

S45C 모재에 대한 STS304 마찰 육성층 평가

노중석*, 조현진**, 김홍주**, 천창근**, 장웅성**

*주식회사 태광테크

** 포항산업과학연구원 용접센터

The Evaluation of STS304 Coating Layer on S45C Substrate by Friction Surfacing Process.

Joong-Suk Noh*, Houn-Jin Cho**, Heung-Ju Kim**, Chang-Gun Chun**, Woong-Seong Chang**

* TaeKwangTech Co.,LTD, BIC P2207, RIST, Pohang 790-330, Korea

** Welding research center, RIST, Pohang 790-330, Korea

Abstract

Friction surfacing of STS304 consumable rod on S45C substrate was investigated by microstructural observation and mechanical tests. STS304 layer formed a strongly-bonded thick layer under a wide range of surfacing conditions. The hardness distribution showed the peak value in the boundary layer, while the highest coating efficiency obtained in the condition of 1000rpm-2.5mm/sec-2.5mm/sec. As the consumable rotation rate and the traveling rate increased, the coating efficiency tended to decrease. On the other hand, as the feeding rate increased, the coating efficiency appeared to be increased.

Key Words : Friction surfacing, STS304 consumable rod, S45C substrate, Hardness, Coating efficiency

1. 서론

모재에 또 다른 특성을 부여하기 위해 코팅이 필요할 경우, 이용할 수 있는 공정은 수 mm 두께의 육성을 위한 오버레이 용접뿐만 아니라 화학적 증착(CVD)과 물리적 증착(PVD)과 같은 얇은 육성층을 형성하는 방법까지 다양하다. 수 mm정도의 두께를 가지는 육성층의 형성은 스프레이 또는 폭발 용접으로 가능하지만, 스프레이된 육성층은 낮은 접착강도를 가질 뿐만 아니라 기공도가 높은 단점이 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서, 저압 스프레이 또는 폭발 스프레이와 같이 고속으로 입자를 이송하는 공정과 PTA 육성 용접, 레이저 스프레이등과 같은 높은 에너지 밀도를 이용하는 공정이 개발되었지만 이러한 방법들 역시 용융에 기초를 둔 방법들이므로 근본적으로 희석률이 높고, 다공성의 육성층이 형성됨으로 손쉽게 모재에서 떨어지게 된다.¹⁾

따라서, 본 논문에서는 희석과 기공을 최대한 줄이면서 동시에 수 mm 두께의 코팅층을 형성

할 수 있는 하는 마찰 육성법을 이용하였다.

마찰 육성법은 소모성 육성봉을 일정한 속도로 회전시킨 다음 적절한 속도로 이동시키면서 축하중을 주게 되면 육성봉이 모재와의 마찰에 의해 마찰열이 발생되고 모재와 육성봉의 인터페이스에서 소성 변형층이 형성되어 모재에 육성되는 공정이다.

이 공정에 의한 이점은 다음과 같다.

1. 매우 낮은 희석률
2. 코팅 재료의 우수한 기계적 특성
3. 자유로운 용착 위치
4. 매우 적은 열영향부(HAZ)
5. 높은 적층률

따라서 본 논문에서는 국내에서는 처음으로 자체 제작하였고 동시에 위치 및 하중 제어가 가능한 마찰 육성 시스템을 이용하여 내부식성 페이스 형성을 위한 마찰 육성 공정의 확립과 코팅 메카니즘 규명 및 야금학적 분석을 통하여 상용화 가능한 조건을 도출하고자 한다.

2. 실험 방법

본 실험에서 사용된 모재는 가장 싸고 흔하게 구입할 수 있는 S45C 탄소강을 사용하였고 육성봉은 내식성 향상을 위해 STS304를 사용하였다. 본 실험에서 사용된 합금의 조성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Chemical composition of S45C substrate and STS304 consumable rod.(wt%)

	Chemical composition (wt%)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
S45C	0.45	0.3	0.75	0.03	0.035	-	-	-	Bal.
STS 304	0.066	0.58	0.82	0.029	0.002	18.29	8.79	0.14	Bal.

본 실험에서는 마찰 육성 공정의 주요 변수인 육성봉 회전속도, 이동속도, 피딩속도를 Table 2에 나타낸 조건으로 육성하였다.

Table 2. Friction surfacing parameters.

