

Inconel 617 GTA 용접조건에 따른 미세조직 특성 및 기계적성질

The Microstructures and Mechanical Properties on the GTA Welding conditions of Inconel 617

최성부*, 이봉근**, 강정윤**

* 한국원자력안전기술원

** 부산대학교 재료공학부

ABSTRACT Inconel 617 is a solid solution, nickel-chromium-cobalt-molybdenum alloy with an exceptional combination of high temperature strength and oxidation resistance. The combination of high strength and oxidation resistance at temperatures over 1800°F makes Inconel 617 an attractive material for such components as ducting, transition liners in both aircraft and gas turbine. In this study, the weldability and weldment characteristics of Inconel 617 are considered in GTAW associated with the two welding current and with back shielding gas using or not. After GTAW with 120A and 150A current, microstructures and hardness test, bending test, tensile test on room and elevated temperature for the determination of optical welding condition.

1. 서 론

초내열합금은 고온 강도와 내산화 및 부식저항성을 함께 가진 우수한 재료로서 선진국에서는 제트 엔진이 실용화되기 시작한 1940년대 말부터 활발한 기술개발이 이루어져 항공기를 비롯하여 많은 분야에서 이용되고 있다. 이러한, 초내열합금은 Ni기, Co기 및 Fe기로 분류되는데, Ni기 초내열합금은 Ni과 Cr이 복합적으로 작용하여 내산화성을 향상시키고, 스테인리스강보다 강도가 우수하며, 650°C 이상에서는 더욱 우수하여 주로 고강도와 내산화성, 내식성을 많이 요구되는 분야에 광범위하게 적용되고 있다. Ni기 초내열합금 중에 Inconel 617강은 국내·외 발전산업의 가스터빈 연소실용 기기 재료로 중요하게 사용되고 있다. 가스터빈 연소실용 기기 제작 기술은 기술 선진국에서만 보유하고 있으며, 보수 및 정비 시 교체 부품을 전량 해외에 의존하고 있는 실정이다. 더욱이 향후 전력 수급대책의 일환으로 가스터빈 이용이 점차 증가하고 있는 추세이므로 국산화 개발이 시급한 실정이다. 용접 기술의 국산화 개발 시 구매기간을 단축할 수 있을 뿐만 아니라 고 부가가치제품의 국산화로 외화절감의 효과를 기대할 수 있다. 이러한 효과는 관련 중소기업의 경쟁력 강화에도 크게 기여할

수 있을 것으로 사료된다. 따라서 Inconel 617강의 용접부 특성을 분석하고 물성적인 측면에서 그 안정성을 확보하고자 GTAW 용접전류값 변화 및 back shielding gas 사용 유무에 따른 용접 특성을 규명하고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1 모재 및 용접재료

Inconel 617강은 내산화성 및 고온 파괴강도가 아주 높은 고용강화 처리된 Ni-Cr-Co-Mo 합금이다. 산화 및 침탄 분위기가 반복적으로 가해질 때 특히 우수하다. Co와 Mo에 의해 고용강화가 이루어지며, 높은 Ni, Cr 함량이 산화에 대한 저항성을 유지시킨다. 특히 Al 함량은 고온에서 내산화성을 향상시킨다. 따라서 Inconel 617강은 980°C 이상의 고온에서 강도와 내산화성을 가진다. 본 연구에 사용된 모재는 Inconel 617강으로 두께는 8mm인 판재를 사용했으며, GTAW 용접재료는 AWS A5.14(ERNiCrCoMo-1) 직경 1.6mm를 사용했다. 표 1과 표 2에 모재와 용접재료의 화학조성을 나타냈다.

표 1. Inconel 617의 화학조성(ASM B168)

Element(wt.%)										
Ni	Cr	Co	Mo	Al	C	Fe	Si	S	Ti	Cu
50.2	22	13	9	1.2	0.1	2	0.8	0.01	0.4	0.4

표 2. GTAW 용접재료의 화학조성(AWS A5.14)

Element(wt.%)										
Ni	Cr	Co	Mo	Al	C	Fe	Si	S	Ti	Cu
49.4	23	12.8	10	1.0	0.1	1.6	0.9	0.01	0.5	0.3

2.2 용접

2.2.1 용접조건

시험편은 편면(single vee) 개선으로 개선각도는 60°로 하고 root 이음부 간격을 1.5mm로 했다. 가스터빈 연소실 기기는 관 형상이 많으므로, 관 형상으로 벤딩한 후 아래보기 자세로 용접하였다. 용접전류는 120A와 150A를 사용하고, back shielding gas 사용 유무에 따른 용접부를 관찰하였다. 표 3에 용접조건을 나타내었다.

