

CH-90 용접봉을 이용한 레일 두부 육성용접의 특성

Characteristics of Rail head Upbringing Welding using CH-90 Electrode

이보영*, 안대환**, 김재성**, 류덕희**, 진형국**, 권호진***

*한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부
**한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과 대학원
*** (주) 삼표이엔씨

ABSTRACT As rail steel at a crossing area must undergo much higher loading than those at regular railway, Mn-containing casting steel is normally used for its high load-carrying capability and reduced wear rate. However, as these Mn-containing casting steel is tend to have casting defects, manufacturing cost to produce defect-free Mn-containing casting steel becomes quite expensive. Therefore, in order to investigate the possibilities of replacing expensive Mn-containing casting steel with a mild steel with a surface build-up using a Mn-alloyed steel electrode.

1. 서 론

현재 고 망간강(high manganese steel)은 주로 Austenite 조직으로서 충격을 가하면 표면에 소성 변형이 생겨 초기 재질보다 거의 3배 정도로 경도가 상승하며, 충격에 대한 내마모성 및 우수한 인성을 갖고 있어 마모와 충격이 심한 철도 분기기의 크로싱부(Crossing part)에 주로 사용하고 있다.

하지만 망간크로싱의 경우 주강 단일체로 제작되어야 하는데 원래 형상이 복잡하고 우수한 품질의 주강 재질 생산을 위해서는 고도의 숙련된 주조 경험과 기술이 필요하다. 그래서 불량 발생률이 높고 가격도 일반 주강에 비해 고가이다.

이에 본 연구에서는 레일두부를 가공한 후 CH-90(망간봉)을 사용한 레일 육성 용접을 통해 망간크로싱과 유사한 성능을 가진 육성용접크로싱 기술을 개발하고자 한다. 이에 고가의 망간크로싱을 대체하고, 제조단가를 절감하며 새로운 국내의 수요를 창출하는데 목적이 있다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 피복아크용접(SMAW : Shield

Metal Arc Welding)을 사용하여 초층 용접 후 마르텐사이트와 같은 취약 조직으로 경도가 높아지거나 인성이 저하되는 것을 방지하기 위해 450℃로 예열한 후 육성용접을 실시하였다.

망간봉 적층을 위해 초층은 라임티나니아계 용접봉인 JIS D309Mo-16, 5φ를 사용하였으며, 2층에서 5층까지는 저수소계 용접봉인 JIS DFMA-250B(이하 CH-90), 4φ를 사용하여 적층 용접을 실시하였다. 또한 층간온도 유지를 위해 1 pass 용접 후 수냉하여 80℃를 유지하였으며, 망간강과의 특성을 비교하기 위해 육성용접한 부분의 화학성분 분석과 경도시험, 마이크로 조직 등을 확인하였다.

Table 1 Chemical composition of Manganese steel

성분	C	Si	Mn	P	S
(%)	0.99	0.47	12.43	0.043	0.002

Table 2 Chemical composition of weld metal using CH-90

성분	C	Si	Mn
%	0.82	0.52	13.4

Table 3 Welding Conditions

극수	극성	전류(A)	패스간 온도(°C)
1층	DC	210	-
2~5층	DC	175	80±10

3. 실험 결과

3.1 화학 조성

적층에 따른 화학성분 값을 Table 4에 보여주고 있다. 초층 용접 후 2층 이상에서부터 육성용접부의 Mn 함량이 망간강에서의 Mn 함유량 이상의 값을 나타내는 것으로 보아 2층 정도의 육성으로도 망간강과 같은 조성을 갖은 것으로 보인다.