Consumable rotation rate (rev/min)	Traveling rate (mm/s)	Feeding rate (mm/s)
1000	2.5	2.5
1500	3.5	2.0
2000	4.5	1.0

마찰 육성 후 육성층 조직을 관찰하기 위해서 육성된 재료를 절단하여 마운팅을 한 다음 폴리싱 연마 후 광학 현미경을 사용하여 관찰하였고 조직 관찰에 육성층은 왕수, 모재는 nital 3% 부식액을 사용하였다. 또한 접합부 내의 결합부분과 석출물, 파단면의 성분을 분석하기 위해서 SEM (Scanning Electron Microscope), EDS (Energy Dispersive X-Ray Spectrometer)를 사용하였다. 접합부의 경도는 마이크로 비커스를 사용하여 하중 500g, 시간 10sec를 주어 측정하였으며 육성층과 모재의 회석률을 측정하기 위하여 EPMA(Electron Micro Probe Analysis)를 이용해 line analysis를 실시하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

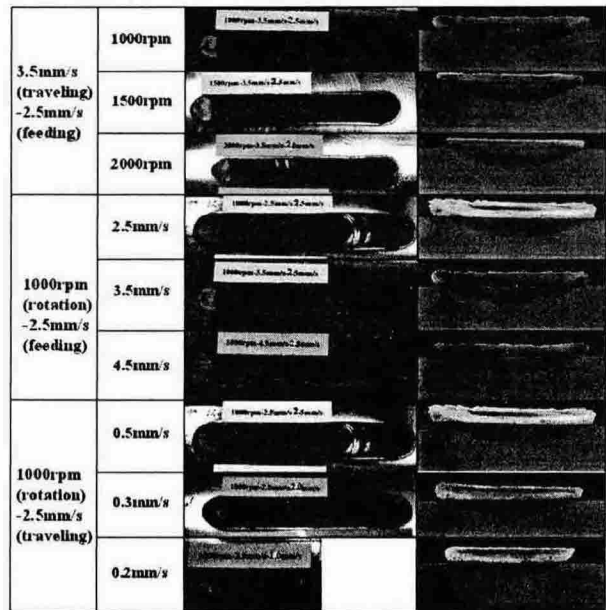


Fig 1. Front surface and macrostructure of cross-section of friction surfacing layer.

육성봉 회전속도와 이동 속도, 피딩속도를 변화시킨 조건으로 육성한 육성부의 표면 형상과 단면 마크로 조직을 Fig. 1에 나타내었다. 대부분의 조건 모두 비교적 양호한 비드 형상을 보였고 모재와의 코팅 상태도 양호한 것으로 보이지만 육성층의 두께와 폭은 차이가 남을 알 수가 있다. 또한 모든 육성층의 양쪽 끝단부에 undercut이 존재함을 알 수 있다.

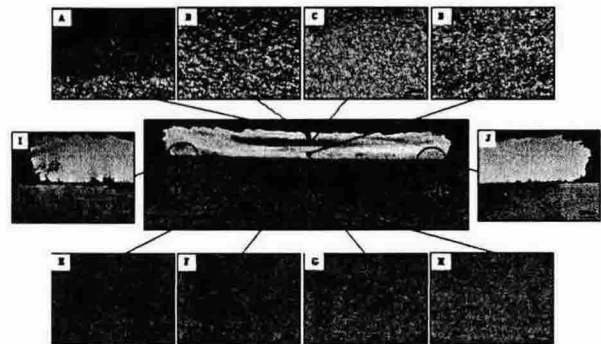


Fig 2. Microstructure of friction surfacing layer and substrate. (1000rpm-2.5mm/sec-2.5mm/sec)

Fig. 2는 1000rpm의 회전속도, 2.5mm/sec의 이동속도, 2.5mm/sec의 피딩속도 조건으로 육성한 육성층과 모재 조직을 나타낸 것이다. A~D

는 STS 304 육성층의 조직으로 표면층(A,B)과 코팅 경계층(D)의 조직은 기계적 영향으로 인해 많은 쌍정 변형과 연신된 조직을 보이고 있다. 중간층(C)은 동적재결정으로 인해 새로운 조직이 형성되어 있는 것을 알 수 있다. E~F는 S45C 모재 조직으로 E는 조대결정립 영역(CGHAZ), F는 미세 결정립 영역(FGHAZ), G는 부분 변태 영역(SC+ICHAZ), H는 BM의 조직을 보여주고 있다. 또한 육성층의 모서리부분에 undercut 결함이 발생된 것을 확인할 수 있다.

