

Ni기 초내열합금 Nimonic75 용접부의 미세조직 및 기계적 성질에 관한 연구

(The Study on the Microstructures and Mechanical Properties of welded Ni-base Nimonic75 superalloy)

최기용* 신관우**강정윤*

* 부산대학교 금속공학과 ** (주)성일기계

1. 서론

가스터빈 기술은 High Tech 분야로 현재까지 설계 및 제작기술이 미흡하고 기술 선진국에서만 보유하고 있으며 보수 정비 시 교체 부품을 전량 해외에 의존하고 있는 실정이다. 향후 전력 수급대책의 일환으로 가스터빈 이용이 점차 증가하고 있는 추세와 더불어, 복합화력발전 설비의 가스터빈 연소실 내부온도는 1200℃ 이상 가열되므로, support cylinder의 고온부는 내열성이 우수한 Ni기 초내열합금인 Nimonic 75가 사용되고 있고, 특히 고온부는 운전 중 재질열화가 촉진되어 주기적으로 교체하는 경우가 많고, 가격도 아주 고가이다. 따라서 support cylinder의 국산화 개발이 시급한 실정이다. 그러나 Nimonic 75의 용접에 대한 보고는 거의 없는 실정이다. 본 연구는 support cylinder의 제작 기술을 국산화하기 위한 일환으로 수행되었으며, 제작기술 중에서도 가장 주요한 기술인 Nimonic 용접기술을 확립하는 것을 목적으로 용접조건에 따른 용접부의 미세조직 및 기계적 성질을 검토 하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

사용된 모재는 Nimonic75이고 용접봉은 INCO사에서 제작된 NC80/20을 사용하였으며 화학조성은 Table.1과 같다.

Table.1 Chemical compositions of Nimonic75 and electrode.

Material	Ni	Cr	Ti	Fe	Mn	Si	C	Others
Nimonic75	Bal.	19.5	0.4	3.0	0.3	0.3	0.1	0.4↓
NC80/20	Bal.	10~21	-	0.5↓	1.2↓	0.5↓	0.26↓	0.5↓

용접은 TIG(GTAW)로 3pass하였으며 back shield용 치구를 사용하였다. 용접 조건은 100A일 때 13.5cm/min, 150A일 때 15.5cm/min의 두 가지 조건으로 기계적 성질을 비교하였으며 용접봉 직경은 1.6φ를 사용하였다.

XRD를 통하여 모재의 상분석을 실시하였고, 용접부의 미세조직은 광학현미경 및 SEM으로 관찰하였으며 EDX로 성분분석 하였다.

기계적 성질은 경도, 상온인장 및 고온인장, 굽힘, 충격시험 등을 실시하여 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig.1은 모재, HAZ, Bond 및 용착금속의 SEM 조직을 나타낸 것이다. Fig.1(a)에서 모재의 각 상은 오스테나이트 matrix에 각형의 조대한 개재물(A), 구형의 검은 상(B) 및 백색의 미세한 상(C)으로 이루어져 있으며 입계에서 필름 형태의 백색상이 존재하는 부분(D)도 있다. EDX분석결과 조대한 개재물은 Ti피크만이 나타나는 것으로 보아 Ti 개재물로 추정되며 구형의 검은상과 미세한 백색상 및 결정입계의 필름모양의 상들은 모두 Cr피크가 나타나는 것으로 보아 Cr탄화물로 추정된다. 이들의 상분석을 위해 XRD 분석한 결과 오스테나이트 matrix가 관찰되었고 나머지 상들은 Cr_7C_3 와 TiN으로 판정되었다.

Fig.1(b)는 HAZ부 조직으로 모재에서 용착금속 쪽으로 갈수록 결정립이 조대화되고 Cr탄화물의 갯수가 급격히 감소하는 대신 크기가 커지는 경향을 보이는 것이 특징으로 나타났다.

Fig.1(c)는 Bond부의 조직으로 모재 및 HAZ와 다르며, Ti 질화물과 Cr탄화물 근방에 미세한 조직으로 둘러 쌓인 것이 특징이다. 이 미세한 입상은 Fig.1(d)의 용착금속의 덴드라이트 boundary에 존재하는 상과 유사하며, EDX 분석결과 같은 성분으로 밝혀졌고, 오스테나이트 matrix와 거의 유사한 조성을 가지고 있었다. 이것으로부터 Bond부는 Ti질화물과 Cr탄화물 주변이 일부 용융하여 재 응고한 조직으로 반응용구역으로 생각된다.