Table 4 Chemical composition of weld metal

	309 Mo	1층	2층	3층	4층	망간강
C	0.404	0.536	0.603	0.596	0.61	0.99
Si	0.475	0.181	0.185	0.16	0.19	0.47
Mn	0.972	10	12.9	14.5	14.2	12.43
P	0.0237	0.0297	0.0362	0.0365	0.0405	0.043
S	0.0127	0.0207	0.0236	0.024	0.0249	0.002
Ni	6.005	2.616	1.346	0.351	0.281	-
Cr	13.516	4.586	2.013	0.629	0.359	-
Mo	0.942	0.438	0.304	0.2	0.187	-
Cu	0.045	0.052	0.054	0.04	0.054	-
Nb	0.016	0.014	0.016	0.008	0.016	-
Co	0.049	0.071	0.09	0.056	0.098	-

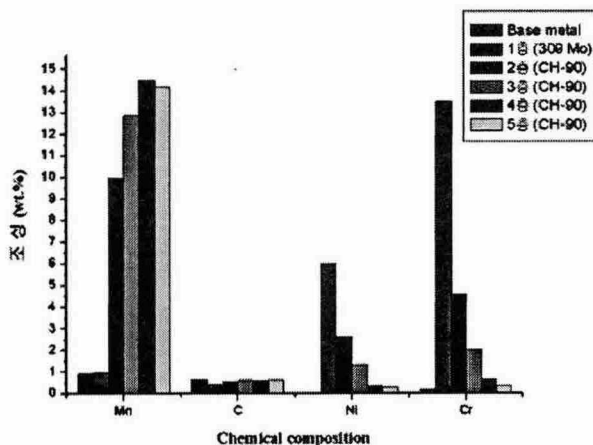


Fig. 1 Chemical composition of Mn, C, Ni, Cr

3.2 경도 시험

경도 시험은 마이크로 비커스 경도기(Micro Vickers Hardness)를 사용하였으며, 시험편을 연마한 후 하중 1kgf로 0.5mm 간격으로 측정하였다. Fig. 2은 망간강과 적층부에 대한 경도값을 비교하여 나타냈다.

가공경화 전 망간강의 경도값은 평균 Hv 212였으며, 육성용접으로 적층한 용접부의 경우 Hv 282로 망간강의 경도값보다 70정도 더 높게 측정되었다. 이는 적층하는 과정에서 Cr 탄화물이나 Si 탄화물 등의 석출물의 증가와 계속적인 입열과 급냉의 반복으로 인해 금속의 취화로 인해 경도값이 높아진 것으로 보인다.

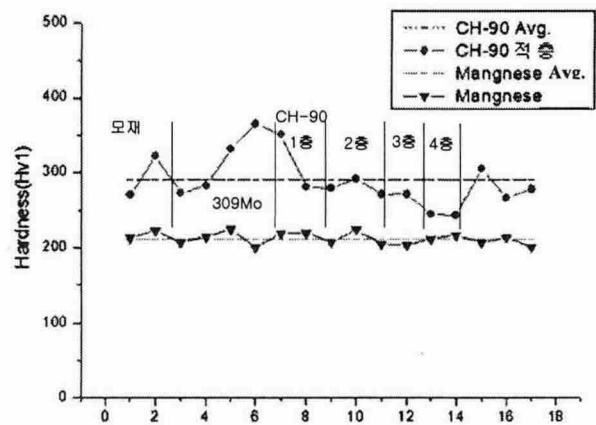


Fig. 2 Result of hardness test

(Multi-pass layer vs. Manganese)

3.3 조직 사진

아래 Fig. 3에서 보는바와 같이 예열 조건에 따른 초층 용접부의 조직은 마르텐사이트와 같은 경한 조직이 아닌 오스테나이트 조직으로 나타났으며, 온도가 증가할수록 결정립 크기가 커지는 것을 알 수 있다. 그리고 육성 용접한 각 적층부의 용접금속과 망간강의 금속조직을 비교하여 Fig. 4에 나타냈다.

레일강에 CH-90으로 육성 용접하여 적층한 모든 층에서 망간강 과 같은 오스테나이트 조직이 관찰되었으며, 육성용접부 3층과 4층의 EDS 분석을 통해 Cr탄화물과 Si 탄화물 등과 같은 석출물이 분포하고 있음을 알 수 있었다.

