

Fe-Cr-B계 metamorphic 합금 육성 용접부의 균열 Cracking at the weld overlaid deposited by a Fe-Cr-B based metamorphic alloy

박태동*, 윤중근, 추정복, 박동환
현대중공업(주), 산업기술연구소

1. 서론

각종 산업 분야에 있어서 마모로 인한 사용 설비나 부품의 손상이 매우 중요한 과제로 부각되고 있으며, 이를 해결하기 위한 분야별 연구가 진행되고 있다. 육성 용접용 재료로 많이 사용되는 것은 Fe-Cr 계와 Co-Cr 계(stellite) 용접재이다. 그러나, 이 용접재들은 용접성 및 가공성이 열등해 적용상의 제약을 많이 받고 있다. 더 우기 산업 설비의 사용 조건이 점점 가혹해짐에 따라, 보다 우수한 내마모성뿐 아니라 용접성도 동시에 확보할 수 있는 새로운 육성 용접용 재료 개발의 필요성이 대두되었다. 이에 금속 재료의 결정 구조를 점진적으로 비정질로 변태되도록 제조된 재료(frictionally transformable material)인 metamorphic 합금이 개발되었다. 이 합금은 Fe-Cr-B 를 기초로 해 비정질 형성을 위해 첨가된 Si 및 Mn 의 원소로 구성된 화학 성분계로 이루어져 있다. 결정 구조가 마모에 의해 비정질화되면 경도가 증가되어 내마모성이 급격히 상승하게 된다[1]. 이 재료는 내마모성 이외에도 용접성이 우수할 뿐 아니라 가공 절삭성, 내충격성 및 내식성 등이 매우 우수하다고 알려져 있다[2,3].

최근 저자들은 Fe-Cr-B 계 metamorphic 합금으로 형성된 육성 용접부의 경우 균열 감수성이 매우 높음을 보고하였다[4]. 이와 같은 육성 용접부의 균열을 방지하기 위해서는 예열의 적용이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 metamorphic 합금 육성 용접부의 균열 발생에 미치는 모재 두께 및 육성층의 layer 즉, 냉각 속도의 영향을 평가하고, 이에 대한 최저 예열 온도를 설정하고자 하였다. 또한, OM 및 SEM 을 이용하여 균열에 대한 분석을 실시하므로써 metamorphic 합금 육성 용접부에서의 균열의 전파 특성을 평가하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용된 재료는 MIG 용접용 1.6φ wire인 metamorphic 합금으로, Fe - 26~30 wt.%, Cr - 3.5~4 wt.%, B - 2~2.6 wt.%, Mn - 1.2~1.6 wt.%, Si - max. 0.2 wt. % C 의 화학 성분계를 가지고 있다. 육성 용접은 일반 연강을 사용해 140A-20V-10cm/min. 의 조건으로 MIG 용접을 실시하였다. 육성 용접부의 균열 현상은 P. T 시험에 의해 총 용접 길이에 대한 표면 균열 길이로 평가했으며, 균열부를 개방시킨후 그 파단면 형상은 주사 전자 현미경(SEM)으로 관찰하였다. 주된 실험 변수는 모재의 두께(10, 20, 35 mm)와 육성 용접 layer 수(1과 2)이며, 균열 방지를 위하여 적용된 예열은 상온~600℃ 까지이다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1 (a)에 metamorphic 합금 육성 용접부에서 관찰되는 전형적인 균열 양상을 나타내었다. 용접부의 균열은 주로 용접선에 transverse한 방향으로 발생되었으며, 모재 두께가 증가됨에 따라 이러한 경향은 현저하였다. 이들 균열은 용고 직후에서 발생된 것이 아니라 냉각 과정 즉 예열 온도 이하에서 발생하는 특성을 보이고 있어, 일종의 solid state cracking 이라 할 수 있다. 이는 용접부의 냉각 과정시 bead 표면부에 수축 응력의 작용으로 인해 균열이 개시되어 침상의 석출물인 Cr₂B와 matrix간 계면을 따라 전파되었다(Fig. 1 (b) 참조).

Metamorphic 합금 육성 용접부의 균열 발생에 미치는 모재의 두께 및 육성 용접 layer의 영향을 Fig. 2에 예열 온도의 함수로 나타내었다. 1 layer 육성 용접의 경우를 Fig. 2 (a)에 나타내었는데, 모재의 두께가 증가할 수록 균열 발생 방지를 위한 최저 예열 온도는 증가됨을 보여주고 있다. 모재의 두께가 10t, 20t, 35t로 증가함에 따라 최저 예열 온도는 각각 300°C, 450°C, 500°C로 증가하였다. 즉, 동일한 예열 온도의 경우, 모재 두께가 증가함에 따라 metamorphic 육성 용접부에서의 균열 발생율은 증가됨을 알 수 있었다. 모재 두께에 따른 최저 예열 온도를 기준으로, 2 layer 육성 용접을 실시한 결과를 Fig. 2 (b)에 나타내었다. 2 layer 육성 용접중 모재의 두께가 10t인 경우 예열 온도가 증가함에 따라 균열 발생율은 1 layer 용접의 경우보다 더 현저하게 감소하였으나, 1 layer에 비하여 균열 발생 방지를 위한 최저 예열 온도는 약 50°C 증가하였다. 그러나, 모재의 두께가 20t와 35t인 경우에 최저 예열 온도는 1 layer에서 얻은 값과 동일하였다.

