

# 마찰용접한 Alloy 718 및 SNCrW 강 의 기계적 성질

## Mechanical properties of friction welded Alloy 718 and SNCrW steel

김남용\*, 윤종원\*, 김정한\*\*, 염종택\*\*, 박노광\*\*

\* 동의대학교 신소재공학과

\*\* 한국기계연구원 소재성형연구센터

### 1. 서 론

니켈기초 초내열합금은 고가의 합금원소를 다량 함유하고 있고, 잉고트 제조시 비연속성 재용해 공정을 거치기 때문에 단가가 매우 높아지는 문제점이 있다. 따라서 우수한 고온특성이 요구되지 않는 부품의 부위는 비교적 저급의 내열강을 접합하여 사용하는 것이 경제적으로 유리하다.

그러나, 니켈기초 초내열합금을 이형재인 내열강과 접합하는 데에는 기술적인 어려움이 많다. 초내열합금에 대한 접합방법으로는 브레이징, 액상확산접합, 고상확산접합, 마찰용접 등과 같은 접합법이 있다. 그러나 브레이징의 경우 Creep 강도가 저하하고, 삽입금속 이상의 온도에서는 사용이 불가능하다는 단점이 있다.<sup>1)</sup> 액상접합의 경우는 Al, Ti 등 합금원소의 산화 혹은 편석에 의해 주조결함이 발생할 가능성이 크다.<sup>2)</sup>

본 연구에서는 우수한 기계적 성질을 얻을 수 있는 방법의 하나로서 마찰용접의 방법을 선택하여 적절한 접합 조건을 구하고자 하였다. 마찰용접의 방법은 금속을 용해하지 않고 마찰에 의해 형성되는 마찰열과 고온에서의 소성변형을 동시에 이용하는 접합방법이다. 이 방법은 접합부 표면에만 국부적으로 가열하기 때문에 화염을 이용한 용접법에 비해 에너지 효율이 좋다. 또한 마찰용접은 주조조직을 만들지 않기 때문에 기계적 성질이 우수하고, 공정변수가 축하중, 회전속도, 업셋량 등으로 비교적 관리가 용이하며 자동화가 가능하다는 점과 아울러 금속소모량이 상대적으로 적다는 많은 장점이 있다.<sup>3,4)</sup>

본 연구에서는 Ni기 초내열합금 Alloy 718과 내열강 SNCrW 이종재간의 마찰용접을 실시하여 미세조직관찰 및 경도시험, 상온인장시험을 실시하여 마찰용접 특성을 파악하고 마찰용접후 잔류

응력제거를 위한 후열처리와 공정변수에 따른 특성을 파악하고자 하였다.

### 2. 실험방법

본 실험에 사용된 Alloy 718 과 SNCrW의 화학조성은 Table 1에 나타내었다. Alloy 718은 Fig 1의 조건으로 용체화 처리를 한 후 일본의 NITTO SEIKI社의 brake type의 마찰용접기를 사용하여 용접을 시행하였고 실험에 사용된 시편 직경은 20mm로 동일하게 하였다. 후열처리의 따른 물성변화를 알아보기 위해 Table 2의 조건으로 실험하였다. 마찰용접후 후열처리에 따른 조직변화를 알아보기 위하여 용접부를 중심으로 가로로 절단하여 미세조직을 관찰 비교하였다.

경도시험은 마찰용접재의 후열처리에 따라 용접부와 열영향부의 변화를 살펴보았다. 경도값은 Matsuzawa사의 DMH-1을 이용하여 1kg의 하중으로 하였고 1mm 간격으로 압입자를 10초 동안 가압하여 측정하였다. 인장시험은 상온에서 실시하였으며 시편 표점거리는 25mm로 하고, cross head speed를 2.5mm/min 로 하여 실시하였다.

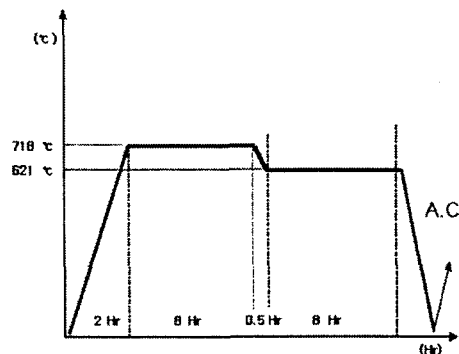


Fig 1. Schematic diagram of the aging treatment of Alloy 718.