표 3. 용접조건

전류 (A)	전압 (V)	입열량 (kJ/cm)	층간온도 (°C)	back shield 유량(l/min)
120A	14V	10.4	150°C 이하	10 l/min
150A	15V	12.9		

2.2.2 실험내용

본 실험의 GTAW 보호가스는 99.99%Ar을 사용하여 back shielding gas 사용 유무에 따른 용접성을 확인하였으며, 용접전류 120A 및 150A를 사용하여 미세조직관찰과 경도시험, 굽힘시험, 상온 및 고온 인장시험을 하였다.

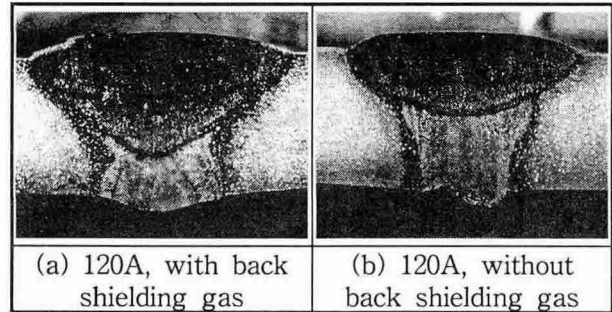
3. 실험 결과 및 고찰

3.1 용접부 미세조직

GTAW back shielding gas 사용 유무에 따른 용접성의 차이점을 관찰하였는데, 용접시 이면 보호가스(back shielding gas)를 사용하지 않으면, 용접부가 치지는 현상이 발생하므로 건전한 용접부를 얻기 위해서는 반드시 이면 보호가스가

필요하다. 그림 1에 back shielding gas 사용 유무에 따른 용접부의 단면조직을 나타내었다.

그림 1. Back shield 有無에 따른 용접부



또한, 용착금속의 조직은 미세한 dendrite 조직으로 구성되어 있고, HAZ는 300µm~500µm 정도로 매우 좁았으며, 120A~150A의 용접전류 범위에서는 미세조직의 변화가 관찰되지 않았다. 그림 2와 3에 용접부의 SEM 사진을 나타내었다.

그림 2. 용착금속의 SEM 사진(용접전류 120A)

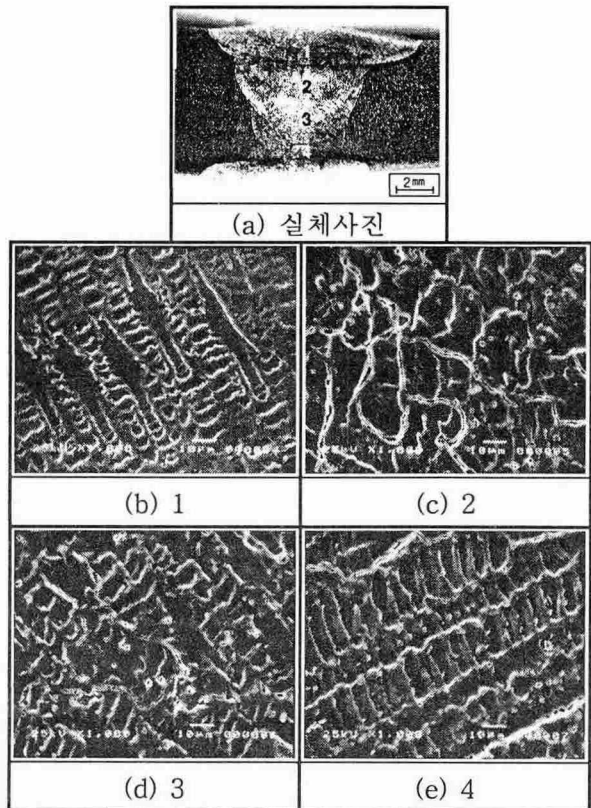
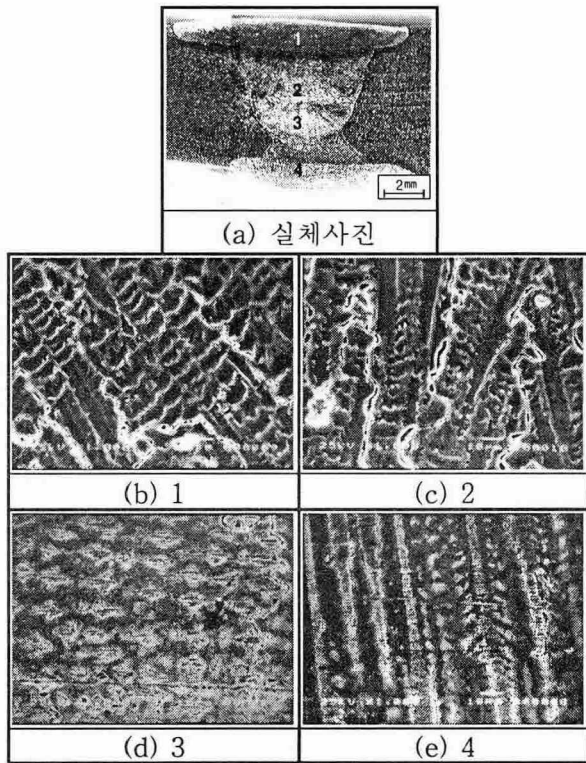


