

API-X70 강의 레이저-아크 하이브리드 용접 및 SAW 용접부의 미세조직에 관한 연구

A study on the microstructure on welded zone of Hybrid Welding and Submerged Arc Welding in API X70 steel.

임태훈*, 이목영*, 김기철*

* (재) 포항산업과학연구원 용접센터

1. 서 론

레이저-GMA 복합용접은 아크열로 소재에 예열효과를 주어 레이저 빔의 흡수율이 향상되며, 용접와이어를 용융시키므로 레이저 빔의 손실이 적다. 또한, 소재 이음부의 간극을 용융된 용접와이어로 충전함으로써 우수한 용접 품질을 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 여러 가지 공정변수가 용접성에 영향을 미치므로 용접 공정이 복잡하다. 용접품질은 레이저빔과 아크의 상호 작용에 크게 의존하므로 시스템 구성이 어렵다. 따라서 복합용접 기술의 여러 장점에도 불구하고 아직까지 널리 상용화되지 못하고 있다. 그러나 이러한 기술적 문제점이 극복되면 자동차, 조선, 라인파이프 등 여러 산업분야에 폭 넓게 적용될 것으로 예상된다.

한편, 원유나 천연가스를 수송하는 라인파이프는 API 강을 중심으로 발전하여 왔다. 현재까지의 용접법은 주로 SAW법에 의한 용접이 진행되고 있으며, API 강재에 대한 하이브리드 용접을 적용한 예는 전무한 상태이다. 따라서, 본 연구에서는 API X70강을 대상으로 2kW급 Nd:YAG 레이저와 GMA 용접을 이용한 복합용접 기술을 적용하여 X70강의 하이브리드 용접 기술의 적용가능성의 일환으로 용접조건에 따른 미세조직의 변화를 관찰하였으며, 서브머지드 아크 용접의 미세조직과 비교, 분석하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

본 연구에서 사용한 재료는 두께 15mm의 라

인파이프 강의 일종인 API X70강을 사용하였다.

Fig. 1은 본 연구에서 사용한 레이저 아크 복합용접장치로서 독일 HAAS사의 최대출력 2kW 및 Lamp 여기 방식의 Nd:YAG 레이저 용접기이다. 아크 용접토치는 레이저 헤드와 일체로 되어 있으며, 상하의 이송이 가능하여 초점위치의 변경이 가능하도록 설계되었다.

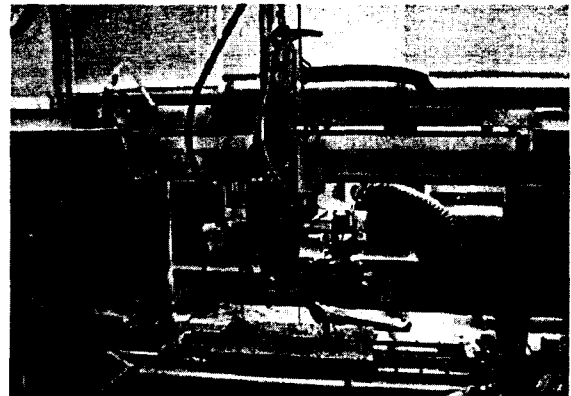


Fig. 1 The device of Hybrid welding used in this study.

Table 1. Conditions of Hybrid welding.

Laser Power	2kW
Welding speed	0.3m/min
Focusing optics	Lens
Focal length	200mm
Gap	0~0.8mm
Laser-Arc distance	6.5~8mm
Arc volt, current	20V, 150A
Weld wire	SM70, Ø1.2mm

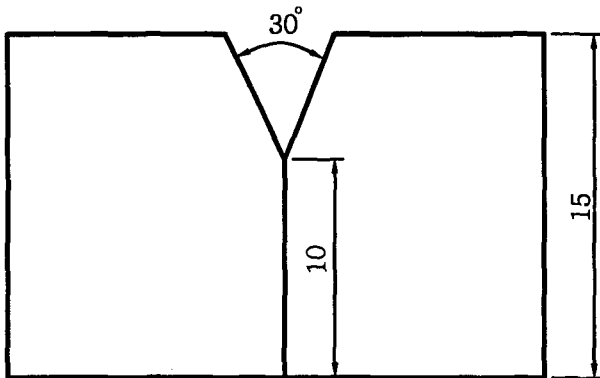


Fig. 2 Shape of groove.

