

일방향응고 Ni기 초내열합금 GTD111의 TLP bonding시 접합부의 미세조직 및 균질화처리에 관한 연구

The study of the microstructures and homogenizing treatment of the TLP bonded joint of directional solidified Ni base superalloy GTD111

황형철, 김호인, 이창근, 강정운
부산대학교 금속공학과

1. 서론

산업용 가스터빈 bucket 및 blade 재료로 쓰이는 일방향응고 Ni기 초내열합금은 고온에서의 강도와 내식성이 뛰어난 재료이다. 그러나 이 합금은 용융용접하면 용접부에서 다결정화하여, 모재의 강화 기구를 소실할 뿐만 아니라 용접 균열이 발생하여 용융용접하는 것이 곤란하기 때문에 모재를 용융시키지 않고 접합하는 천이액상확산접합을 실시한다. 그러나 천이액상확산접합의 경우 합금별로 최적의 조건에 대한 연구가 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 Ni기 초내열합금GTD111을 사용하여 TLP bonding시 삽입금속, 접합시간, 접합온도 및 균질화조건을 달리하여 접합층의 변화를 관찰함으로써 최적의 접합조건 및 균질화조건을 정하는 것을 목적으로 두었다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 모재는 GTD111이고 화학조성은 Table 1과 같고, 삽입금속으로는 두께 $40\mu\text{m}$ Ni기 비정질금속 MBF80, 90을 사용하였으며, 그 화학조성은 MBF80의 경우 Ni-15.5Cr-3.7B이며 MBF90의 경우 Ni-20Co-4Si-2.7B이다.

접합실험으로서는 모재사이에 삽입금속을 각각 삽입하고 고주파 유도로에 장착한 후 5×10^{-5} torr의 진공분위기에서 1423K 및 1473K에서 0~120min을 유지한 다음 공냉하였다. 균질화실험으로는 똑같이 MBF80, 90에 대하여 1423K에서 120min간 유지한 시편을 진공관상로에서 용체화처리온도인 1393K의 온도로 0~30hr를 유지한 다음 로냉하였다. 접합 및 균질화실험 모두에 대하여 조직 현출은 화학에칭(marble's reagent)과 전해에칭(10% 과염소산알콜, 5V)으로 행하였으며, 각각의 삽입금속별로 온도 및 유지시간에 따른 접합부의 상의 변화를 OM 및 SEM으로 관찰하고, EDX 및 EPMA로 성분 분석을 실시하였다. 또한 균질화처리한 시편은 micro vickers 경도기를 사용하여 하중 500g, 시간10sec의 조건으로 삽입금속 및 유지시간에 따른 경도실험을 행하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 접합층의 변화를 삽입금속, 접합온도 및 접합시간에 대하여 나타낸 200배 OM사진이다. MBF80, 90의 삽입금속에 대하여 1423K×0min에서 접합부 중앙에 등온응고과정이 완료되지 않았을 때 발생하는 삽입 금속의 공정상이 존재함을 알 수 있으며, 60min에는 그 수량이 크게 줄어드는 것을 관찰할 수 있었다. 1473K의 경우 삽입금속의 액상이 모재쪽의 dendrite boundary로 스며들어 일정한 접합폭을 가지지 않아 바람직하고 않다. Fig. 2에서는 유지시간 및 삽입금속에 따른 1423K에서 생기는 공정상의 폭을 나타낸 것으로 이 상이 완전히 소멸하는 1423K×120min이 최적의 접합조건이 된다.

Fig. 3은 균질화 시간에 따른 모재 및 접합층의 경도값의 변화를 삽입금속별로 나타낸 것이다. MBF80, 90에 대하여 경도값은 0hr에서 10hr사이에 급격히 떨어진 후 그 이상에선 서서히 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 균질화 시간이 증가할수록 경도값이 증가하는데 이것은 균질화 열처리 시 모재로부터 접합부로 γ' 형성 원소인 Ti 및 Al이 확산하여 유입되기 때문인 것으로 사료된다. 이 때 모재의 경도값이 감소하지만, 원모재보다 높기 때문에 열화되지 않았다고 판단할 수 있다. Fig. 4는 균질화시간과 삽입금속에 따른 접합층의 변화를 모재와 비교하여 나타낸 20,000배 SEM사진이다. 균질화시간이 길어질수록 접합층의 γ' 크기 및 형상이 모재와 비슷해지는 것을 볼 수 있다. 균질

화처리를 하지 않고 접합처리만 끝낸 0hr의 경우도 주요 강화 원소인 Ti, Al 기준으로 80%가량 균질화되었다고 나타났다. 30hr의 경우는 90%이상 균질화되었다. , 따라서 조직, 경도 및 원소의 농도로 볼 때 가장 최적의 균질화조건은 삽입금속이 MBF80, 90일 때 1393K에서 30시간 열처리한 것이다.

