

Ni기 초내열 합금 용접부 균열 저항성에 미치는 입열의 영향

Effect of Welding Heat Input on Cracking Resistance of Precipitation Hardened Ni based Superalloy

김대영*, 김광수, 황종현
현대중공업(주) 산업기술연구소, 울산시 동구 전하동 1

1. 서 론

발전용 가스터빈의 터빈 블레이드 및 베인등과 같은 고온부 부품은 높은 운전 온도 및 극심한 산화분위기에 의해 열 피로 및 크리프 손상이 빈번하게 발생한다. 이들 손상된 고온부 부품은 경제적인 이유로 보수하여 재 사용하게 되는데, 용접, 감압용사 적층 및 brazing과 같은 여러가지 보수기법 중에서 아크용접에 의한 보수가 일반화 되어 있다. 최근의 발전용 가스터빈의 터빈블레이드 재료로는 석출 경화형 Ni기 초내열합금을 주로 사용하는데 이 재료는 용접 열항부에서 용접중이나 용접 후열처리중에 용접부 균열이 쉽게 발생하는 것으로 알려져있다. 용접부 균열은 작용응력이 재료의 균열저항성을 초과할때 발생하게 되는데, 석출 경화형 초내열합금의 경우 용접부 균열은 γ' 상의 석출이 일어나는 취성영역에서 용접열응력, 용접후열처리시 이완되는 잔류응력 및 γ' 상의 석출에 의한 변형율의 작용으로 주로 발생한다.

본 연구에서는 석출 경화형 Ni 기 합금인 IN738 합금 용접부의 특성에 미치는 용접조건 특히 용접입열의 영향을 조사하여 건전한 용접부를 얻을 수 있는 용접조건을 제시하고자 하였다.

2. 실험 방법

IN738 합금의 용접부 특성에 미치는 용접조건에 영향을 조사하기 위하여, 진공 주조한 판재 위에 용접입열을 변수로 GTAW 기법으로 Table 1의 용접조건으로 제살 육성 용접 시편을 제작하였다. GTAW 용접 시편에 대해서는 용접 후열처리 전후에 용접부의 표면에서 액상침투 시험법으로 그리고 수직 단면에서는 현미경 조사를 통하여 용접부의 균열 감수성을 평가하였다. 용접부의 특성과 균열감수성과의 관계를 조사하기 위해서 용접부의 단면에서 경도 분포를 평가하였다.

Table 1. GTAW welding conditions for IN738 alloy weldment

용접조건 시편명	전 류(A)	전 압(V)	속 도(mm/min)	입열량(kJ/cm)
5.5HI	138	12	180	5.5
7.5HI			130	7.5
9.5HI			100	9.5

3. 결과 및 고찰

용접 입열에 따른 IN738 제철 용접부의 균열 발생 양상은 Fig. 1의 액상 침투 시험 결과에서 보는 바와 같이 용접입열이 증가함에 따라 균열 발생량이 증가하는 경향을 나타낸다. 균열 발생 형태는 용접선에 수직인 횡균열이었으며 주로 fusion line을 따라 발생하였음을 알 수 있다. 이와 같이 fusion line을 따라 발생하는 용접부 횡 균열은 용접 입열이 증가에 비례하여 용착금속의 크기가 증가하고 이에 따른 용접 수축 응력의 증가에 의한 것으로 설명할 수 있다.

용접부 균열 저항성과 경도의 관계를 조사하기 위해, IN738 제철 용접부의 수직 단면에서 경도분포를 살펴보면 Fig. 2에서 보는 바와 같이 용접부 균열이 다량 발생한 9.5kJ/cm의 입열조건인 경우 fusion line 부근에서 극심한 경화 현상이 관찰되고, 균열발생이 없는 5.5kJ/cm의 입열조건인 경우에는 열영향부 연화 현상이 관찰된다. 이상의 입열의 크기에 따른 경도 분포 조사 결과로부터 IN738 용접부의 균열 저항성은 fusion line 부근의 경도 특성과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

IN738 석출 경화형 Ni기 초내열 합금의 GTAW 육성 용접부의 균열 저항성에 미치는 용접 입열의 영향에 대한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) IN738 초내열 합금의 육성 용접부의 균열 저항성은 입열량이 증가함에 따라 감소하며, 이는 입열량이 증가함에 따라 용접 수축 응력이 증가하기 때문이다.
- 2) IN738 초내열 합금의 균열 저항성은 용접부 fusion line 부근의 경도 특성과 밀접한 관련이 있다.

