

Cu clad Al 복합경량 busbar의 현황과 제조

우병철*, 김봉서, 변우봉, 이희웅
한국전기연구소 전기재료연구부 도전재료연구팀

A processes of Cu clad Al busbar for light weight

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

Div. of electric materials, Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract

Generally speaking, busbar made with Cu or Cu alloys and produced by plastic manufacturing process. In this study, we reearch the trend and manufacturing 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 trend of 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

1. 서론

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. 일반적으로 알려진것과같이 Al도전체는 연결과 접속부에 많은 문제점을 가지고 있으며 실제적인 Al도전체를 사용하기 위해서는 이러한 연결부의 질을 높일 필요가 있다.

복합 부스바는 재료의 가격을 줄이지만 설치비는 늘어나서 실제적인 응용용으로서의 사용되는 Al은 사용되기 힘들어진다. 연결부의 이러한 문제는 값싼 부스바의 사용을 요구하게 되었고 표면처리의 최소경비를 요구하게 되었다. 이러한 물질들에 대해서 재인식하면서 copper-clad aluminum의 형태로 발전하게 되었다.

2. 복합 busbar의 제조법

가. 압연법

일반적으로 많이 사용되는 금속간의 결합법으로서 기계적인 힘으로 눌러 압착되는 방법이다. 압연기를 통하여 고압으로 눌러진 형에 의해서 미세 표면의 돌기에 의해서 상호 접속되면서 소성변형을 일으켜 그 에너지에 의해서 정착하는 방법이다.

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

나. brazing법

표 1 brazing의 장단점

	Brazing의 특성
장점	- 모재의 용융이 일어나지 않고 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 사용이 필요

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

앞의 표는 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.

다. 정수압 압출법

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

3. Cu/Al관련 brazing법

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

다음 표는 일반적으로 사용되고 있는 soldering재료와 brazing재료의 특성과 분류를 나타내었다.

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

brazing재료는주로 brazing조건, brazing하는 모재의 사용조건 및방법과 brazing의 경제성을 고려해서 선택하여야 하며 다음과 같은 사항은 반드시 알아두어야 한다.

은계의 경우 Ag량이 적은 것이 경제적이지만 은의 양이 적어지면 brazing할때 용점과 유동성에 문제가 되므로 내식성, 전기전도

성 및 기계적 특성이 brazing 후에 떨어지는 문제가 있어 brazing 개수의 사용조건이나 brazing의 작업성을 고려하여야 한다.

표 2 용접용 재료의 분류

모재 사용재	Al 합금	Mg 합금	Fe 합금	탄소강	SUS계	주철	Cu 합금	코탄소 공구강	내열강	Ti 합금
Al/Al합금	BAI BAIS									
Mg계합금		BMg								
Fe계합금			BAG							
탄소강	BA14 BAIS4		BAG BCuZn	BAG BCuZn						
SUS강			BAG BCuZn	BAG BCuZn	BAG BCuZn					
주철			BAG BCuZn	BAG BCuZn	BAG BCuZn	BAG BCuZn				
Cu계합금			BAG BCuZn	BAG BCuZn	BAG BCuZn	BAG BCuZn	BAG BCuP BCuZn			
코탄소강 공구강			BAG BCuZn	BAG BCuZn	BAG BCuZn	BAG BCuZn	BAG	BAG BCuZn		
내열합금			BAG BCuZn	BAG BCuZn	BAG BCuZn	BAG BCuZn	BAG BCuZn	BAG BCuZn BAG/Vn		
Ti합금강			BAG	BAG	BAG	BAG	BAG	BAG	BAG	BAG

용접은 낮을수록 좋으며 용접이 높으면 brazing 온도가 높아지므로 모재가 변형되거나 취화되도록 촉진시키는 원인이 된다.

내용점의 온도범위에서 역상과 고상온도차가 적을수록 좋으며 모재간의 간격이 좁은 용도에 최적이며 온도차가 클 경우에는 부분적인 용융이 발생하여 용착되는 형상이 발생하며 균일한 brazing이 어려우며 이 경우에는 급속가열 등의 brazing 기술이 필요하다.

유동성과 퍼짐성에서 brazing 할 때의 재료에 흐르는 성질을 말하며 이는 모재와의 적합성, 가열방법, 온도분위 및 flux의 선택에 따라 달라진다.

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

이러한 사항이 진공 brazing, 분위기 brazing 조건일 경우에는 습기압이 무체가 되며 이 경우 Cd, Zn 대신에 Sn, In을 합금으로 해서 사용하며 가공성 및 색상등도 고려해야 한다.

성분에 따라 분류하면 다음과 같이 분류할 수 있다.

다음 그림은 brazing 작업에 사용되는 재료의 구성과 형상을 나타내었다.

앞의 그림과 같이 Cu/Al계면에 filler metal을 넣고 그 사이에 flux를 넣어 전기로에 넣어진다.

먼저 표면의 산화층을 제거하기 위하여 #100에서 #1500까지 사포로서 표면층을 빗기고 Al과 Cu는 전처리과정을 겪으면서 NaOH 10% 수용액에 수분 탈지작업후 표면의 미세 먼지를 제거하기 위해 조습과 세척작업을 수행하였다.



그림 1 brazing 작업의 시험 재료의 구성

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 확

인화하는 내용이다.

