 마모체적을 측정하였다 [7]. 또한 클래딩층의 내마모 성능을 정량화 하기 위해 용접구조재(SM490) 및 WC-6.5Co 분말을 HIP 처리로 소결한 D2 를 같은 조건으로 마모시험을 한 후 그 내마모성능을 비교하였다 [8-9].

3. 실험결과 및 고찰

3.1 클래딩층의 미크로 조직

Fig.1에 클래딩층의 용접선 수직 방향 단면의 전체적인 조직 사진을 나타내었다. 클래딩층은 SPCC 위에 약 1mm의 균일한 두께로 형성 된 것이 관찰된다. 클래딩층의 내부에 백색 구형 조직 부분이 조립 초경합금 조직이다. 또한

이러한 조립 초경합금 입자를 둘러싸고 있는 조직은 SHA이다. 그리고 클래딩층의 아래의 백색조직은 모재인 SPCC이다. 클래딩층과 SPCC의 경계부의 검은 밸트 상의 계면 조직이 관찰된다. 전체적인 클래딩층의 단면 관찰 결과, SHA은 용접 중에 발생하는 줄 열에 의해 용융 응고 함에 따라 초경합금 입자를 주위를 둘러싸게 되어 다른 초경합금 입자와 연결시키는 역할을 수행한다. 또한, SPCC와도 접합하게 되어 결합재의 역할을 충실히 수행하고 있음이 확인되었다.

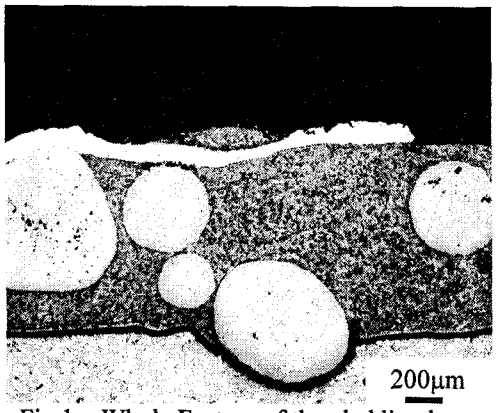
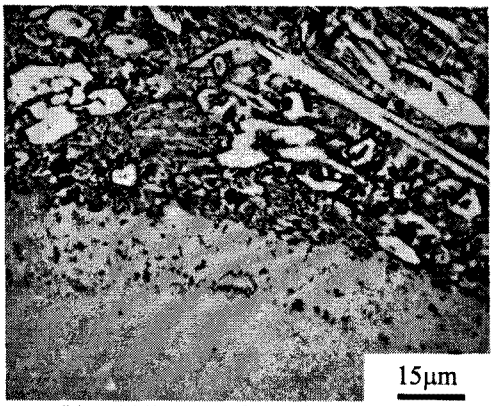
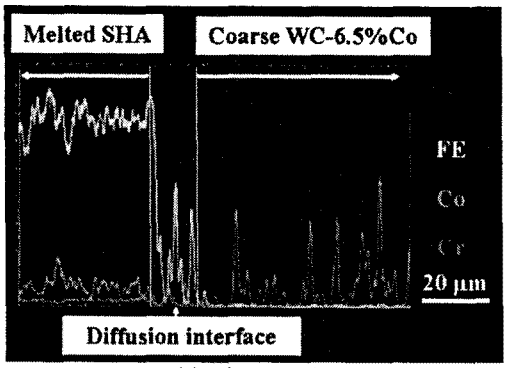


Fig.1 Whole Feature of the cladding layer



(b) Middle part of the cladding layer



(c) Line EPMA

Fig.2 Microstructure and EPMA of the cladding layer

Fig. 2에 초경합금과 SHA의 계면부분의 미크로 사진 및 EPMA 선 분석 결과를 나타내었다. 초경합금과 SHA의 경계 부에 조립 초경합금의 외 측에 두께 약 15μm의 확산 층이 형성되어져 있는 것이 관찰된다 (Fig.2(a)). 이 계면조직에 W, Fe, Co, Cr원소에 대하여 성분분석을 한 결과, SHA의 성분인 Fe 및 Cr성분이 초경합금 내부에 약 15μm 확산된 것과 초경합금의 성분인 Co 성분이 SHA조직으로 확산된 것이 확인되었다. 클래딩층의 내부의 조직관찰을 한 결과 기공 및 크랙 등의 결함이 존재하지 않은 건전한 미크로 조직을 하고 있음이 확인되었다.

3.2 클래딩층의 경도

클래딩층의 단면적의 57%를 차지하는 초경합금조직은 1210HV의 경도 값을 지니고 있는 것과 클래딩 층의 단면적의 43%를 차지하는 SHA조직은 610-640HV의 경도 값을 지니고 있음을 마이크로 비커스 경도시험을 통해 확인되었다.

