

Ni기 단결정 초내열합금 CMSX-2의 액상확산접합현상
(Transient Liquid Phase Bonding Phenomena of
Ni-Base Single Crystal Superalloy, CMSX-2)

김대업*, 박노광*, 최승주*, 강정윤**

* 한국기계연구원 내열재료그룹, 경남 창원시

** 부산대학교 금속공학과, 부산광역시

1. 서론

Ni기 단결정 초내열합금은 크리프 파단특성이나 피로특성등의 고온에서의 기계적 성질이 우수한 내열재료이나, 이용분야를 보다 확대시키기 위해서는 단결정 초내열 합금의 특성을 충분히 발휘할 수 있는 접합기술의 확립이 필수 불가결하다. 또한, 단결정재의 접합은 금속재료의 접합과정 또는 접합의 본질을 해명한다는 관점에서도 학문적으로 주목받고 있다.

본 연구에서는 Ni기 단결정 초내열합금을 액상확산접합하여 기초적 현상인 모재의 용융 현상, 등온응고현상 및 합금원소의 균일화현상에 대한 이론적 해석 및 실험적 검증을 행함으로서 단결정재의 접합현상을 명확히 하고자 하였다.

2. 공시재료 및 실험방법

본 실험에 사용한 모재는 Ni기 단결정 초내열합금인 CMSX-2이고, 인서트 금속에는 Ni기 비정질막 MBF-80을 사용했다. 이들의 화학조성을 Table 1에 나타낸다. 모재는 접

Table 1 Chemical compositions of materials used (mass%)

Materials		Ni	B	Cr	Co	Mo	W	Ti	Al	Ta
Base metal	CMSX-2	Bal.	-	8.0	4.6	0.6	8.0	1.0	5.6	6.0
Insert metal	MBF-80	Bal.	3.7	15.5	-	-	-	-	-	-

합면이 <100>방향에 수직방향이 되도록 방전 가공하여 에머리지 1500번만으로 연마한 뒤, 접합시험편의 결정방위를 일치시켜 접합했다. 접합은 13.3mPa의 진공 중에서 접합 온도 1373~1548K, 유지시간 0~19.6ks, 가압력 2.3MPa의 조건에서 실시했다. 또, 액상폭을 일정하게 하기 위해 직경 50 μ m의 W spacer를 사용했다. 접합한 시료는 조직 관찰, 경도측정 및 원소분석을 행하였다.

3. 모재의 용융현상

Fig.1은 각 접합온도에서 유지시간에 따른 모재의 용융폭의 변화를 나타낸 것이다. 모든 접합온도에서 모재의 용융은 단시간에 급속히 일어나고, 그 경향은 접합온도가 고온일수록 현저하다. 그 후에는 어느 접합온도에서도 모재의 용융량은 일정치에 포화하는 것을 알 수 있다. 각 접합온도에서 용융폭이 포화하는 시간 t_s 및 포화용융폭 X_s 를 그림중에 나타내고 있다. 접합온도 1523K에서는 10초에 모재의 포화용융폭이 약 91 μ m에 달하고 있다. 또, 모재의 용융현상은 Nernst-Brunner식에 따르고 있는 것을 확인했다.

4. 등온응고현상

등온응고과정에 있어서 접합온도 1373K, 1453K 및 1523K에서 유지시간에 따른 접합 부내의 공정폭의 변화를 Fig.2에 나타낸다. 공정폭은 유지시간의 평방근에 거의 비례해서 직선적으로 감소하며, 접합온도가 증가할수록 등온응고속도는 빨라지는 것을 알 수 있다. 접합온도 1523K에서는 약 1600초에서 등온응고가 완료하고 있다. 등온응고 과정에서의 활성화 에너지는 약 266kJ/mol이고, 등온응고현상은 인서트 금속종의 융점저하원소인 B의 확산유출에 의해 가속되는 것으로 판단되었다.