4. 결론

Fe-Cr-B 계 metamorphic 합금 육성 용접부의 균열은 solid state cracking의 일종으로 주로 용접선에 transverse하게 발생하는 특성을 가지고 있다. 이를 방지하기 위해서는 적절한 예열의 적용이 필수적이며, 최저 예열 온도는 모재의 두께가 증가할 수록 증가하였다.

5. 참고문헌

- 1) USA Patent No. 4725512 (1988)
- 2) USA Patent No. 3856513 (1974)
- 3) Y. Borisov et. al. : Pro. 1993 National Thermal Spray Conf., Ed. C.C Berndt and T.F.Bernecki, ASM, Anaheim Calif. U.S.A., p.531-53
- 4) J. G. Youn et. al. : Proc. of the ninth conf. on mechanical behaviors of materials, Kwangyang, Korea, October 6~7, 1995, p. 369~377

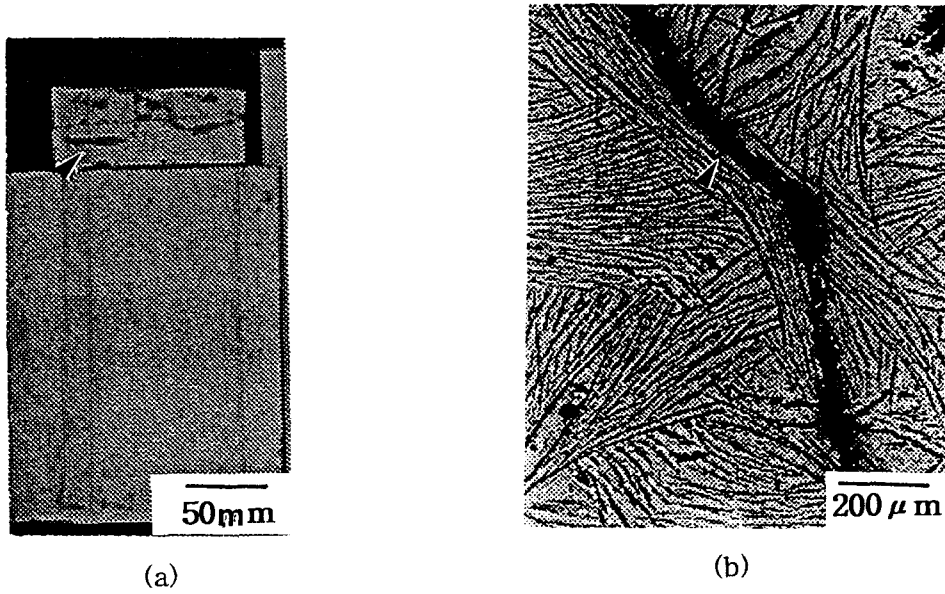


Fig.1 (a) Macrographic and (b) Micrographic appearance of cracked weld

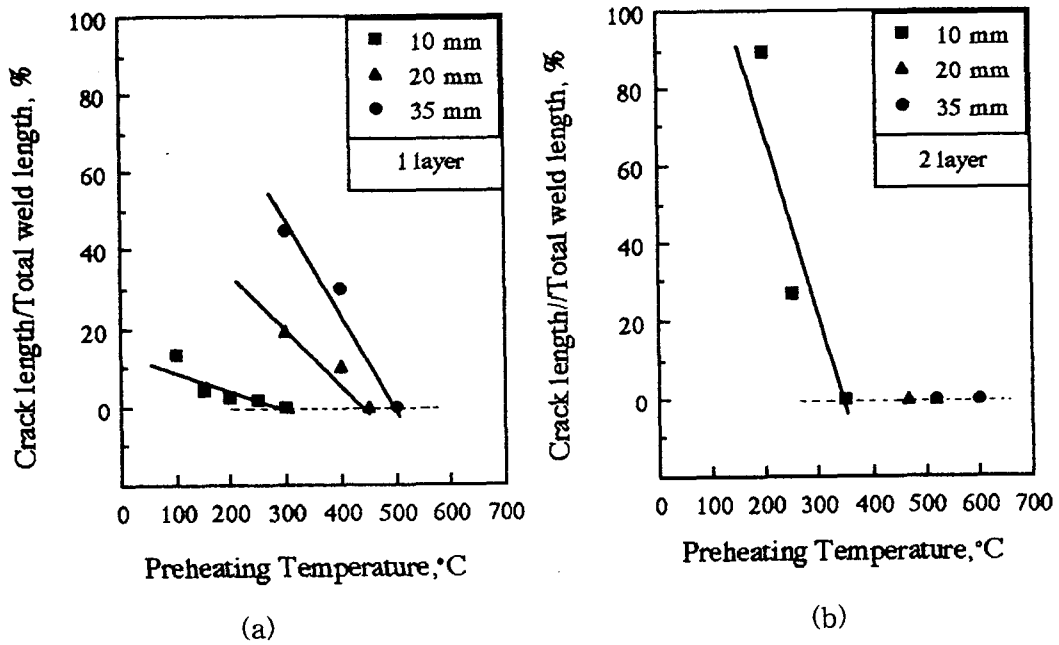


Fig.2 Effect of preheating temperature on the cracking of the (a) 1 layer, (b) 2 layer overlaid weld deposited by a Fe-Cr-B based metamorphic alloy.