Fig.2는 100A 및 150A로 용접한 용접부 근방의 경도분포를 나타낸 것이다. 용접부의 경도분포에 미치는 용접전류의 영향은 거의 없으며 모재의 경도가 가장 높고, HAZ부의 경도는 용착금속 쪽으로 갈수록 급격히 저하하고 있다. 용착금속의 경도는 HAZ 근방이 가장 높고, 중심으로 갈수록 저하하는 경향이 있다.

Fig.3은 Nimonic75 모재 및 용접부의 상온 인장성질을 비교한 것이다. 모두 용착금속의 중앙에서 파단되었으며 모재의 상온 인장강도는 770MPa이고 100A 및 150A로 용접한 시험편은 각각 750MPa 및 720MPa이다. 따라서 100A에서 용접한 경우 150A에 비해 기계적 성질이 우수함을 알 수 있다. 굽힘 시험결과 100A에서 용접한 시험편은 120° 및 180° 로 굽힘 하여도 균열이 전혀 발생하지 않았으나, 150A로 용접한 시험편에서는 180° 굽힘시험 시 직경 1mm이하의 아주 작은 균열이 발생하였다. 따라서 용접전류가 100A일 때가 최적 용접조건으로 판단된다.

Fig.4는 최적 용접조건인 100A에서 맞대기 용접한 용접부와 모재의 샤르피 충격치 결과를 나타낸 것이다. 모재의 흡수에너지는 75~86J인 반면, HAZ는 106~110J정도로 높고, 용착금속부에서도 모재와 비슷한 78~86J 정도이다. 결국 충격특성은 모재보다 용접부가 더 우수하다고 할 수 있다.

Fig.5는 최적조건으로 판단된 100A에서 용접한 시험편에 대하여 700℃, 800℃, 900℃에서 고온인장시험을 실시하여 모재의 고온인장강도와 비교한 결과를 나타낸 것이다. 700℃ 및 800℃에서 용접부의 인장강도 및 항복강도는 모재의 강도와 거의 동일한 값을 가지고 900℃에서는 용접부가 모재 보다 약간 낮은 것을 알 수 있다. 연신율은 전온도 구간에서 모재에 비하여 낮은 경향이 있다.

이상의 기계적성질을 검토한 결과로부터 최적 용접조건인 100A의 전류로 용접한 용접부는 상온 인장성질이 모재의 수준이고, 굽힘특성도 우수하며, 충격치는 모재보다 우수하며, 고온강도는 모재와 거의 동일한 수준을 가지는 것으로 판단된다.

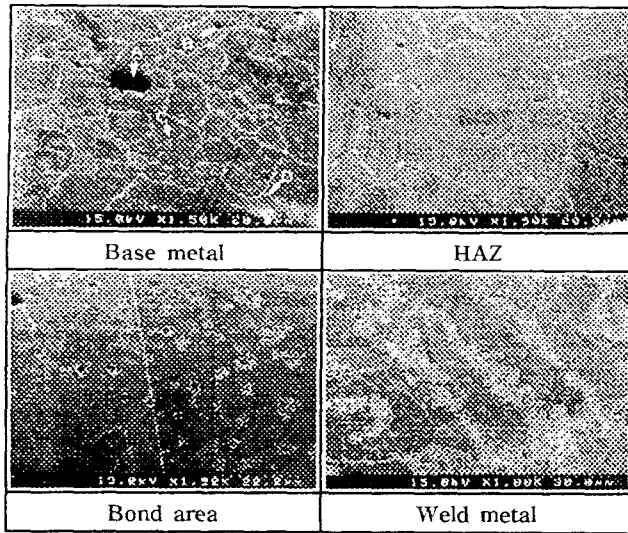


Fig.1 SEM microstructures of base metal, HAZ, bond area and weld metal.