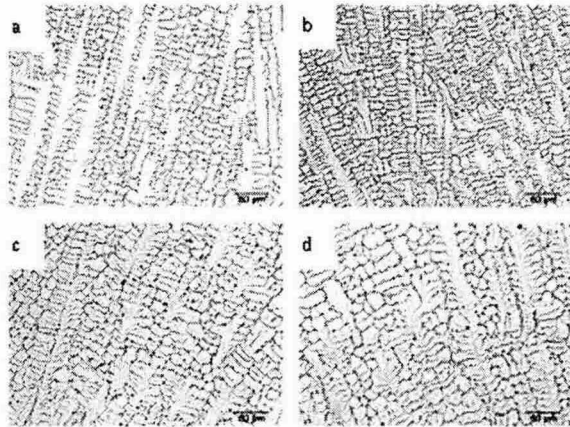


Fig. 3 Microstructure of weld metal (309Mo First layer)
a) 350°C, b) 400°C, c) 450°C, d) 500°C

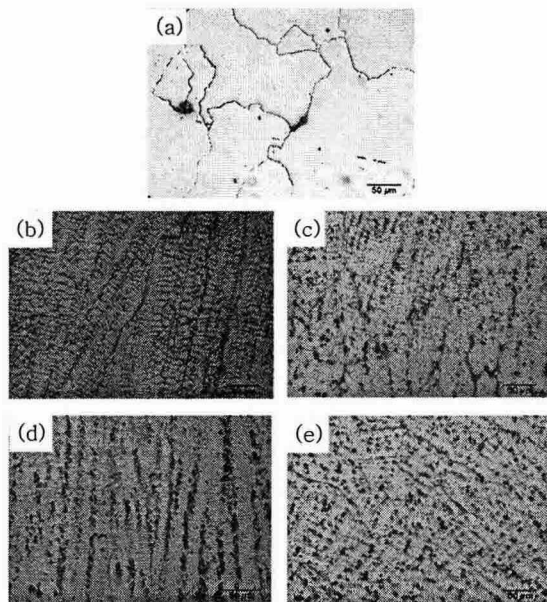


Fig. 4 Micro-structure of weld metal(CH-90) and Manganese steel (a) Manganese steel (b) 1 layers (c) 2 layers (d) 3 layers (e) 4 layers

Table. 5 EDS measurement of 3 layers and 4 layers

Element	3 layers'	4 layers
	w.t. %	
SiK	0.75	0.43
CrK	0.82	0.26
MnK	13.49	14.6
FeK	84.94	83.38

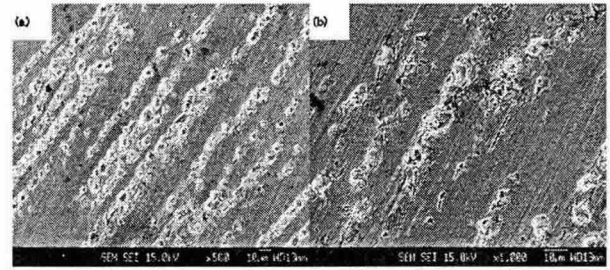


Fig. 5 SEM photographic of 3 layers and 4 layers (a) 3 layers (b) 4 layers

4. 결론

레일강에 CH-90(망간봉)으로 육성용접을 하였을 때 경도값, 화학성분, 조직을 관찰하여 망간강과 비교하였을 때 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 육성 용접 시 450°C로 예열을 하였을 경우 가장 건전한 용접부가 얻어졌다. CH-90으로 육성용접 시 2층 이상에서 망간강의 Mn 함유량보다 높은 값이 얻어졌으며, 향후 육성용접을 통한 크로싱부 제작 시 3층 이상의 적층이 필요한 것으로 판단된다.

2) 석출물의 생성과 결정립 미세화로 인해 육성용접을 한 적층부의 경도값이 가공경화를 진행하지 않은 망간강의 경도값에 비해 Hv 70이상 증가하였다. 이는 Cr 탄화물과 같은 석출물로 인한 것으로 판단되며 향후 가공경화를 통한 소성변형으로 경도값은 더욱 증가 될 것이다.

참고문헌

1. 이해우, 신용택, 1998, “예열온도 변화에 따른 레일용접부의 충격인성 및 균열특성”, 열처리공학회지, 제 11권 제 1호, pp.62~72.
2. American Society for Metals : Metals Handbook, Vol. 9, Metallography and Microstructures, ASM 9th (1985), 222
3. 대한용접학회, 용접·접합 편람(2002)