

마찰압접한 순 Al(1050)/Cu(TCu)의 계면반응에 미치는 열처리 효과에 관한 연구  
Effect of heat treatment on the interface reaction of the friction welded  
pure Al(1050)/Cu(TCu) joints

방극생\*, 이원배\*, 연윤모\*\*, 박정욱\*\*\*, 신희택\*\*\*, 김대업\*\*\*\*, 정승부\*

\* 성균관대학교 신소재공학과

\*\* 수원과학대학교 자동차용접과

\*\*\*보원정금속(주)기술연구소

\*\*\*\*현대 Mobis(주)기술연구소

### 1. 서론

최근에 이종재료의 접합 중 특히 Al과 Cu의 bimetal은 전기분야에 적용되고 있다. Al과 Cu의 bimetal은 보통 중전기 커넥터, 열교환기 등으로 사용된다. 중전기 커넥터로 사용되는 Al과 Cu의 bimetal은 네트워크로 과도한 전류가 흐름으로써 Al/Cu의 접합계면에서 확산으로 인해 핵생성과 금속간 화합물의 성장이 일어나게 된다. 이러한 금속간 화합물의 성장은 계면에서 전기저항의 증가와 기계적 특성을 감소시켜 전기적, 기계적 성질에 모두 악영향을 미친다. 기존의 용융접합법으로는 접합 도중의 두 재료의 용융을 동반하기 때문에 Al과 Cu접합계면에서 금속간 화합물 형성시켜 기계적, 전기적인 특성에 악영향을 미치게 된다. 따라서 고상접합법인 마찰압접법을 사용하여 금속간 화합물의 형성을 억제시키고자 한다. 따라서 본 실험에서는 마찰압접한 Al/Cu 중전기용 커넥터를 각각의 열처리 조건(온도, 시간)에서 열처리를 한 후 각각 접합계면에서 생성될 수 있는 금속간 화합물을 정성분석하고 각각의 금속간 화합물의 두께를 측정에 하였다. 또한 각 금속간 화합물 성장의 활성화 에너지 값을 얻으며 금속간 화합물 성장에 따른 전기 전도도 및 기계적 성질에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

### 2. 실험 방법

본 실험에서는 예비 실험을 통해 얻은 마찰압접 최적 조건 선정, 마찰시간(0.1s), 마찰압력(100MPa), 업셀시간(5s), 업셀압력(100MPa)으로 마찰압접한 시편을 사용하였다. 마찰압접한 시편을 각각 열처리 조건에 따라 열처리를 하였다. 열처리 조건을 table 1 에 나타내었다. 인장시편은 KS 봉상시험편 규격 4호에 의해 제작하였으며 중전기 커넥터의 실제 사용온도를 고려 373K에서 열처리시간의 변화에 따라 인장강도 시험을 하였다. 경도 측정을 위해 마이크로 비커스 경도기(하중:50g)를 사용하였으며 접합계면의 조직은 광학 현미경을 사용하였으며 금속간 화합물 두께와 조성분석을 위해 SEM과 EDS를 이용하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

중전기 커넥터용 Al/Cu bimetal을 최적의 접합조건에서 마찰압접을 한 후 열처리 조건에 따른 금속간 화합물의 두께변화를 fig.1에 나타냈다. 열처리 시간을 129.6ks로 고정시키고 열처리 온도가 증가할수록 금속간 화합물의 두께가 증가함을 알 수 있었다. 또한 계면 근방을 EDS를 이용하여 분석한 결과 CuAl, Cu<sub>3</sub>Al, Cu<sub>2</sub>Al, CuAl<sub>2</sub>....등의 금속간 화합물이 생성됨을 알 수 있었으며 이러한 각각의 금속간 화합물의 두께도 열처리 온도가 증가할수록 증가되는 경향을 나타냄을 알 수 있다.

