

Ni-Co-Cr계 합금 용접부의 연성에 미치는 후열처리의 효과

Effect of Post Heat Treatment on the Ductility of a Ni-Co-Cr Based Alloy Weld

임채선, 백광기, 박동환
현대중공업(주), 산업기술연구소

1. 서론

각종 산업용 장치들에 대한 고효율화가 요구되면서 사용 조건이 더욱 가혹해지고 있을 뿐만 아니라, 최근에는 환경 문제의 중요성이 대두됨에 따라 보일러, 폐열회수 장치, 폐기물 소각 장치 등의 주요 부품에도 고온용 합금의 사용이 증가하고 있다. Ni-Co-Cr 합금은 고온에서의 우수한 내식성 때문에, 산업용 가스 터빈의 low NO_x 연소기 부품으로 사용되는 상용 합금이다. 본 합금의 경우, 모재의 연성(ductility)은 상당히 뛰어나지만, as-welded 상태인 용접부의 연신율은 매우 낮아, 소성 가공이 곤란하다. 일반적으로, 초내열합금의 용접시 발생하는 문제점인 연성의 저하 현상은 용착 금속의 응고시 발생하는 편석 때문이며, 후열처리에 의해 합금 원소의 편석을 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다.¹⁾

본 연구에서는 상업용으로 생산되고 있는 Ni-29Co-28Cr계 합금의 용접시 문제가 되는 취약한 용접부의 연성을 향상시키기 위해 후열처리를 행하고, 그에 따른 물성 변화와 그 원인을 조사하였다. 또한 제품의 생산 시 적용할 수 있는 적정 후열처리 조건을 구하고자 하였다.

2. 실험 방법

시편은 동일한 화학 성분을 갖는 모재 및 용접재를 사용하여 GTAW 방법으로 용접하였으며, 용접 조건은 130A-12V-10.5cm/min 이었다. 용접부에 대한 후열처리의 온도 범위는 780~1095℃로 하였으며, 유지 시간은 10~120분 으로 하였다.

후열처리의 온도 및 시간에 따른 기계적 성질의 변화를 평가하기 위해 인장 시험, 굽힘 시험 및 전용각 인장 시험을 하였으며, 광학 현미경, SEM, EPMA 등을 사용하여 용접부의 미세 조직 및 파면을 관찰·분석 하였다.

3. 결과 및 고찰

인장 시험의 결과, 고용화 열처리 상태인 모재의 연성(≒62%)은 상당히 뛰어나지만, as-welded 상태인 용접부의 연신율은 9% 정도에 불과하였다. 용접부에 대한

2T guided bend test(곡률 반경이 plate 두께의 2배) 결과, 용착부에 균열 및 파단이 발생하였다.

용접부의 미세 조직은 주상정 경계(inter-dendrite boundary)를 따라 film 형태의 공정상 및 탄화물들이 연속적으로 분포한 형태를 띄었다. Fig. 1에서 용접부를 overetching 하여 SEM으로 관찰한 연속된 공정상을 볼 수 있으며, 기지에 비해 공정상에는 Si와 Ti이 편석되었음을 알 수 있다. 이는 EPMA를 이용한 미소 분석 결과에서도 확인하였으며, 공정상은 용착 금속의 용고시 Si, Ti 및 Ni 등의 원소가 편석되면서 형성된 $(Si, Ti)_xNi_y$ 공정상으로 판단된다.

용착 금속의 최종 용고 시 입계에 존재하는 film 형태의 연속된 공정상은 고온 균열을 야기할 수 있는 것으로 알려져 있으나²⁾, 본 실험에서는 용접부에서 30~80 μ m 길이의 microfissure 만을 관찰할 수 있었다.

용착 금속의 연성을 향상시키기 위해, 후열처리로 이들 공정상을 용착 금속 기지에 고용시켜 제거하거나 불연속적으로 분포 시킴으로써 Fig. 2에서 보여 주는 바와 같이 용착 금속의 연성을 향상시킬 수 있다.

1050 $^{\circ}$ C에서 후열처리한 경우에는 용착 금속의 상온 연신율이 18%로 향상되어 2T guided bend test에서 균열이 발생하지 않았다. Fig. 3에 후열처리의 조건에 따른 bend test 결과를 나타내었으며, 후열처리의 온도와 시간이 증가할 수록 용접부의 연성이 향상되어 굽힘시 균열을 방지할 수 있으나, 약 940 $^{\circ}$ C 이하에서는 후열처리 시간을 증가시켜도 연성의 향상에 도움이 되지 못함을 알 수 있다. 후열처리 온도를 1200 $^{\circ}$ C 이상으로 하는 것은 바람직하지 않으며, 이는 모재의 결정립 성장 및 초기 용융이 일어날 가능성이 있기 때문이다.