Table 1 Chemical composition of GTD111

	C	Cr	Co	Mo	W	Ta	Ti	Al	Zr	B	Mn	Fe	Si	Cu	Ni
GTD111	0.1	14	9.5	1.5	3.8	2.8	4.9	3.0	0.03	0.012	0.2	0.5	0.3	0.1	Bal.

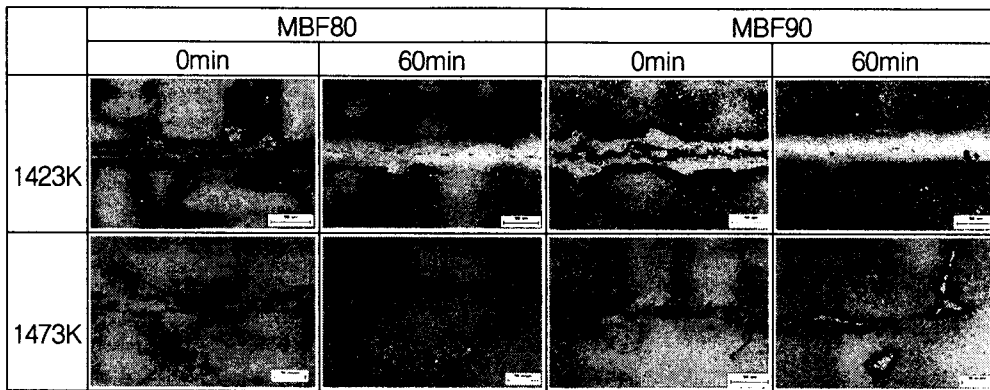


Fig. 1 Microstructures of bonded interlayer with insert metal, bonding temperature and holding time

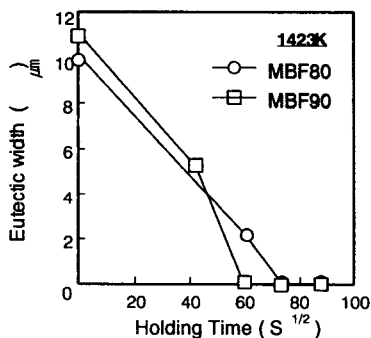


Fig. 2 Eutectic width of bonded layer with insert metal and holding time at 1423K

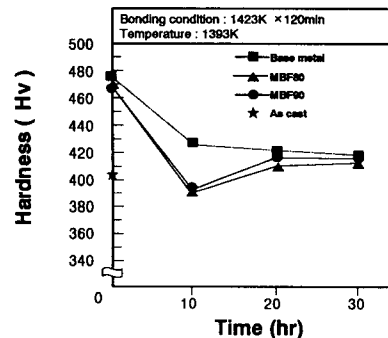


Fig. 3 Change of hardness of base metal and bonded interlayer with homogenizing time and insert metal

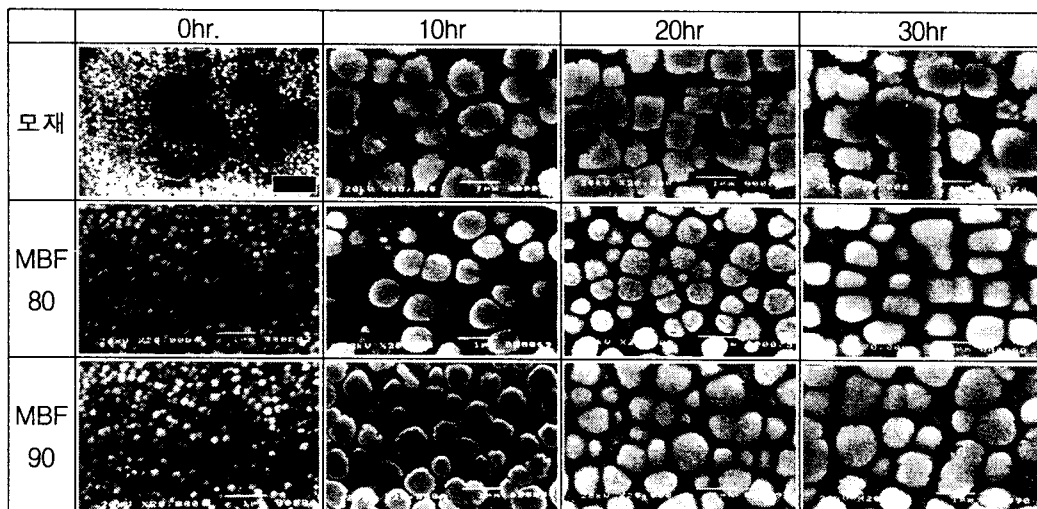


Fig. 4 Microstructures comparison of base metal and bonded interlayer with homogenizing time and insert metal