

일방향응고 Ni기초내열합금 MM-007의 천이액상확산접합에 관한 연구
(A Study on Transient Liquid Phase Diffusion Bonding of Directionary Solidified Ni Base Superalloy MM-007)

부산대학교 : 강정윤

부산공업대학 : 김우열 정병호 박화순

1. 서 론 :

Ni基超耐熱合金(Ni Base Superalloy) 중에서도 一方向凝固合金은 통상의 주조합금 보다도 더욱 고온에서 기계적성질이나 내식성이 우수하므로, 航空-宇宙 産業, 原子力 産業, 등과 같은 高度의 尖端 技術을 驅使하는 分野에서 構成材料로서 널리 사용되고 있다.

이 합금을 용융용접하면, 용접부에서 다결정화하기 때문에 母材의 強化機構를 소실하고, 용접균열 및 재열균열 등이 발생하기 때문에 접합효율이 낮다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 접합법으로 개발된 것이 천이액상확산접합법(TLP Diffusion Bonding)이다. 그러나, 일방향응고합금을 대상으로 접합에 관한 연구는 거의 없다.

그래서, 본 연구에서는 일방향응고합금인 MM-007을 모재로, Ni아몰퍼스합금을 삽입금속으로 선택하여 천이액상확산접합한 경우, 접합부의 조직 변화를 중심으로 접합현상을 파악하고, 등온응고 과정에서 접합부의 결정입계의 형성에 대한 계면에서의 응고방향간의 각도 및 삽입금속의 영향에 대한 검토와 더불어, 접합층내의 고상과 모재와의 결정학적 관계를 조사하여 고상의 성장기구를 규명하는 것을 목적으로 삼았다. 또한, 이 합금의 접합성능을 고온인장성질로 평가하였다.

2. 실험방법 :

본실험에 사용한 모재는 Ni기초내열주조합금인 MM-007을 35mm x 60mm의 크기로 일방향응고시킨 합금이고, 모합금인 MM-007은 MC탄화물의 입상화와 입계강화를 목적으로 B-1900에 Hf을 첨가한 합금이다. 삽입금속은 시판되고 있는 브레이징용 Ni기비정질합금으로 용점저하원소인 B 및 Si이 첨가된 Ni합금이다. 두께는 약 40 μ m이다. 화학조성을 표 1에 표시한다.

양모재 사이에 초음파세척한 삽입금속을 삽입하고, 진공접합장치 내에 장착한 후, 13.3mPa의 진공분위기 중에서 1423K까지 5K/s의 가열속도로 고주파 가열하고, 소정의 시간 유지하여 접합을 행하였다. 접합압력은 1.76MPa로 하였다.

균일화열처리는 Ar분위기 중에서 1423K로 가열하고, 일정한 시간 동안 유지한 후 공냉하였다. 시효열처리는 Ar분위기 중에서 1173K로 가열하고, 36ks 동안 유지한 후 공냉하였다.

접합부 근방의 TEM조직을 관찰하기 위하여 다음과 같은 방법으로 박막을 만들었다. 접합시편편을 접합부의 수직방향으로 절단하고, 기계연마로 우선 박판을 만든 후, 이 박판을 Jet법으로 1차 화학연마하고, Window법과 Bollman법으로 2차 화학연마를 실시하여 박막을 만들었다.

고온인장시험은 Ar분위기 중에서 시험온도인 1033K 까지 5K/s의 가열속도로 고주파가열하고, 그 온도에서 약 300s 간 유지한 후, 0.37mm/s의 인장속도로 행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 등온응고과정에서 접합부 조직의 변화

양모재의 결정성장방향에 대한 피접합면 간의 각도에 따르는 접합부 조직의 영향을 검토하기 위하여 모재를 절단한 후, 결정 성장방향이 서로 일치하도록(A형), 서로 수직이 되도록(B형), 접합면과 평행하도록(C형) 접합하였다. 등온응고 후의 접합부의 조직을 관찰한 결과, 접합면과 결정성장

방향에 따라 달라지지만, 삽입금속의 종류에 따라서 다소 차이가 있었다.

1423K x 3.84ks로 접합한 등온응고완료 후의 접합부 조직을 서로 비교하여 보면, MBF-30을 사용한 경우는 조대한 상이 생성되고, MBF-80의 경우는 모재의 γ 와 거의 같은 크기의 상이 소량 생성되는 것이 관찰되었다. 이 생성상을 EDX 및 TEM으로 분석한 결과, MBF-30의 경우 조대한 생성상은 γ 상이라는 것이 판명되었다. MBF-80을 사용한 경우 소량 존재하는 생성상도 γ 상이라는 것이 판명되었고, 광학현미경상으로 관찰되지 않았던 0.5 μ m이하의 미세한 생성상이 존재하는 것이 확인되었다. 이것도 역시 γ 상이라는 것이 판명되었다.

3.2 고상성장기구에 대한 금속조직학적 검토

결정의 성장방향에 대해서 거의 수직으로 절단한 후, 그 절단면 끼리를 접합한 접합재에 대해서 등온응고 완료 후에 입계의 형성 상황을 금속조직학적으로 조사하고, 이들 접합부에서 입계의 형성 유무를 확인하기 위하여 TEM을 사용하여 모재의 결정방위와 접합부의 결정방위와의 관계를 조사했다. 그 결과, 양모재의 결정성장방향을 서로 평행하게 혹은 그대로 유지하여 접합하면 접합부 내에는 접합면과 수평인 결정입계는 형성되지 않는 것으로 관찰되었다. 따라서, 접합부에서 모재의 강화기구를 소실하지 않고 접합이 가능함을 알 수 있었다. 등온과정에서 고상이 모재측으로 부터 액상을 향해서 에피택셀성장하여, 서로 마주치는 부분에서 결정입계가 형성된다.

모재의 표면의 가공층을 깊게 연마하여 제거하지 않는 경우, 접합층내에서 미세한 결정립이 형성되었다. 이것은 기계가공에 의해 재결정된 모재의 미세결정립이 액상과 접촉하여 등온응고 시에 접합부로 고상이 에피택셀성장하기 때문에 형성된 것으로 생각되었다.

3.3 고온인장성질

1423K x 3.84ks인 접합조건으로 접합한 후, 1423K x 86.4ks의 균일화열처리 및 1173K x 36.0ks의 시효열처리를 실시한 접합재에 대해서 1033K(1400°F)에서 고온인장시험한 결과, 파단은 모두 모재 쪽에서 발생하였다. 단면수축율도 양호한 값이 얻어졌다. 인장강도는 A형상이 가장 우수하고, C형상이 가장 낮고, B형상이 그 중간이임을 알 수 있고, 단면수축율도 비교적 양호한 값이 얻어졌다. 한편, 삽입금속으로서 MBF-30을 사용한 접합재에서도 거의 동일한 결과가 나타남을 알 수 있다. 이상의 결과로부터, 일방향응고 Ni기초내열합금을 천이액상확산접합하면 우수한 접합이음부를 얻을 수 있음이 판명되었다.

Table 1 Chemical composition of base metal and insert metals

Materials	Ni	B	Si	Co	Cr	Hf	Ti	Al	Ta	C
MM-007	Bal.	0.016	<0.05	10.04	8.36	1.26	0.75	5.99	4.04	0.10
MBF-30	Bal.	2.1	4.4							
MBF-80	BAl.	3.7	-		15.5					