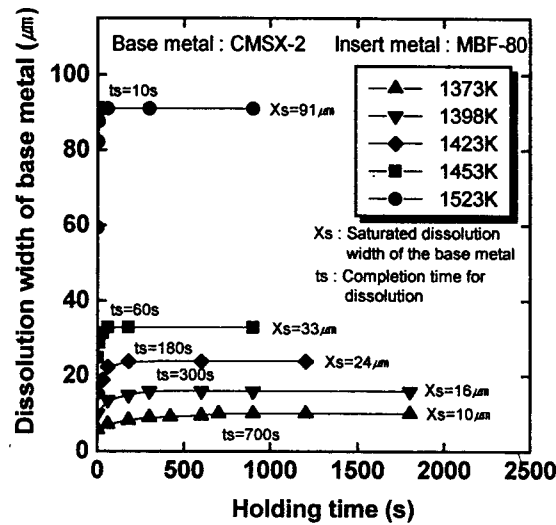


Fig.1 Effect of holding time on the dissolution width of base metal

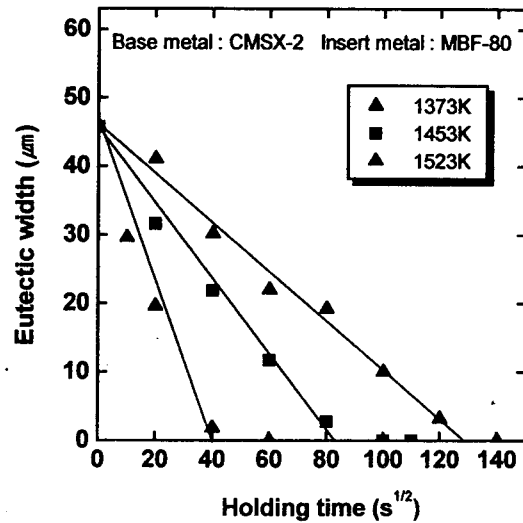


Fig.2 Relation between the holding time and the eutectic width

5. 합금원소의 균일화 현상

Fig.3은 1523K×1.8ks의 조건으로 접합한 접합체에 대해, 1523K에서 균일화처리시의 W의 균일화 상황을 나타낸 것이다. 그림중의 Ct 및 Cb는 각각 접합층 중앙부 및 모재 중에서의 W농도이다. 접합온도가 1523K이상일 경우 접합상태에서 약 80%정도 접합부의 균일화가 달성되어 있고, 접합온도가 고온일수록 접합상태에서의 균일화 달성도가 높고, 그 후의 균일화에 요하는 시간도 단축되는 것을 알 수 있다. 1523K×18ks의 조건에서 균일화 처리한 후의 접합부의 조직, 합금원소의 농도변화 및 경도분포를 조사한 결과, 원소 및 경도분포 모두 모재와 접합부의 차이없이 거의 균일했다.

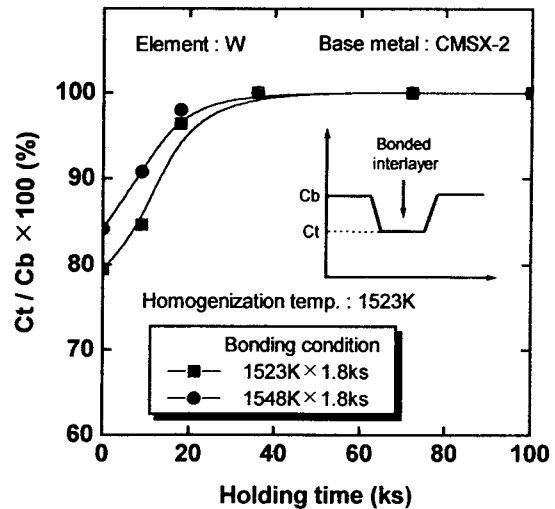


Fig.3 Effect of homogenization time on the tungsten content at the center of the bonded interlayer