3.3 클래딩층의 마모특성

Fig.3 에 클래딩층의 마모체적에 미치는 마모속도 및 마모하중의 영향에 대해 나타내었다. 클래딩 층의 마모체적은 마모속도가변화에 영향을 함에도 변화하지 않음을 확인된다. 그러나 마모하중의 증가하는 것에 따라 마모체적은 선형적으로 증가하는 것이 확인된다.

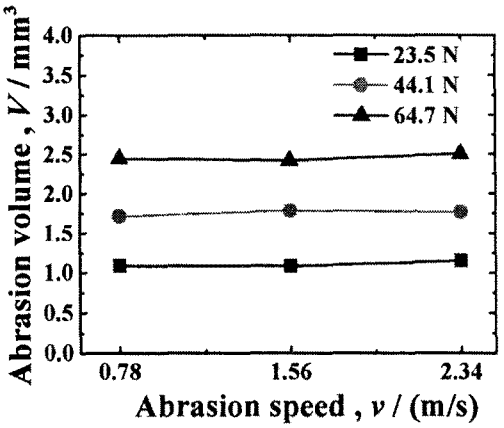


Fig. 3 Effect of abrasion load and speed on abrasion volume of cladding layer

Fig.4에 용접 구조재(SM490), 클래딩 층, D2 (WC-6.5Co;HIP) 의 비마모량 (Wear rate) 을 나타내었다. 비마모량은 마모체적을 마모하중 및 마모거리로 나눈 값으로 마모성능을 정량적으로

나타내는 파라미터로써 이용된다. SM490는 $5.32\times10^{-7}mm^3\cdot(mm\cdot N)^{-1}$, 클래딩 층은 $5.31\times10^{-8}mm^3\cdot(mm\cdot N)^{-1}$ 그리고 D2는 $2.26\times10^{-8}mm^3\cdot(mm\cdot N)^{-1}$ 비 마모량값을 나타내고 있는 것이 확인된다. 클래딩층은 SM490과 비교하여 보면 18배 정도 향상되어진 것과 D2 의 마모성능의 약 43%를 갖고 있는 것이 확인되었다

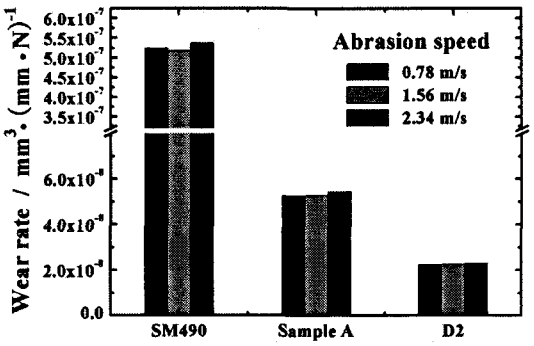


Fig. 4 Comparison of wear rate for SM 490, D2 and the cladding layer

4. 결 론

1) 저항클래딩법에 의해 형성된 내마모성 WC-6.5Co 클래딩 층은 줄열에 의해 결합재(SHA)의 용융응고가 진행되어 기공 및 결함이 적은 건전한 미크로 조직을 지니고 있는 것이 확인 되었다.

2) 클래딩 층의 내부의 초경합금 조직과 SHA 조직은 각각 1210HV 과 640HV의 경도값을 지니고 있어 클래딩 층이 전체적으로 높은 경도값을 지닌 조직으로 구성되어 있음이 확인 되었다.

3) 클래딩 층의 마모체적은 마모하중에 변화에 따라 선형적인 영향을 받는다.

4) 저항클래딩법에 의해 형성된 내마모성 WC-6.5Co 클래딩층의 내마모성능은 비교재(SM490)와 비교하여 약 10배 개선 되었음이 확인하였다.

참 고 문 헌

1. J.S. Selvan, K. Subramanian, A.K.Nath, J Mater. Process. Technol. 91 (1999) pp29-36
2. Yang, U.H.C.Man, Surf.Coat.Technol.132, (2000) pp130-136.
3. Satou. Kenjin, Wear phenomenon of metals and Measures about its (in Japanese). (1965) pp1-3
4. K.C. Atony, et al Hardfacing, vol.6, ASM, Handbook, (1983), pp771-780
5. Ishimaru, Yasuhiko, Powder Metallurgy and application (in Japanese). 1993. pp131-146
6. S.W. Wang, Y.C. Lin, Y.Y. Tsai, The effect of various ceramic-metal on wear performance of clad layer, Materials process Technol 140 (2003) pp682-687.
7. ASTM : Standard test method for mearusring abrasion using the dry sand/rubber wheel apparatus, ASTM standards:G65.
8. S. Ingole, H. Liang, M. Usta, C. Bindal, A.H. Ucisik, Multi-scale wear of a boride coating on tungsten , Wear 259(2005) pp849-860
9. X. Ma, R. Liu D.Y.Li, Abrasive wear behaviour of Tool steel with respect to load and sliding speed under dry sand rubber wheel abrasion condition, Wear 241(2000) pp79-85.