참고문헌

1. A. Koren et. al., "Improving the Weldability of Ni-base Superalloy 713C," Welding J., Vol. 61, No. 11(1982): 348-s
2. M.H. Haafkens and J.H.G. Matthey, "A New Approach to the Weldability of Nickel Base As Cast and Powder Metallurgy Superalloys," Vol. 61, No.11(1982): 25
3. B. Jahnke, "High Temperature Electron Beam Welding of the Nickel Base Superalloy IN738LC," Vol. 61, No.11(1982): 343-s

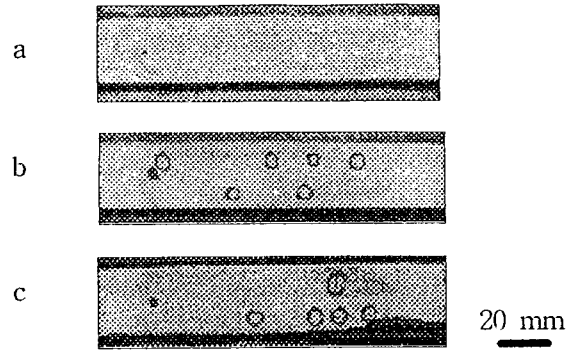


Fig.1 Transverse welding cracks of IN738 weldment as a function of heat input;
 a) 5.5kJ/cm, b)7.5kJ/cm, c)9.5kJ/cm

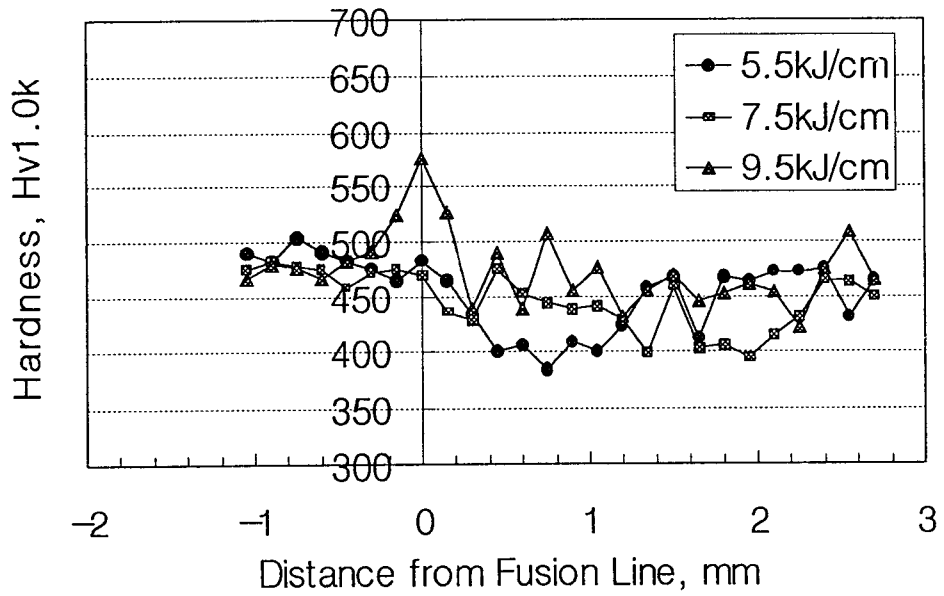


Fig.2 Hardness profile across IN738 weldment as a function of heat input