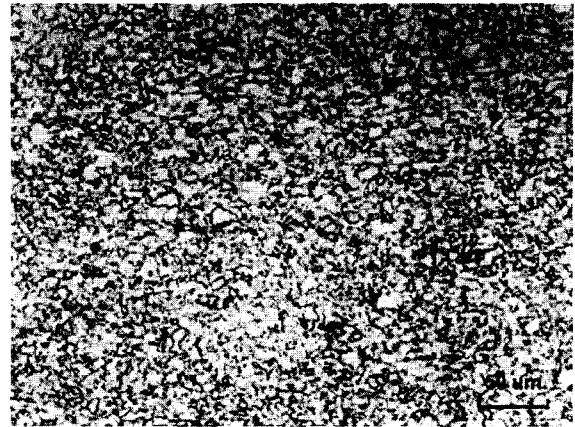


Fig. 3 Microstructure of base metal in API X70 steel.

또한, 레이저-아크 간 거리의 정밀설정 및 레이저 빔과 아크 중심선의 각도 변경이 가능하도록 설계하였다. 용접헤드의 구성은 레이저 빔이 선행, GMA 아크를 후행이 되도록 하였다.

Table 1에 본 연구에서 사용된 시험 조건을 나타내었다. 아크 전류는 150A로 설정하고, 용접 와이어는 SM70, 와이어 지름은 $\varnothing 1.2\text{mm}$ 로 하였다. 시험에 사용된 분위기 가스는 $\text{CO}_2(20\%)$ $\text{Ar}(80\%)$ 의 혼합가스를 사용하였으며, 공정 변수로 이음부 간극, 레이저-아크의 거리 등을 변화시켰다.

Fig. 2는 본 실험에서 사용한 그루브 가공형을 나타낸 것이다. Single V groove로 채택하였으며, 이는 레이저 빔에 의한 깊은 용입을 유도하고 아크 용접시 발생할 수 있는 용입 부족 현상을 고려하여 가공하였다. 조직관찰은 3% Nital로 약 7~8초간 에칭하여 광학현미경으로 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 실험결과 및 고찰

Fig. 3은 본 실험에서 사용한 강의 모재를 광학현미경으로 관찰한 것이다. 페라이트가 주 조직으로 이루어져 있다.

Fig. 4의 a) 레이저 단독 용접, b) 하이브리드 용접이지만 레이저 빔과 아크 토치의 거리(8mm)가 멀어 아크의 영향이 미흡한 용접, c) 레이저 빔과 아크 거리(6.5mm)가 적절하여 양호한 용입을 보인 용접부의 용착금속 조직을 광학현미경으로 500배 확대한 조직사진이다. a)의 경우는 acicular ferrite, side plate ferrite,

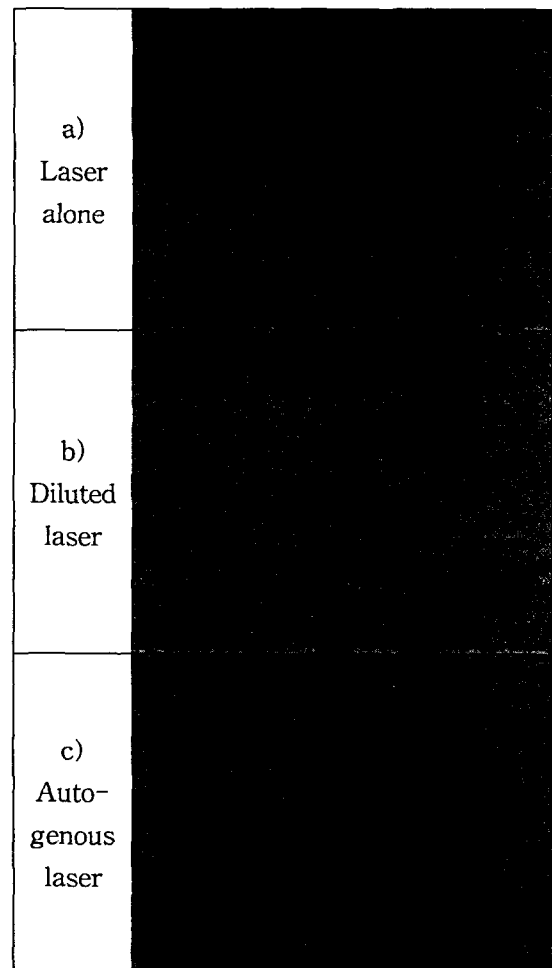


Fig. 4 Microstructures of weld metal in weld zone.

