

EutecRod계 brazing에 의한 Cu/Al busbar 제조

우병철, 김봉서, 이희웅
한국전기연구소 전기재료연구부

Manufacturing of Cu/Al busbar made by brazing method

B. C. Woo, B. S. Kim, H.W. Lee

Div. of electric materials, Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - Busbar made with Cu or Cu alloys and produced by plastic manufacturing process.

In this study, we reasearch the manufacturing trend of Cu clad Al busbar for low cost and light weight which used for a electric power suply of distributing board.

The objectives of this study is the manufacturing of composite busbar on electric power supply, the process and application for Cu clad Al busbar and the relation between electric properites and manufacturing operating process on contact parties

적인 힘으로 눌러 압착되는 방법이다. 압연기를 통하여 고압으로 늘려진 힘에 의해서 미세 표면의 돌기에 의해서 상호 접속되면서 소성변형을 일으켜 그 에너지에 의해서 접착하는 방법이다.

이러한 방법은 연질과 경질재료간에 사용하면 재료간의 가공경화지수의 차이에 의해서 가공성의 차이가 발생하고 이러한 가공정도에 의해서 전혀 접착성을 가지지 못하는 경우가 발생할 수 있다.

2.1.2 brazing법

brazing은 soldering과 함께 납땜의 일종으로 filler재의 용점은도에 의해서 크게 구별되는데 filler재의 용점은도가 450℃이상일 경우에는 brazing이라하고 이 이하일 경우에는 soldering이라고 한다. brazing시의 온도는 모재의 용점은도이하의 적절한 온도로서 작업이 이루어지며 모재는 고체상태를 유지하는 온도에서 용접하는 것이 welding과의 차이점이라 할수 있다.

표1은 brazing의 장단점을 정리하였다.

이러한 brazing 작업에 관계되는 주요 인자는 wetting, 특성, 물리, 화학적 반응으로서 산화물의 생성반응, 확산문제이며 이중 특히 중요한 것이 wetting 특성으로 wetting angle이 작을수록 brazing에 유리하다.

1. 서 론

발전소나 변전소 등의 선로로 공급되는 전력은 배전반을 거쳐 여러 부분의 전력 수요부로 나뉘어진다. 이런 배전반에는 차단기등의 부품과 연결시켜 주며 전력의 분기점을 만들어 주는 부스바가 필수적이다.

일반적으로 Al은 기존의 Cu 도전체를 대체하는 경향을 가지고 있지만 이러한 대체는 여러 가지 공학적인 문제를 야기시키고 있으며 더욱이 최근에는 더욱 더 문제가 심각해지고 있다. Al도전체는 연결과 접속부에 아르곤 용접으로 사용되고 있으나 다소의 문제점을 가지고 있으며 실제적인 Al도전체를 사용하기 위해서는 이러한 연결부의 질을 높일 필요가 있다.

Cu/Al 복합 부스바는 무게와 가격은 줄어들고 설치비는 늘어나지만 자중이 고려되어야 할 부분과 내 환경적인 부분에서는 많이 사용되고 있어 규격품은 아니지만 많은 수요를 창출하고 있다.

2. 본 론

2.1 복합 busbar의 제조법

2.1.1 압연법

일반적으로 많이 사용되는 금속간의 접합법으로서 기계

표 1 brazing의 장단점

Brazing의 특성	
장점	- 모재의 용융이 없고 작업온도조절이 용이 - 산화, 잔류응력, 변형의 최소화 가능 - 외관이 우수 - 고속도의 자동화가 가능
단점	- 비파괴적으로 검사가 불가 - 취성이 강한 금속간 화합물이 생성 - 구성물이 복잡하면 jig, 고정장치 필요

2.1.3 정수압 압출법

정수압 압출법은 최근 응용분야가 계속 많아지고 있는 가공법으로서 가공단가가 낮아지고 있어 그 실용성에 대한 응용분야도 계속 넓혀가고 있는 실정이다.

2.2 Cu/Al관련 brazing/soldering

복합 busbar의 제조와 관련하여 언급한 brazing법의 장 단점은 Cu/Al간의 계면에서도 여러종류의 brazing이 가능하다.

다음 표는 본 실험에서 사용한 soldering재료와 brazing 재료의 특성과 분류를 나타내었다.

