

Nickel基 熔加材에 의한 Inconel 718의 高温 Brazing 工程의 最適化에 關한 研究

The Study on the Optimizing the Process of the
Brazing Inconel 718 with Nickel Base Filler
Metal at High temperature.

권기준*, 최선규*, 서송호**, 조택동***

*한국 원전 원료

**국방 과학 연구소

***충남 대학교

1. 서론

Nickel기 용가재에 의한 고온 Brazing은, 고온에 노출되는 결합부에서 산화 및 부식에 대한 저항이 클뿐 아니라, 복잡한 형상을 접합할 수 있어서 원자력 및 항공 우주 산업에 중요한 접합 기술로 주목되고 있다. 그러나, 니켈기 용가재는 규소(silicon), 붕소(Boron), 인(phosphorus)과 같은 용융온도 강하 성분을 포함하고 있어 브레이징 접합부 중앙선을 따라 취성(Brittleness)이 있고 경한 금속간 화합물이 생성되기 쉬워 결합부의 하중 전달 능력을 감소시키는 문제가 있다. 따라서, 본 연구에서는 온도(Temperature), 결합부 간격(Joint Clearance)에 따른 결합부의 금속간 화합물 생성 상관 관계를 연구하여 최적의 브레이징 공정변수를 설정하는데 그 목적이 있다.

2. 접합과정에 관련된 이론식

2.1 용가재가 용융해서 결합부를 매우는 과정

용가재를 브레이징 접합온도로 가열하면 용가재는 용융하여 접합부의 좁은 틈 사이로 모세관 현상에 의해서 결합부를 매우게 된다. 용가재의 흐름을 평행판(모재의 용접표면)사이의 층류흐름이라 하고 결합부 끝단에서 용융용가재에 미치는 압력을 0이라 가정하면, 정상류(Steady state flow)에 있어서의 운동량 평형식(Momentum balance)과 Newton의 점성법칙을 이용하여 아래와 같이 용융용가재가 결합부를 매우는데 소요되는 시간을 구할 수가 있다.

$$t = \frac{3\mu L^2}{(2\gamma_L \cos\theta + \rho g L \delta)\delta}$$

2.2 확산이 일어나는 과정

용융용가재가 결합부를 매우고 난후, 결합부에서는 농도구배에 따라 모재쪽으로 확산과 용가재쪽으로 용출이 일어나면서 등온응고과정과 균질화 과정을 거쳐 브레이징이 완료된다. 이때, 모재와 용가재의 니켈과 인이 확산 및 용출에 관련된 주요성분으로 작용하기 때문에 모재는 니켈 순금속으로, 용가재는 니켈과 인 2원계 합금으로 가정하고 Fick의 제2법칙 및 질량평형식을 이용하여 금속간 화합물이 없어지는 용접부 간격 G_e 를 다음식으로 구할 수가 있다.

$$G_e = 4.26 \sqrt{\exp\left(\frac{-61700}{1.98T}\right)} \sqrt{t} \quad (\text{Cm})$$

t: 등온 용고 시간 (sec)

T: 등온 용고 온도(°K)

3. 실험

3.1. 시료 및 실험장치

1) 모재와 용가재

본 연구에서 사용한 모재는 고온에서의 산화 및 부식저항이 크며 크리이프 강도가 커서 원자력 분야에서 널리 사용되고 있는 Inconel 718(주성분은 니켈과 크롬)을 사용하였으며 용가재로서는 AWS코드의 BNi-7형 용가재인 Microbraz N'S'50(Wall Colmony Co.)을 사용했다.

2) 시편의 제조

0.4mm 두께의 Inconel 718박판을 가로, 세로가 25mm가 되게 절단하여 2개의 박판시편의 한쪽끝은 Plier로 고정하고 다른쪽 끝은 0.3mm feeler gauge 를 박판시편 끝단에 삽입하여 Plier로 고정한 다음 TIG용접기로 양쪽끝단 2곳씩을 TIG Tack Welding 하여 췌기형 시편을 만든다음 시편을 초음파 세척하고 브레이징 용가재 적용부에 Microbraz N'S'50을 적당량 주입하였다.

3) 열처리(Furnace)

독일 Degussa에서 만든 Cold wall type의 VKUQgr50/30/50 모델을 사용하여 $1 \times 10E-4$ mbar의 진공을 유지하고 로내의 온도 및 시편의 온도제어용으로 3개의 열전대(Thermocouple)를 사용하였으며 99.995% 이상의 순도를 가진 아르곤과 질소가스를 냉각을 위해 로내로 분사하였다.

3.2 실험 방법

시편은 췌기형으로 만들어 브레이징 변수 즉, 브레이징 온도, 시간, 용접부간격에 대한 변수를 한개의 시편에서 관찰할수 있도록 하여 시편및 필요한 실험횟수를 줄였다. 이론해석에 근거한 여러가지 온도 및 시간으로 Fig. 3.1의 cycle과 같이 브레이징된 시편을 마운팅, 연마 및 부식하여 전자 현미경으로 금속간 화합물 생성유무를 여러가지의 용접부 간격에서 관찰하였으며 에너지 분산형 X선 분석장치(EDX)를 사용하여 용접부 중앙에 생성된 금속간 화합물의 성분분포를 분석하였다.