Fig.2는 열처리 시간의 변화에 따른 금속간 화합물 두께의 변화를 나타낸 것이다. 열처리 시간 129.6ks에서 온도가 증가할수록 1.7~105 μm로 금속간 화합물의 두께가 증가함을 알 수 있었다. Fig.3는 접합계면에서 미세 조직을 광학현미경으로 나타내었다. 열처리 시간이 증가할수록 금속간 화합물의 두께가 증가함을 알 수 있었으며 계면에서 입자가 다소 조대화 됨을 알 수 있었다. Fig.4는 86.4ks의 시간에서 각각의 열처리 온도의 변

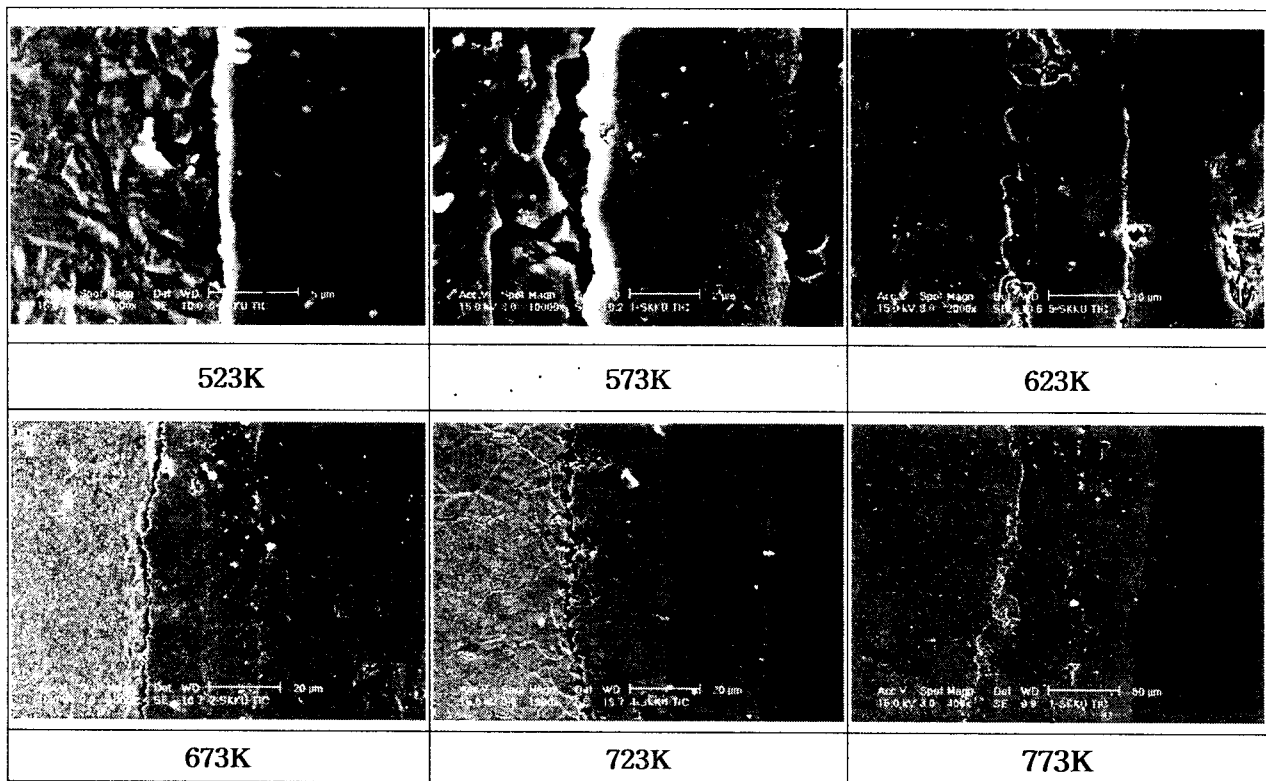
화에 따른 인장강도값의 변화를 나타내었다. 열처리 온도가 증가할수록 인장강도가 급속하게 감소함을 알 수 있었다. 열처리 온도가 773K에서는 거의 0의 인장강도 특성을 보임을 알 수 있었다. 이는 열처리 온도가 증가할수록 계면 근방에 금속간 화합물의 성장이 과도하여 기계적인 특성에 악영향을 미치기 때문으로 사료된다. 또한 차후 실험을 통해 금속간 화합물의 특성에 미치는 열처리 시간의 영향을 고찰할 예정이며 금속간 화합물이 미치는 전기적인 영향을 4-probe 전기저항 측정법을 이용하여 알아볼 예정이다. 또한 각각 금속간 화합물의 활성화에너지를 열처리 온도 및 시간에 따라 조사하고자 한다.

