Ni계 PTA 용접부의 용접성 연구

A Study on the Weldability of Ni-base Alloy PTA Welding

한 명 섭*, 배 상 득**
* 현대중공업 산업기술연구소 재료연구실
** 현대중공업 산업기술연구소 용접연구실

1. 서 론

고밀도 열원을 이용하여 금속 표면을 육성하는 방법은 재료 표면의 내마모성과 내부식성을 증대하기 위하여 상업적으로 널리 사용되고 있다. 특히 PTA(Plasma Transferred Arc) 육성용접은 개발된 이후 필요한 변수가 너무 많아 오랫동안 폭넓게 적용이 되지 못하고 경제성보다는 안전성이 우선인 핵시설물, 화학설비 및 엔진설비에 아주 우수한 코팅 품질을 필요로 하거나 재료측면에서 다른 방법을 사용할 수 없는 경우에만 적용이 되어왔다. 그러나 최근에 들어 많은 연구에 의하여 코팅의 특성에 미치는 영향을 파악하게 됨으로써 PTA 육성용접이 신뢰성이 있으며, 다른 육성방법에 비해 우수한 공정으로 자리를 잡게 되었다[1]. 한편 PTA 육성용접은 낮은 dilution과 좁은 열영향부 그리고 상대적으로 높은 적층율의 특성이 있어 큰 부피를 코팅하거나 중요한 부품에 적용하기에 적합하다. 특히 디젤엔진의 구조부재인 배기밸브는 내열강이나 스테인레스강 등의 본체의 페이스면, 즉 밸브시이트와의 접촉면에 국부적으로 높은 내마모성이 요구되는 됨에 따라 종래에는 Fe 및 Co기 합금분말을 사용해서 PTA 육성용접법이나 레이져빔 육성용접법 등을 적용하여 제조되는 것으로 알려져 있다. 그러나 최근 디젤엔진의 고출력화 및 고속화에 따라 연소실의 온도와 압력이 높아져 엔진의 구조부재인 배기밸브도 보다 한층 고온·고압의 분위기에 노출되게 되어 종래의 페이스면에 육성용접된 재질의 고온 내마모성이 충분하지 않기 때문에 페이스면의 마찰진행이 빠르게 되는 문제가 발생하여 보다 고온 내마모성을 가지는 Ni기 합금분말에 대한 적용성이 검토되었다[2].

본 실험에서는 배기밸브에 Ni기 합금분말에 대한 최적 육성조건을 도출하기 위해 PTA 육성용접 공정변수인 용접속도, 분말공급량 및 예열온도 변화에 따른 NiCr12B 합금 육성층의 희석율, 경도 및 적층 높이에 대한 의존성을 고찰하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 오스테나이트계 스테인레스강(SNCrW) 모재에 NiCr12B 합금 분말을 이용하여 PTA 육성용접을 하였으며, 육성용접조건은 분말송급량, 용접속도, 그리고 모재의 예열온도 등을 변수로 실시하였다. 육성층에 대한 특성 분석 평가는 희석률과 최대 적층 높이를 측정하였고, 아울러 육성용접층의 미세조직은 광학현미경과 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다. 그리고 육성층 표면에서 모재의 열영향부까지 육성층 단면의 경도분포를 일정 간격으로 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 육성용접층의 희석률에 미치는 육성용접조건의 영향

PTA 육성용접에 있어 모재의 희석률에 의해 육성용접층의 물성이 결정되므로 모재의 희석작용을 적게 할 수 있는 적절한 육성용접조건을 선정하는 것이 중요하다. Fig.1은 main arc current를

140A로 고정하고 분말송급량 및 이송속도를 변화시킨 시편 초층의 Fe성분에 대한 희석률을 평가한 결과로 일정한 이송속도 하에서 분말송급량을 1.25kg/h에서 2.0kg/h로 증가시킬 경우 희석률이 20%에서 5%로 급격히 감소하였다. 또한 분말송급량을 유지하고 이송속도를 5.6cm/min에서 7.8cm/min으로 증가시킬 경우에는 분말공급량이 작은 경우에는 15%이상의 높은 희석률을 나타내었으나, 분말송급량이 큰 경우에는 5%의 낮은 희석률을 가지며 이송속도 증가에 미소하게 증가하였다. 일반적으로 희석률이 10% 정도일 때 육성층의 물성이 가장 양호한 것으로 알려져 있다.