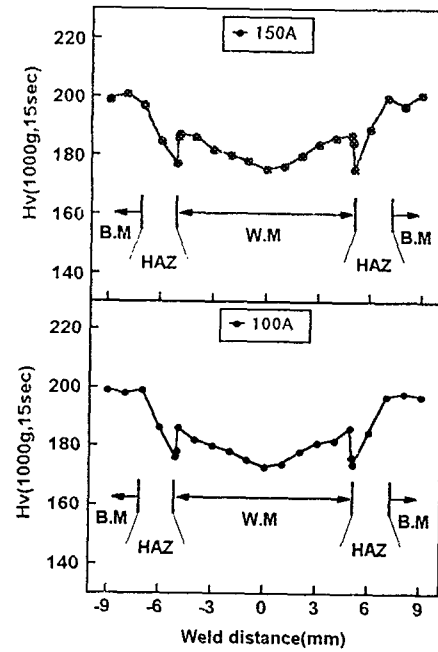


Fig.2 The changes of micro hardness depending on weld distance.

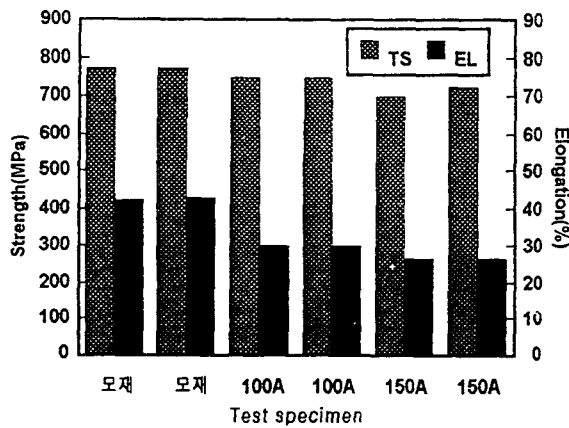


Fig.3 Tensile properties of butt welded joint and base metal.

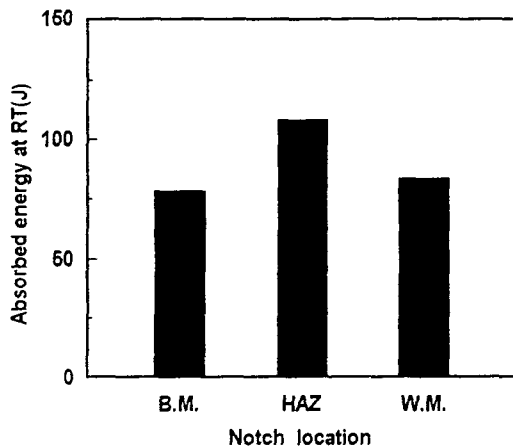


Fig.4 The effects of the notch location on the sharp impact energy.

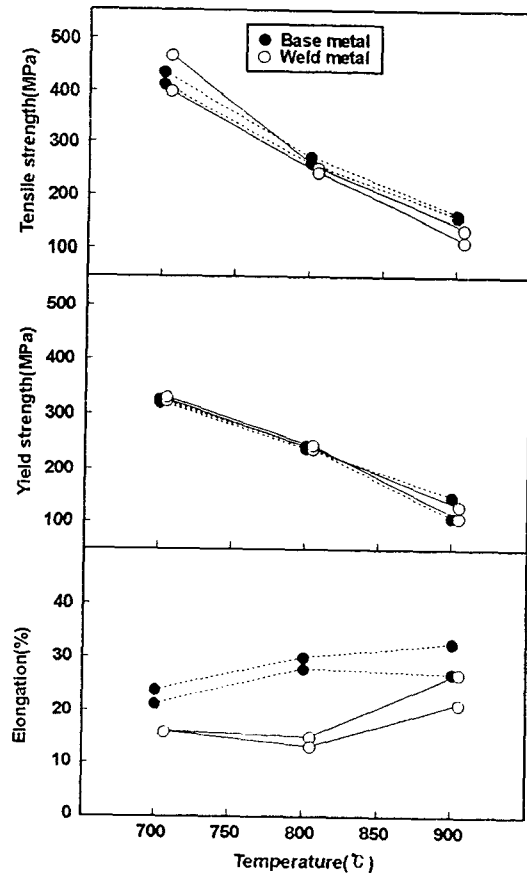


Fig.5 Variations of tensile properties with temperature