

## 모재분말과 Ni기 삽입금속의 혼합분말을 사용한 천이액상확산접합 시 혼합분말 및 모재의 용융현상

Dissolution Phenomenon of the Mixing Powder and Base Metal at TLP Bonding  
by Using the Base Metal Powder and Ni Base Filler Powder

송 우영\*, 이 봉근\*, 강 정윤\* 에 창호\*\*

\* 부산대학교 재료공학과

\*\* Sermatech Korea. LTD.

### 1. 서 론

현대사회에서 전기에너지의 사용량의 증가로 인해 전기 발전량의 증대에 대한 요구가 가중되고 있는 시점이다. 그러나, 핵발전소의 경우 건설 시간, 건설비용 및 폐기물의 후처리 문제 등에 의해서 어려움에 봉착하였다. 따라서, 건설비용이 적으며 에너지 효율이 우수한 열병합발전소의 건설이 증가되는 추세에 있다.

열병합발전소 핵심기술인 가스터빈의 제작 및 수리기술은 GE, ABB, SIEMENS등의 외국계 기업이 독점하고 있으며, 기술의 공개 및 이전에 난색을 표하고 있다. 특히, 터빈버킷의 경우 효율화의 증대에 의해서 다결정에서 일방향 및 단결정 합금으로 변환되고 있다.

터빈버킷의 미세크랙에 대한 수리기술이 국내에는 전무한 실정이며, 발생하는 크랙은 폭이 300 μm이내 깊이 3mm이내의 크랙으로 이 부분의 수리 기술 확립이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 모재분말 및 Ni기 삽입금속분말을 이용하여 천이액상확산접합법으로 접합을 실시할 경우의 모재 및 혼합분말의 용융현상을 파악하기 위하여 가열온도 및 유지시간에 따른 혼합분말의 미세조직을 관찰하였다.

### 2. 실험방법

모재 및 Ni기 삽입금속의 혼합비는 50:50을 선정하여 실험하였으며 대략의 성분을 표 2.1에 나타내었다. 본 실험에 사용한 모재 분말은 터빈

버킷용 GTD111의 성분을 다소 수정하였으므로 MGTD111이라 명하며 Ni기 삽입금속과 50:50의 무게비로 혼합한 분말을 MGN50이라 명하였다.

혼합분말의 용점 및 가열, 냉각 곡선은 시차열량분석기(DSC)를 이용하여 도출하였다.

가열온도 및 유지시간에 따른 혼합분말의 용융현상을 파악하기 위해 모재와 Ni기 삽입금속의 혼합분말을 DSC를 이용하여 Ar 분위기에서 20K/min의 속도로 가열하였고, 10K/min의 속도로 냉각하였다. 미세조직은 Marble 용액으로 에칭 후, 광학현미경으로 관찰하였다.

Table 2.1. Chemical composition of Base metal and insert metal powder (wt%)

powder	Cr	B	Ni	Etc.
MGTD111	14	0.00	bal.	Ti,Al...
Ni-base filler metal	14	2.50	bal.	Ti,Al...
MGN50	14	1.25	bal.	Ti,Al...

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 혼합분말의 용융현상

##### 3.1.1 혼합분말의 용점측정

기존의 모재 분말과 Ni기 삽입금속의 혼합분말을 삽입금속으로 GTD111의 최대열처리 온도인 용체화 온도, 1463K에서 TLP접합 실험을 실시하였다. 1463K조건에서 천이액상확산접합 현상이 발생하기 위해서는 혼합분말재가 완전용융 되어야 한다.

표 3.1은 시차열분석장치(DSC)를 이용하여 혼합분말재의 용점을 측정한 결과이다. 표 3.1에서 보는 바와 같이 MGN50의 경우 액상선이 접합온도인 1463K보다 현저히 낮기 때문에 삽입금속으로 사용하여 TLP접합을 실시할 경우 충분히 용융될 것으로 사료된다.