이러한 접착재료들은 bar, wire, tape, lead pipe, solder preform 등의 형태로 판매되고 있으며 재료에 적당한 flux를 사용하여 접착부의 결합을 원활히 할수 있다.

brazing재료는 주로 brazing조건, brazing하는 모재의 사용 조건 및방법과 brazing의 경제성을 고려해서 선택하여야 하며 다음과 같은사항은 반드시 알아두어야 한다.

은계의 경우 Ag량이 적은 것이 경제적이지만 은의 량이 적어지면 brazing할때 용점과 유동성에 문제가 되므로 내식성, 전기전도성 및 기계적 특성이 brazing후에 떨어지는 문제가 있어 brazing계수의 사용조건이나 brazing의 작업성을 고려하여야 한다.

표 2 soldering 및 brazing 재료의 특성

종류 특성	BAG계	X계 (#157)	Y계 (#190)
용점	600-800℃	221℃	570-585℃
작업온도	600-820℃	210-240℃	570-600℃
주요성분	Ag,Cu,Zn,Cd	Sn, Si, Cu	Al, Si
주요용용	Al, C, SUS	강,Cu,전자부품	Al,전자부품등
장점	저가작업, 높은 접착성, 다양한 상품, 높은 유동성	저용점 filler 높은 전단강도 부식에 강함 높은전기전도성	높은전기전도성 Al이하의 용점 높은 전단강도 Al과 유사 색상

용점은 낮을수록 좋으며 용점이 높으면 brazing온도가 높아지므로 모재가 변형되거나 침화되도록 촉진시키는 원인이 된다.

유동성과 퍼짐성에서 brazing할때의 재료에 흐르는 성질을 말하며 이는 모재와의 적합성, 가열방법, 온도분위기와 flux의 선택에 따라 달라진다.

기계적 특성면에서 보면 인장강도, 전단강도, 전기도전율, 내식성 및 내아크성의 검토가 필요하며 이것 역시 모재의 선택과 모재의 특성, brazing계수의 설계에 대한 것이 결정되어야 한다.

저용점 filler metal은 Al/Cu간의 금속간 화합물의 발생을 줄여주고 이로 인하여 Al층의 변형을 줄여주며 일반적으로 많이 사용하고 있는 1050계의 Al에서도 충분히 작업이 가능하다.

작업순서는 Cu/Al계면에 filler metal을 넣고 그 사이에 flux를 넣어 전기로에 넣어진다. 먼저 표면의 산화층을 제거하기 위하여 #100에서 #1500까지 사포로서 표면층을 벗기고 Al과 Cu는 전처리과정을 겪으면서 NaOH 10%수용액에 수분 탈지작업후 표면의 미세 먼지를 제거하기 위해 초음파 세척작업을 수행하였다.

다음 그림은 brazing 작업의 개략적인 도식도를 나타내었다. 먼저 가공된 Cu와 filler metal, Al을 준비하여 brazing이 될 수 있게 고정시킨후 열처리후 관찰, 그리고 적절한 강도를 가지는지 확인하는 내용이다.

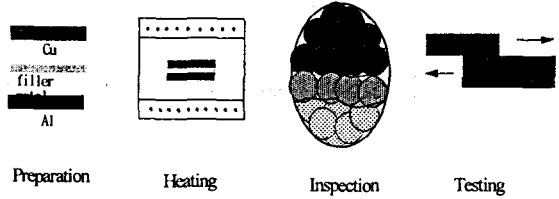


그림 1 일반적인 busbar의 제조과정

2.2.1 BAg계의 특성

BAG1은 Ag, Cu, Zn, Cd등으로 구성되어 있으며 Ag가 45%정도 함유하고 있으며 적절한 brazing온도는 620-760℃정도이며 본실험에서는 600, 620, 640℃에서 flux유무등을 시험하였다.

10% NaOH수용액에서 약 10분간 탈지하였으며 약 10분간 초음파 세척후 압연된 시료의 표면을 #800까지 사포로 표면층을 제거한 다음 탈지와 초음파세척 작업을 수행하였다. brazing작업은 10⁻⁵torr의 진공도를 얻을수 있는 진공상태에서 작업하였다.

본 그림에서 알 수 있듯이 Cu와 Al경계층에 BAg1층이 존재하고 있으며 경계층사이에서는 금속간 화합물층을 형성하였으며 660℃에서 용융상태로 되는 Al과 filler금속과 일부 결합하게 화합물을 형성하였음을 알았다.



그림 2 brazing 계면의 특성

이러한 brazing시에 발생하는 문제는 계속적인 연구결과로서 해결하여야 하며 근본적으로 금속간 화합물의 존재를 줄이기 위해서는 BAg1보다 용점이 낮은 filler금속을 선택하여야 가능하다.