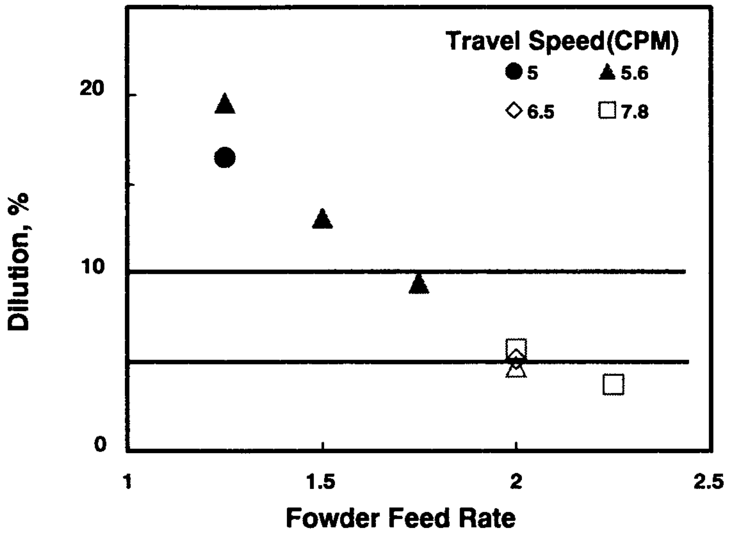

Fig. 1 dilution rate with the variation of PTA weld condition

3.2 육성용접조건에 따른 균열 민감성

각 용접조건으로 제작된 시편에 대한 균열 민감성을 평가한 결과 분말 송급량을 2kg/h이상에서 용접속도를 변화시켜 용접을 실시할 경우에 용접 중에 용접진행 방향과 수직한 횡균열(transverse crack)이 발생되었으며, 특히 용접속도가 매우 빠른 육성용접 조건하에는 초층 용접과정에서부터 균열이 발생되었다.

3.3 육성용접조건에 따른 경도 변화

각 PTA 육성용접 시편에 대한 단면 경도 분포를 측정한 결과는 Fig.2와 같다. 일정한 용접속도로 분말송급량을 1.25kg/min으로 용접한 경우 초층의 경도가 HV_{10} 350의 낮은 경도를 나타내었으나, 분말송급량 증가에 따라 경도가 증가되어 분말송급량이 1.5kg/min인 경우는 초층의 경도가 HV_{10} 500이상으로 증가되고 2층과 3층의 경도도 HV_{10} 510이상을 가지는 양호한 경도 분포를 나타내었다. 그리고 400℃ 예열상태로 용접한 경우에는 분말송급량이 가장 적었던 조건과 유사하게 낮은 경도 (HV_{10} 360)를 나타내었다. 또한 작업성 향상을 위해 분말송급량을 2.0kg/h이상으로 증가시킨 무예열 육성용접층의 경우에 육성용접층의 경도가 전부 HV_{10} 550이상의 높은 값을 나타내었으나, 용접 과정에서 용접 진행방향과 수직한 횡균열이 발생하였다.

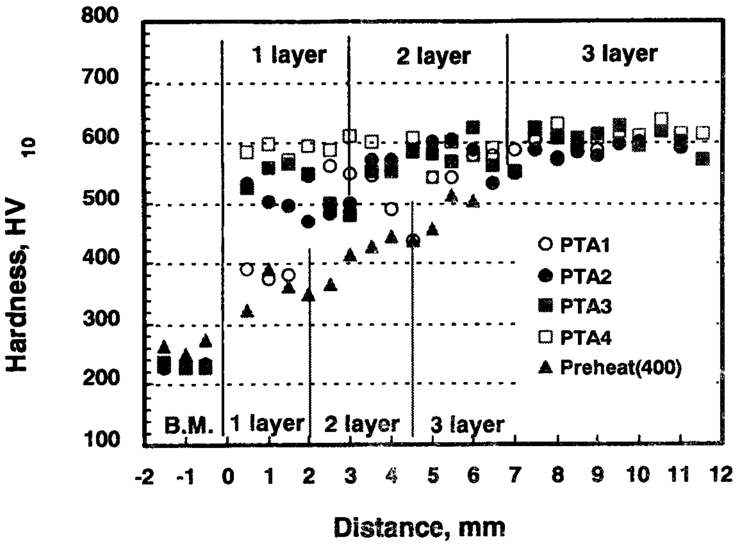

Fig. 2 Vickers hardness distribution with the variation of PTA weld condition

4. 결 론

1) 육성용접부의 희석률은 분말공급량을 증가시킬수록 급격히 감소하였고 이송속도의 증가에 따른 변화는 분말송급량이 작을 경우에는 급격히 증가하였으나, 많을 경우에는 거의 변화가 없었다.

2) 예열온도가 증가할수록 초층의 경도가 낮아지고 Fe성분의 희석률이 증가하였다.

참고문헌

1. 김영섭 ; "PTA 육성용접", J. of KWS, 14-2(1996), pp28-35

2. 김형준, 김용진 ; "저탄소강의 플라즈마 육성층특성 평가", 대한금속학회지, 35-3(1997), pp374-380