Table 3.1 Melting range of the Insert Metal (20K/min)

insert metal	Solidus (K)	Liquidus (K)
MGN50	1352.9	1419.1

3.1.2 가열온도에 따른 분말의 미세조직 변화

그림 3.1은 MGN50을 시차열분석장치를 이용하여 가열했을 때의 가열곡선을 나타낸다. 가열곡선을 통해 MGN50을 접합온도로 가열할 경우 모재 분말과 Ni기 삽입금속의 반응을 거치면서 용융되어 갈 것으로 예상된다.

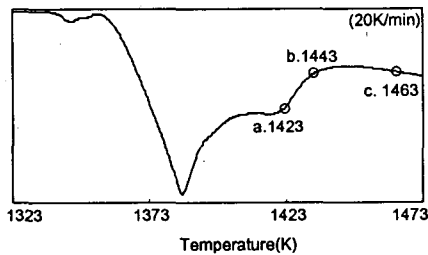


Fig 3.1 DSC heating curve of MGN50.

DSC 가열곡선의 peak를 참조하여 공정반응이 완료되는 온도인 a(1423K), 최종반응이 완료되는 온도인 b(1443K), 접합온도인 c(1463K)의 온도를 선정하여 가열하였다.

그림 3.2는 가열온도에 따른 미세조직을 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 1423K의 온도에서 액상에서의 냉각 조직인 dendrite 영역(B)이 국부적으로 관찰된다. 그러나 가열온도가 증가함에 따라 dendrite 영역, 즉, 액상의 영역이 증가하며 공정의 양이 감소하는 것이 관찰된다. 그리고, dendrite 영역의 경우 가열온도의 증가에 그림 3.3은 그림 3.2에서 사각형으로 표시된 영역을 확대한 사진을 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 불규칙한 형상으로 관찰되는 이 영역(A)은 분해된 분말 입자들 중 용융하지 못한 입자간의 병합에 의해 이러한 형상으로 관찰되는 것으로 사료된다.

3.1.2 유지시간에 따른 분말의 미세조직 변화

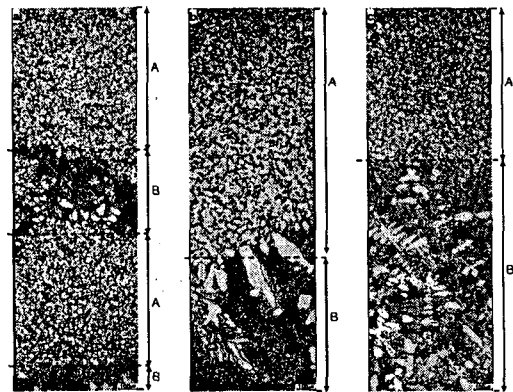


fig 3.2 Microstructures of MGN50 with heating temperatures. a) 1423K b) 1443K c) 1463K

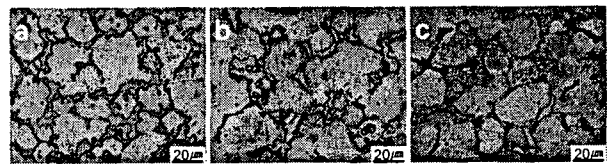


fig 3.3 Higher-magnification view of the region outlined by the rectangle in Fig 3.2 a) 1423K b) 1443K c) 1463K

그림 3.4는 접합온도인 1463K에서 유지시간에 따른 미세조직을 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 5min유지할 경우 액상 영역이 넓어졌다가 10min유지 이후에는 액상 영역이 좁아진다. 그림 3.5은 그림 3.4에서 사각형으로 표시된 영역을 확대한 사진을 나타낸다. 5min 유지까지의 사진에서는 1423K 및 1463K에서와 마찬가지로 두 영역이 존재하지만, 10min 이후부터는 액상 영역과 고상 영역 사이에 비교적 구형의 상이 존재하는 영역이 존재하며 이 영역은 유지시간이 증가함에 따라 증가한다. 그림 3.6은 가열온도 및 유지시간에 따른 A, B, C로 표기한 각 영역의 분율을 도식한 그래프이다. 가열온도가 증가할수록 액상의 영역이 넓어지고, 유지시간이 길어질수록 액상의 영역이 넓어지다가 감소하는 경향을 나타낸다.