또한 SEM으로 brazing filler metal인 BAg1의 조직사진을 다음 그림에 나타내었는데 일반적인 brazing 재의 공정조직 형상을 하고 있음을 알수 있었다.

2.2.2 X(#157), Y(#190)계의 특성

BAG1과는 달리 용점이 221℃와 약 580℃의 낮은 용점

으로 인해서 발생하는 표면 탈지문제와 flux의 사용에 중점을 두어야 하는 문제점이 있다.

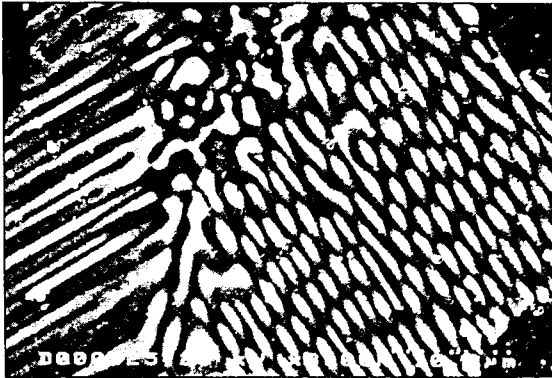


그림 3 Ag/Cu 계면의 BAg1 공정조직

이 재료의 극한강도는 11,24kg/mm²이고 전기 및 열전도도가 높으며 알루미늄 합금간의 접합에 널리 사용되고 있으나 국내에서는 거의 사용되지 않는 제품이다. X계는 220℃서 30분에서 10분간, Y계는 570에서 590℃부근에서 3분간 진공중에서 열처리하였으며 그 결과 X계는 220℃에서 10분간, Y계는 590℃에서 30분간 열처리한 것이 유용한 것으로 판단되었으며 그 결과는 다음 그림과 같다.



그림 4 X filler metal을 사용한 Ag/Cu 계면특성



그림 5 Y filler metal을 사용한 Ag/Cu 계면특성

이러한 결과는 Al층의 손상이 발생하지 않고 또한 접착강도가 유지되는 적절한 조건을 파악하였으며 Y재료를 사용한 경우는 590℃이하의 온도에서 작업하는 것이 적절한 것으로 판단되었다.

2.3 마찰압접으로 집합된 busbar

일반적으로 많이 사용되는 마찰압접은 경도차가 많이나는 금속간에서 두 금속간의 마찰열을 이용하여 접합하는 방법으로 저용점금속의 표면을 녹여 접합한다. 즉 Cu와 Al간의 마찰압접은 원형의 형상을 유지하는 곳에서는 널리사용되지만 판상의 접합에서는 사용하기 어려운 단점을 가지고 있다.

그러나 마찰압접과정에서 Al층은 용점이상의 고온 상태에서 작업되기 때문에 Cu와 Al간의 계면에서는 산화층이 발생하지만 일반적인 brazing작업에 비해 매우 얇은 층이기 때문에 사용상에는 아무런 문제점이 없어 널리 이용되고 있다. 다음그림은 마찰압접으로 제조된 Cu/Al간의 접합계면특성으로서 분석한 결과 μm단위 이하의 두께를 가지고 있었다.

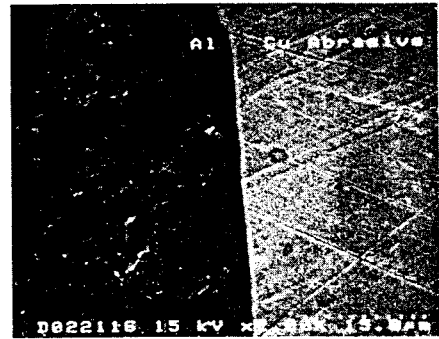


그림 6 마찰압접으로 제조된 Ag/Cu 특성

3. 결 론

Cu/Al 접합과 관련된 실험 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

1. X와 Y계의 filler metal을 사용하여 BAg계와 유사한 접합특성을 얻을수 있었다.
2. Cu/Al계면에서는 용점이 낮은 filler metal을 사용함에 따라 계면의 산화층을 줄일수 있었다.
3. brazing에 의해서도 정수압 압출로 제작된 제품과 같은 특성을 얻을수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Japan Patent 51-145906
- [2] Germany Patent 1278698
- [3] Sadahiko Mitsugi, Properties of copper-clad aluminum busbar, Hitachi review 23, 6, P.26