그리고 intergranular ferrite가 공존하고 있으며, b)의 경우는 다른 두 용착금속과는 상당히 다른 미세조직을 보이고 있는데, 이것은 합금원소 첨가량이 적은 용접재료에서 회석량의 차이가

용착금속의 성분에 차이가 발생하였기 때문에 미세조직의 변화가 발생한 것으로 사료된다. c)의 경우에는 intergranular ferrite가 많이 성장한 것을 관찰하였는데, 하이브리드 용접후 서냉하면서 용착금속 내에서 조직이 조대해진 것으로 Fig 5의 SAW법에 대한 용착금속과 비교해 보면 미세조직이 c)의 경우와 상당히 비슷하였고, SAW법의 intergranular ferrite의 조직이 좀 더 조대한 것을 알 수 있었다.

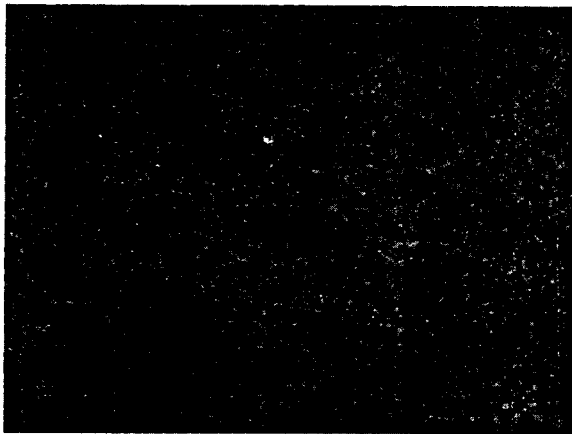


Fig. 5 Microstructure of weld metal by SAW.

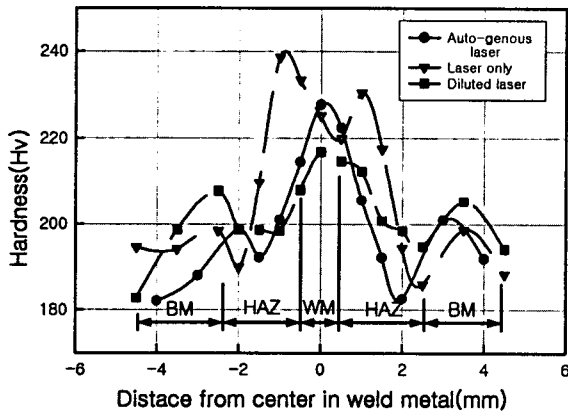


Fig. 6 Comparison of Hardness at each welding conditions.

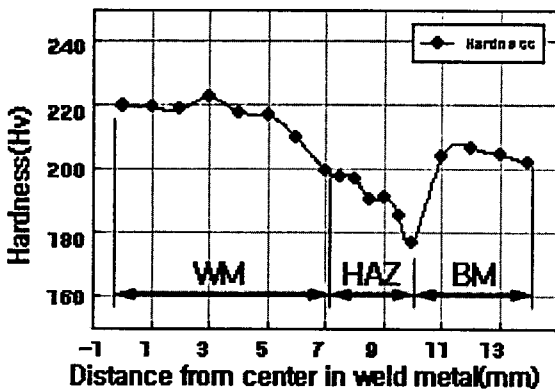


Fig. 7 Hardness for weld zone by SAW

Fig. 6과 Fig. 7은 각각의 미세조직에 대한 경도 분포를 나타낸 것이다. SAW는 최고 경도가 220정도이지만 레이저 단독용접에서는 약 240으로 높은 경도 값을 가지고 있으며 하이브리드 용접과는 전체적인 경향이 비슷하게 나타났다.

4. 결 론

여기에서 API X70강의 하이브리드 용접의 용착금속, SAW 용접의 미세조직을 비교, 관찰해본 결과

1) Diluted laser는 Autogenous laser와 SAW의 용착금속과는 다른 미세조직이 나타났다. 이는 용접봉에서의 희석량 차이가 원인인 것으로 사료된다.

2) SAW법과 하이브리드 용접법은 용착금속에서 미세조직이 비슷한 양상을 보였으며, 경도의 분포 또한 유사하다.

참고문헌

1. L. E. Collins et al : Microstructures of linepipe steels , Canadian Metallurgical quarterly, Vol. 22, No. 2, pp. 169-179, 1983.
2. R. Mendoza et al. : Development of an API 5L X-70 grade steel for sour gas resistance pipeline application, Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 8, No. 5, pp. 549-555, Oct. 1999.