**참고문헌**

1. M. Braunovic, N. Alksandrov, "Effect of electrical current on the morphology and kinetics of formation of intermetallic phase in bimetallic aluminium-copper joints", IEEE Trans, (1993)
2. M. Abbasi, A. Karimi Taheri, M. T. Salehi, "Growth rate of intermetallic compounds in Al/Cu bimetal produced by cold roll welding process", Journal of Alloys and Compounds 319 (2001) 233-241
3. M. Braunovic, N. Alksandrov, "Intermetallic compounds at aluminium to copper electrical interfaces: Effect of temperature and electric current", IEEE Trans, (1994)
4. William E. Veerkamp, " Copper to Aluminium transitions in high direct-current bus system", IEEE Trans, (1995)

**Table.1 Heat treatment condition**

온도	523K	573K	623K	673K	723K	773K
시간	3.6ks	43.2ks	86.4ks	129.6ks	-	-



**Fig.1 SEM image of interface at each heat treatment temperature(time: 129.6ks)**

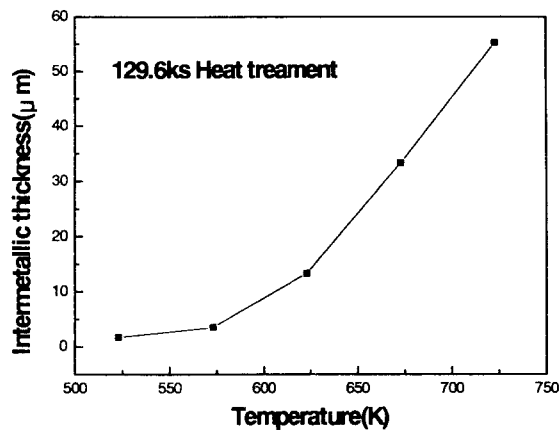


Fig.2 Relation between intermetallic thickness and heat treatment temperature

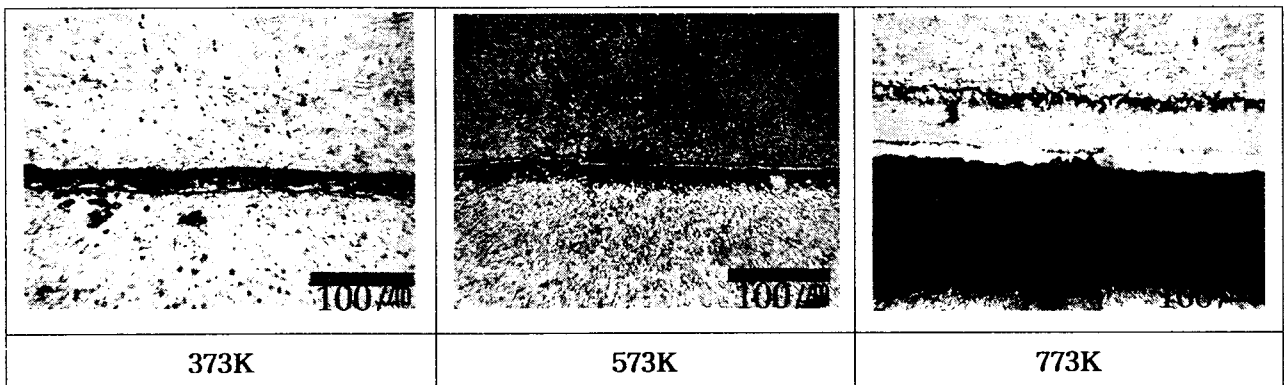


Fig.3 Microstructure of interface at each heat treatment temperature(time: 86.4ks)

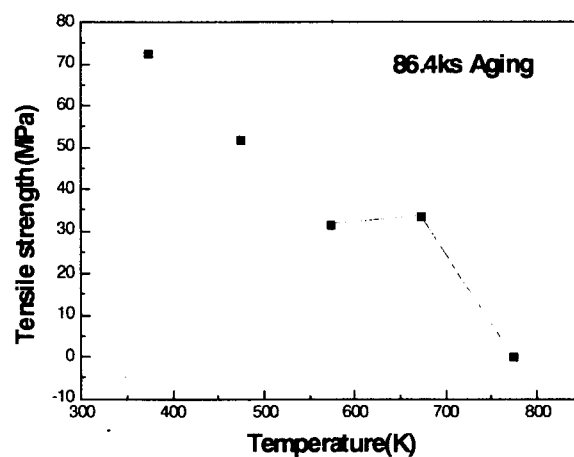


Fig.4 Relation between heat treatment temperature and tensile strength