3.1 접합 시 모재의 용융현상

천이액상확산접합 시 모재 쪽으로 B, Si 등의 용점강하원소의 이동으로 인해 모재의 용융현상이 일어난다. 모재와 삽입금속의 혼합분말을 사용할 경우 액상 삽입금속에 의해 모재 분말이 용융되는 동시에 모재 쪽에서 역시 용융이 일어난 것이다.

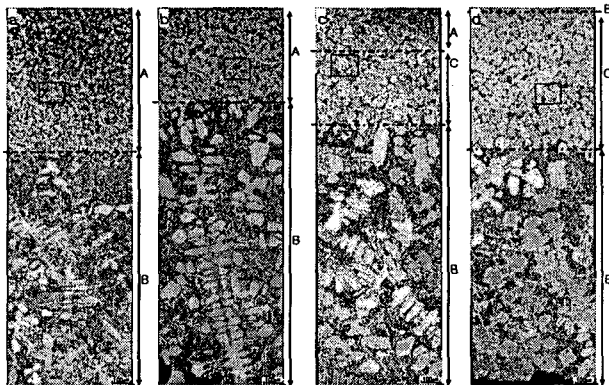


fig 3.4 Microstructures of MGN50 with heating temperatures.  
a) 0min b) 5min c) 10min d) 20min

#### 4. 결 론

상기 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) MGN50 혼합분말을 접합온도로 가열할 경우 가열온도가 증가함에 따라 분말이 완전 용융하는 액상영역이 증가한다.
- 2) 접합온도에서 유지시 유지 시간에 따라 액상 영역이 증가하다가 일정한 시간 이후에는 액상의 영역이 감소한다.

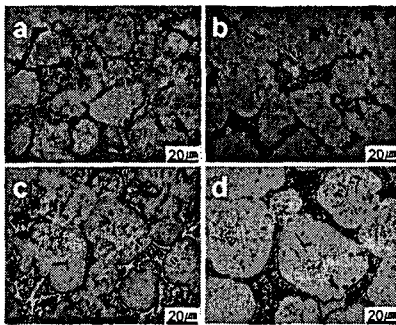


fig 3.5 Higher-magnification view of the region outlined by the rectangle in Fig 3.2.  
a) 0min b) 5min c) 10min d) 20min

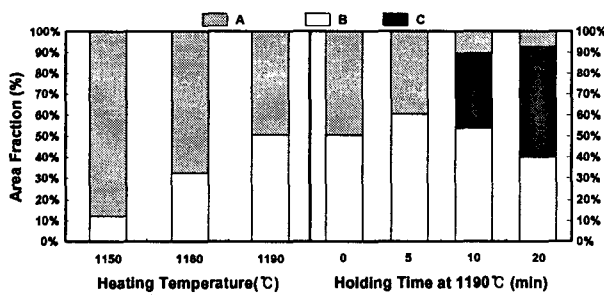


fig 3.6 Area fraction of an each zone.

한편 고주파 유도로를 통해 접합할 경우 고주파의 표면효과로 인해 열전대를 통해 측정된 측정온도와 실제 온도가 다를 것으로 예상된다. 따라서 고주파 유도로를 통한 접합 현상을 파악하기 위해서 우선적으로 실제 온도와 비교를 통한 온도 보정이 검토되어야 할 것이다. 향후 고주파 유도로의 온도 보정을 거쳐 천이액상확산접합을 실시하여 가열온도 및 유지시간에 따른 모재의 용융현상을 파악하고자 한다.