그림 3. 용착금속의 SEM 사진(용접전류 150A)

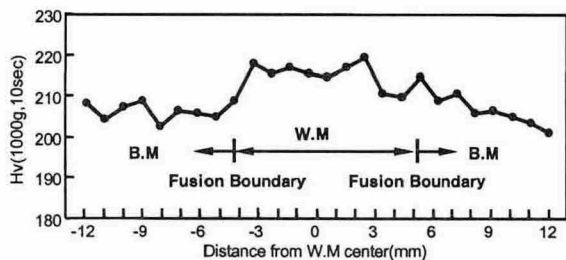


3.2 기계적성질

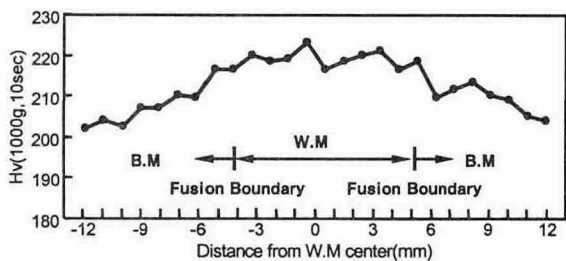
1) 경도시험

용접부 근방의 경도 분포를 조사한 결과, 경도는 용착금속이 가장 높고, 모재가 가장 낮았으며, HAZ에서는 용착금속보다 낮았으나, 모재 쪽으로 갈수록 감소하였다. 그림 4에 용접부 경도분포를 나타내었다.

그림 4. 용접부 근방의 경도분포



(a) 용접전류 120A 사용



(b) 용접전류 150A 사용

2) 굽힘시험

모재와 용접부에 대하여 굽힘시험을 실시하여 비교한 결과, 용접전류 120A 및 150A에서 용접한 시험편 모두 180° 굽힘시험에서 균열이 발생하지 않았다.

3) 상온인장시험

용접전류 120A 및 150A에서 용접한 시험편에 대하여 상온 인장성질을 모재와 비교한 결과, 인장성질은 모재와 대등하였다. 다만, 120A에서 용접한 시험편 중에서 용접부에서 파단한 시험편은 다층용접 시 각 층 사이에 청소 불량으로 용착불량이 존재하여 인장성질이 다소 낮아진 것으로 판단된다. 용접부의 각 패스 사이에 청정도에 주의하면 용접전류 120A에서도 모재에 필적하는 인장강도를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, Inconel 617강의 용접 시 전처리가 아주 중요하다.

4) 고온인장시험

용접전류 120A 및 150A에서 용접한 시험편을 300°C 고온인장시험을 수행한 결과, 모두 모재에서 파단 되었으며, 인장성질도 모재와 대등하였다.

4. 결 론

120A와 150A의 용접전류마다 용접특성에 약간의 차이는 있었지만 모두 비교적 양호한 결과를 보여주었다. 실험결과로부터 본 실험에서 제시한 기본 용접조건(이음부 형상, 보호가스 유량 등)과 용접전류 120A~150A로 용접하면, 모재의 기계적성질에 필적하는 접합이음부를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Kewther, M.A,(2001) "Tensile and fatigue testing of Inconel 617 alloy after heat treatment and electrochemical tests", Industrial Lubrication and tribology., Vol.53 No.3 pp112-118
2. 박경동, 진영범(2004)"구조용 인코넬강의 환경강도의 용접특성에 관한 연구", 대한기계가공학회 추계학술대회 논문집 pp216-220
3. 용접공학핸드북 : 과학기술