Table 1 Chemical composition of Alloy 718 and SNCrW

Materials	Composition (wt.%)								
	Mo	Al	Si	Mn	Cr	Ti	Ni	Fe	C
Alloy 718	2.8	0.62	0.1	0.06	19.2	1.1	bal	17.7	-
SNCrW	-	0.01	1.40	0.80	19.8	0.01	9.50	bal	0.2

Table 2 Experimental conditions for friction welding

Specimen diameter (mm)	Speed (rpm)	Friction pressure (Kg/cm <sup>2</sup> )	Upset pressure (Kg/cm <sup>2</sup> )	Post heat treatment (°C)		
				As-weld	500	720
20	1500	25	80	As-weld	500	720

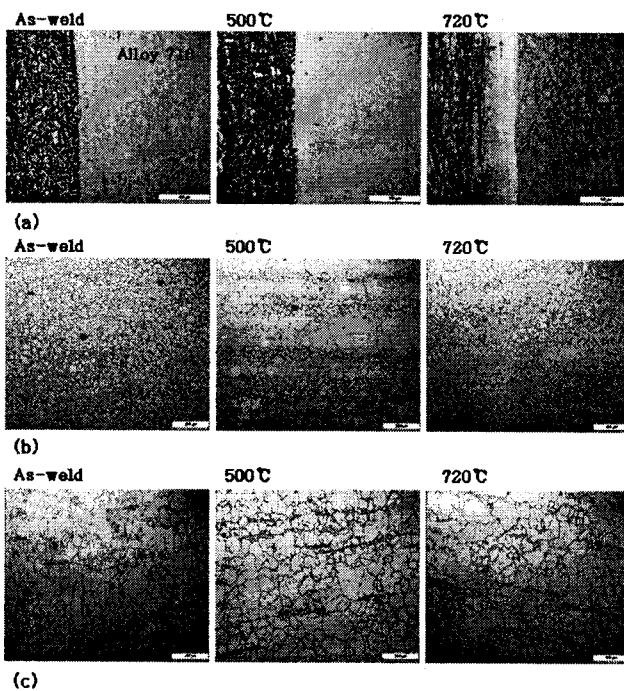


Fig 2. Microstructures of (a) weld and HAZ, (b) base metal of alloy 718 and (c) base metal of SNCrW : at different post heat treatment condition after friction welding.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 미세조직변화

Fig 2 (a)는 Alloy 718과 SNCrW의 마찰용접된 상태에서 용접부와 열영향부의 조직을 보여주고 있다. Fig 2 (a)에서는 (b)에서 보여주는 Alloy 718 모재의 결정립과 비교해서 좀 더 미세한 조직을 관찰할 수 있다. 이는 마찰용접시 발

생하는 소성변형 및 고온노출에 의해서 발생하는 재결정에 의한 것으로 판단된다. 용접부의 영역은 10~20 $\mu$ m 정도이고 열영향부는 약 200 $\mu$ m 정도의 폭을 가지고 있다.

Fig 2 (a), (b)에 보이듯 Alloy 718과 SNCrW의 모재부분은 후열처리에 따른 결정립의 변화가 거의 나타나지 않았다.

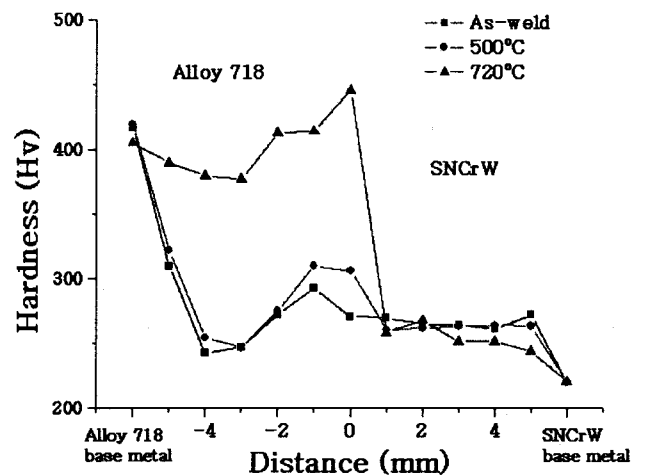


Fig 3. Variation of microhardness at friction welded joints.