4. 결론

Ni-Co-Cr 합금의 용접 시, as-welded 상태의 용접부는 모재에 비해 연성이 상당히 저하하며, 이는 용착 금속의 용고시 주상정 경계에 Si, Ti 및 Ni 등의 원소가 편석되면서 연속된 공정상을 형성하기 때문이다. 용착 금속의 연성을 향상시키기 위해서는 연속된 공정상을 후열처리에 의해 용착 금속 기지에 고용시켜 제거하거나, 불연속적으로 분포시켜야 한다.

용접부에 대한 냉간 가공 또는 적정 연성을 필요로 하는 용접부에는 후열처리가 반드시 필요하며, 본 연구의 경우 적정 후열처리 온도는 1050 $^{\circ}$ C 이다.

5. 참고문헌

1. T. S. Chester, S. S. Norman and C. H. William : "Superalloy II", 1987, p 496.
2. S. C. Ernst : "Weldability Studies of Haynes 230 Alloy", Welding Research Supplement, April, 1994, pp. 80-89.

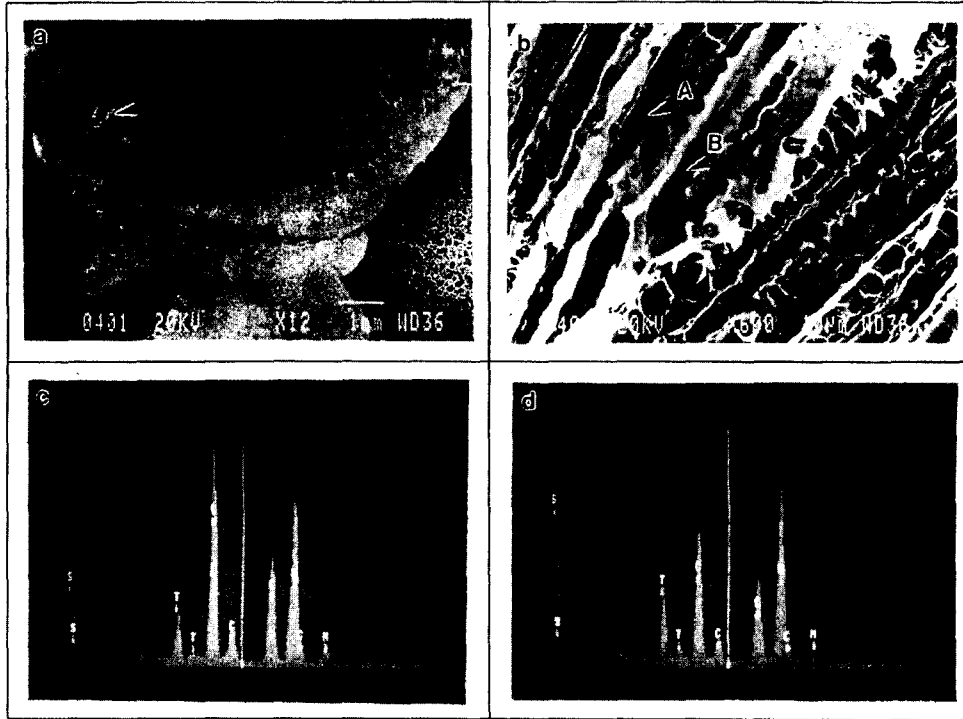


Fig.1 (a), (b) SEM photos of the overetched weld metal's microstructure, (c), (d) EDS results of the matrix and the continuous eutectic phase, respectively.

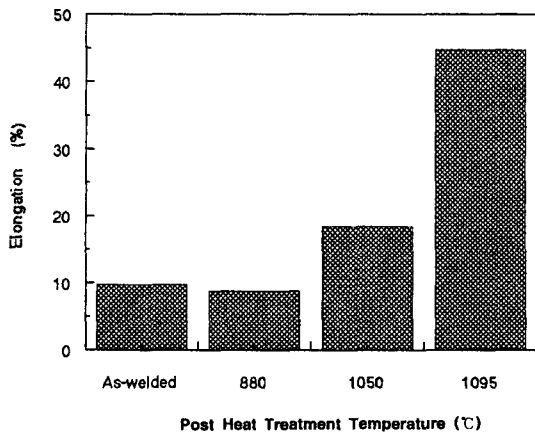


Fig.2 Effect of post heat treatment temperature on the elongation of the weld.

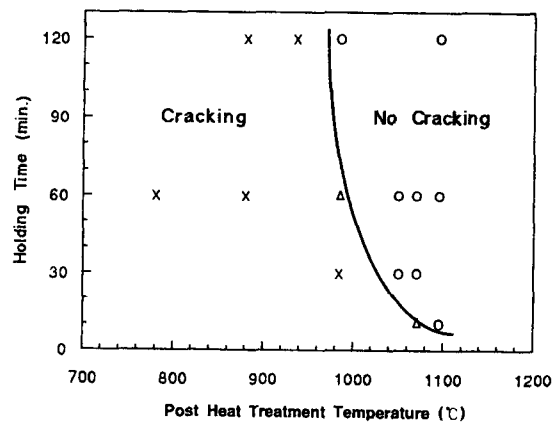


Fig.3 Results of 2T guided bend test with various post heat treatment conditions.