4. 결과 및 고찰

1) Inconel 718을 니켈기 용가재인 Microbraz N'S'50으로 브레이징 하였을때 모재에서 용가재쪽으로 확산되는 크롬이며 용가재에서 모재쪽으로 확산되는 것은 인과 니켈로써 브레이징 과정중에 상호확산이 일어난다. (Photo 4.1)

2) 브레이징 공정중에 용접부의 중앙에 생성되는 금속간 화합물은 모재와 용가재의 성분들이 상호확산하여 생성된 것으로 인화물이다. (Photo 4.2)

3) 동일한 브레이징 온도, 시간에서도 용접부 간격이 작아짐에 따라 금속간 화합물인 인화물이 소멸되는 것으로 보아 금속간 화합물의 생성은 용접부 간격에 비례한다.

4) 금속간 화합물이 없어지는 용접부 최대간격 G_0 는 브레이징 시간과 브레이징 온도에 비례한다.

5) 브레이징 공정을 최적화하기 위해서는 브레이징 온도가 가장 지배적인 영향을 준다.

6) 금속간 화합물이 없어지는 용접부 최대간격 G_0 는 브레이징 시간 t 의 1/2승에 비례한다.

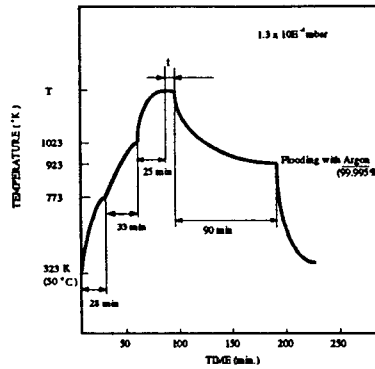


Fig 3.1 Brazing cycle

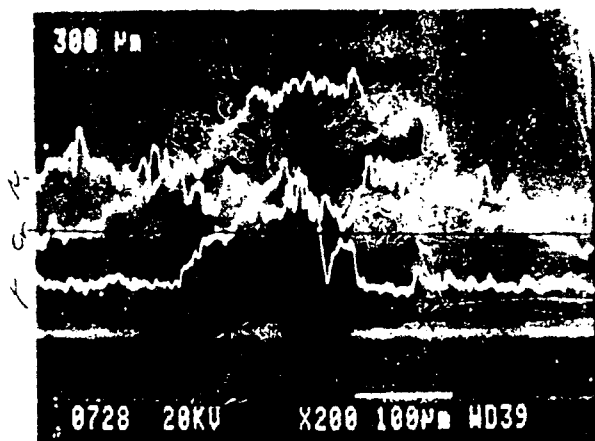


Photo 4.1 SEM structure and its EDX of brazed joints with 300 μ m clearance, 1283 $^{\circ}$ K, 10 min (500 X)

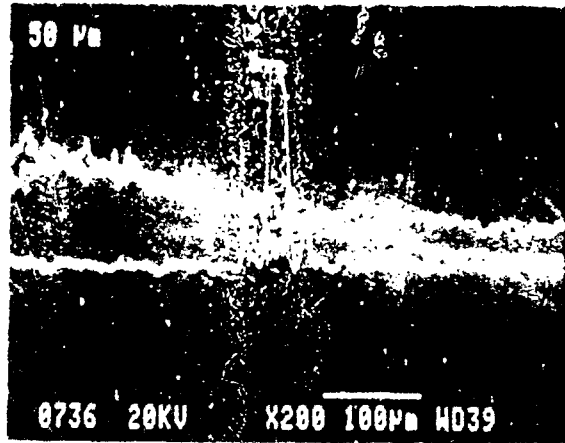


Photo 4.2 SEM structure and its EDX of brazed joints with 50µm clearance, 1373°K, 70 min (400 V)

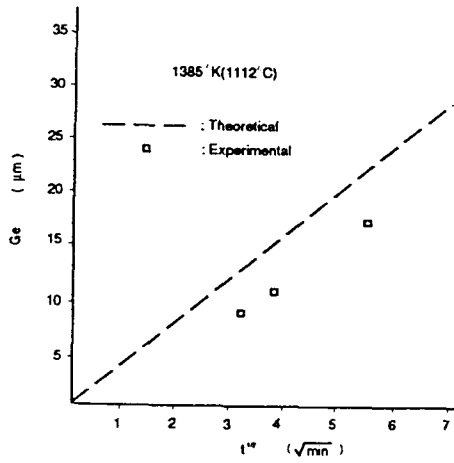


Fig. 4.1 Maximum brazing clearance free of intermetallic phase Ge versus square root of brazing time $t^{0.5}$: 1385°K(1112° C)

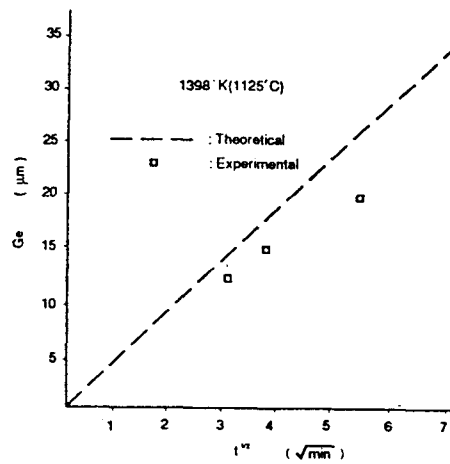


Fig. 4.2 Maximum brazing clearance free of intermetallic phase Ge versus square root of brazing time $t^{0.5}$: 1398°K(1125° C)