#### 3.2 경도변화

마찰용접 상태에서 후열처리에 따른 마찰용접재의 용접부의 경도변화를 거리에 따라서 측정된 결과를 Fig 3에 나타내었다. Alloy 718의 용접계면에서는 평균적으로 높은 경도값을 나타내었고 특히 720°C에서의 후열처리한 시편은 HV 400이상의 높은 값을 나타내었다. 이는 Alloy 718의

열영향부에서 주요강화상인  $\gamma'$ 상이 마찰용접시 발생하는 고열(1200~1300°C)에 의해 고용되었다가 720°C에서 후열처리를 시행하면서 미세한  $\gamma'$ 상이 재석출 되었기 때문이다. 반면, 500°C에서 후열처리를 한 경우는 상대적으로 온도가 낮아  $\gamma'$ 상이 충분히 재석출되지 않았고 결과적으로 낮은 경도값을 보여주고 있다.  $\gamma'$ 상의 재석출 효과 외에 마찰용접부의 소성변형에 의한 미세 결정립 생성이 높은 경도값 형성에 대한 또 다른 원인으로 판단된다.

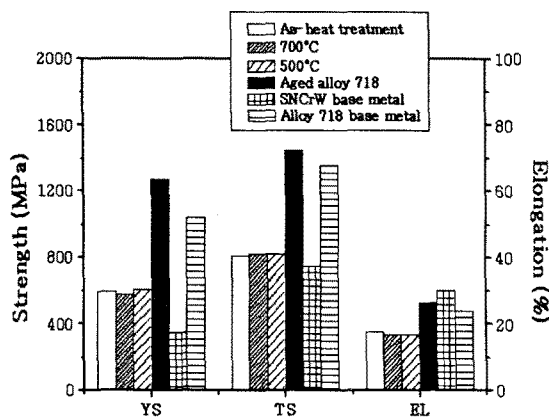


Fig 4. Room temperature tensile properties of friction welded joints.

### 3.3 인장특성

Alloy 718 및 SNCrW 모재와 용체화/시효 처리된 Alloy 718 그리고 이종마찰용접제의 후열처리에 조건에 따른 상온인장결과를 Fig 4에 비교분석하여 나타내었다.

Alloy 718은 용체화/시효 처리를 한 후 초기조직보다 인장 및 항복강도가 다소 높아졌다. 이는 용체화 처리에 의해  $\gamma'$ 상이 석출되어 경화되는 것으로 판단된다. Alloy 718과 SNCrW의 마찰용접 후 강도 값의 변화는 후열처리 조건에 민감하지 않은 것으로 나타났는데 이는 파단부위가 모두 SNCrW 모재부에서 일어났기 때문이다. SNCrW의 경우 용접부 잔류응력제거를 위한 후열처리 조건에 따른 미세조직 및 특성변화가 현저하지 않았다. 파단이 SNCrW에서 일어났음에도 불구하고 전체 강도는 SNCrW 초기조직의 것 보다 높게 나왔는데 이는 변형 도중 발생한 가공경화의 효과로 추측되고 있다.

용접 후 소재를 비교적 높은 온도인 720°C에서 수행하여도 결정립의 조대화나 기계적 성질의 저

하가 나타나지 않았고 오히려  $\gamma'$ 상의 재석출 효과를 얻을 수 있었기 때문에 후열처리 조건을 720°C로 설정하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 이 경우 마찰용접 전 시효처리 공정을 생략할 수 있기 때문에 생산성의 향상에도 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

## 4. 결 론

이상과 같은 Alloy 718과 SNCrW의 마찰용접재에 대한 기계적 성질과 후열처리에 따른 변화를 종합하면 아래와 같다.

- 1) 마찰용접제의 미세조직을 관찰한 결과 마찰용접시 발생하는 고온에 의해 용접부의 영역에 재결정이 일어나 모재부분보다 결정립이 미세하였다.
- 2) 마찰용접시 고온에 의해 고용되었던  $\gamma'$ 상이 720°C의 후열처리를 재석출되면서 경도가 증가하였다. 반면에 500°C에서는 석출효과가 떨어진다.
- 3) 인장시험 결과 후열처리에 따른 기계적 특성의 변화는 매우 현저하였다.

## 후기

본 연구는 산업자원부의 민군겸용기술개발사업의 일환으로 추진되었으며, 관련연구 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. W. Bettridge, D. Sc., F. Inst. P, F.I.M. and J. Helslop, Ph. D., F.I.M. : The nimonic alloys and other nickel-base high-temperature alloy, Edward Arnold Ltd., 1974, 105-106.
2. K. T. Rie and R. M. Schmidt : Welding and Cutting, 10, 1980, 172.
3. T. J. Kelly : Trends in Welding Research, S. A. David(Ed.), ASM, 1981, 471.
4. L. Bairstow : The Elastic limits of Iron and Steel under cyclic variations of stress, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A, Vol. 210, 1910, 35-55.