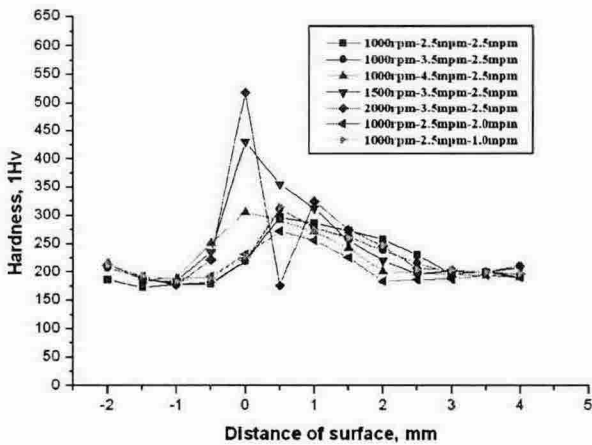


Fig 3. Hardness profiles in cross section of friction surfacing layer.

Fig. 3은 각각의 조건으로 육성한 육성부의 종방향 경도 분포를 나타낸 것이다. 대부분의 조건들이 비슷한 경도분포를 나타내고 있다. 코팅 경계층에서 경도가 급격히 증가되는 것을 알 수 있다. 주목할 만한 특징은 회전속도가 증가할수록 코팅 경계층의 경도가 증가한다는 것이다. 이는 회전속도가 증가할수록 가공경화가 증가하기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 4는 육성용 회전속도, 이동속도, 피딩속도에 따른 코팅효율을 나타낸 그래프이다. 그림에서 보는 바와 같이 육성용 회전속도와 이동속도를 증가시키면 코팅 효율은 감소하였고 피딩속도가 증가하면 코팅 효율은 증가하였다. 따라서 우수한 코팅 효율을 얻기 위해서는 육성용 회전속도와 이동속도를 감소시키고 피딩속도를 증가시켜야 된다. 하지만 육성용 회전속도를 과도하게 감소시키면 육성용과 모재 사이에서 발생하

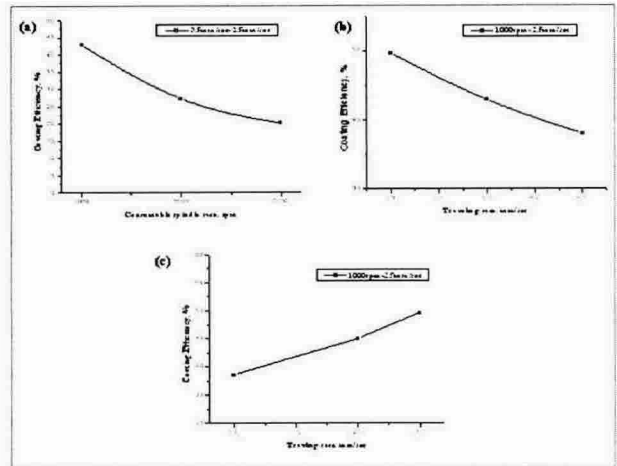


Fig 4. Coating efficiency (a) by consumable spindle rate (b) by traveling rate (c) by feeding rate depending on each condition.

는 마찰력이 회전모터의 동력보다 커지게 되면서 육성층을 회전시키는데 상당한 무리가 따르게 된다. 또한 피딩속도도 과도하게 증가시키면 적절한 소성변형층이 생성되기 전에 피딩되기 때문에 오히려 코팅효율이 감소하는 경향을 보였다.

4. 결론

1. S45C substrate에 STS304의 마찰 육성층은 대부분의 조건에서 양호한 육성층을 보였다.
2. 코팅 효율에서는 1000rpm-2.5mm/s-2.5mm/s의 조건에서 가장 높았다.
3. 코팅 경계면에서 가장 높은 경도값이 측정되었고 rpm이 높을수록 코팅 경계면에서의 경도값은 증가하였다.
4. 육성층의 회전속도와 이동속도가 증가할수록 코팅 효율은 감소한 반면 피딩속도가 증가하면 코팅 효율은 증가하였다.

5. 참고 문헌

1) T. Shinoda, S. Okamoto, S.Takemoto, Y.kato, T.Shimizu, Depositon of hard surfacing layer by friction surfacing, Welding International, 10-4(1996), p288-294