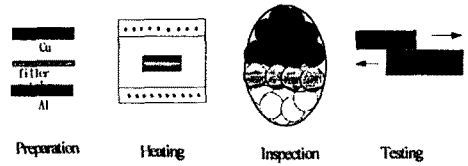


그림 2 일반적인 busbar의 제조과정

4. 정수압 압출

다음 그림은 정수압 압출의 기본적인 도식도를 나타내었는데 그림에서 알수 있듯이 외부의 피스톤에 의해서 강한 압력을 걸어 외력이 걸리지 않은 출구로 재료를 뽑아내는 과정이다.

이러한 과정에서 압출과정이 성립되지만 외부와의 기밀문제와 강한압력의 생성, 다이부의 강성등이 큰 관건이며 국내에서는 거의 제작이 힘든 상태이다.

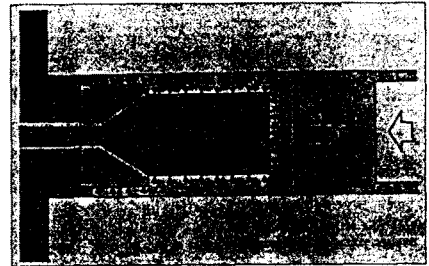


그림 3 정수압 압출의 원리

plunger가 컨테이너안으로 움직이려면 중간부위에 압축 압력이 걸린다. 이 압력이 어떤 일정값에 도달하면 빌렛부위가 압출을 시작한다. 일반적으로 압력은 압출이 시작될 때부터 조금씩 떨어지고 압출이 일정하게 유지될 때 시작때보다 낮은 일정한 압력 P를 나타낸다.

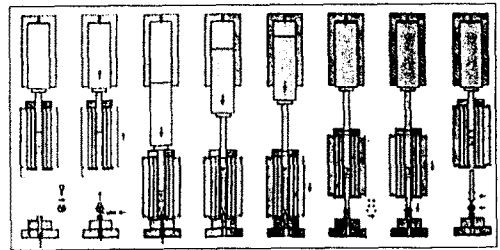


그림 4 정수압 압출의 진행과정의 도식도

다음 그림은 외산 Cu clad Al busbar의 단면형상을 보여주고 있는데 정수압과정에서 아무런 급속한 반응도 없이 깨끗한 결합을 보여주고 있으며 외측이 Al층이고 내측이 Cu층으로서 단면비가 약 90:10이다.

그림 6은 정수압 압출에 의해 제조된 복합 부스바의 계면에서의 반응층의 여부를 확인하기 위해 EDX분석한 결과로서 아무런 반응층이 없다는 것을 확인하였으며 저온에서 제작한 결과로 판단되었다.

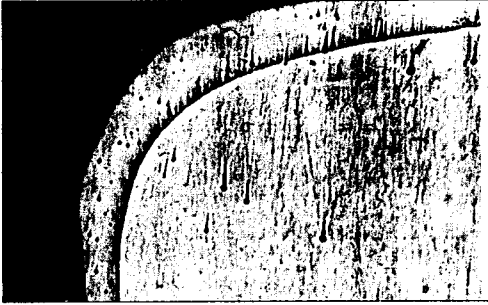


그림 5 정수압 압출 Cu-clad Al busbar의 aspect ratio

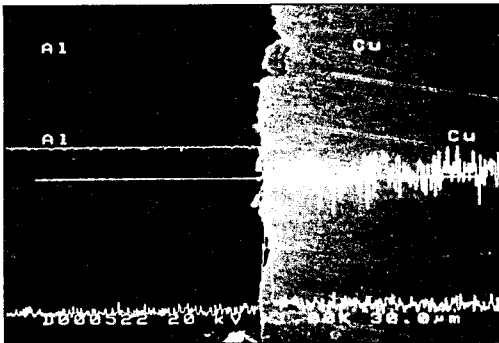


그림 6 정수압법에 의해 제조된 복합 부스바의 접합면

5. brazing법에 의한 Cu clad Al busbar의 제조

본 실험에서는 회성금속(주)에서 제조되고 있는 BAG계인 BAG1을 사용하여 brazing처리를 하였으며 flux는 HF1A를 사용하였다. BAG1은 Ag, Cu, Zn, Cd등으로 구성되어 있으며 Ag가 45%정도 함유하고 있으며 적절한 brazing온도는 620-760℃정도이며 본 실험에서는 600, 620, 640℃에서 flux유무 등을 시험하였다. 먼저 99.9%순도 이상의 Cu, Al를 준비한후 brazing test에 적절하게 0.5mm두께로 압연한후 준비된 filler를 첨가하고 움직이지 않게 constraint를 주고 노에서 열처리하는 과정으로 brazing법에 의해 제조한다.

이러한 제조공정중 크게 재료의 전처리공정과 brazing공정으로 나눌수 있다.

10% NaOH수용액에서 약 10분간 탈지하였으며 약 10분간 초음파 세척후 압연된 시료의 표면을 #1200까지 사포로 표면층을 제거한 다음 탈지와 초음파세척 작업을 수행하였다.

filler metal은 BAG1계로서 0.1mm의 두께의 제품을 사용하였으며 filler의 폭은 약 10mm의 제품을 사용하였다. Cu/filler/Al사이의 틈은 은박을 사용하여 고정시켰으며 열처리의 움직임을 고려하여 평판위에서 고정하였다.

brazing작업은 10⁻³torr의 진공도를 얻을수 있는 진공상태에서 작업하였으며 승온과 유지, 냉각은 다음 그림과 같다.

승온은 약 1시간, 유지는 30분, 냉각은 노냉으로 실험하였으며 유지온도는 440℃이며 TMP를 사용하여 진공도를 유지하였다.

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 7 brazing 계면의 현미경 조직 사진

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 계의 공정조직 형상을 하고 있음을 알수 있었다.

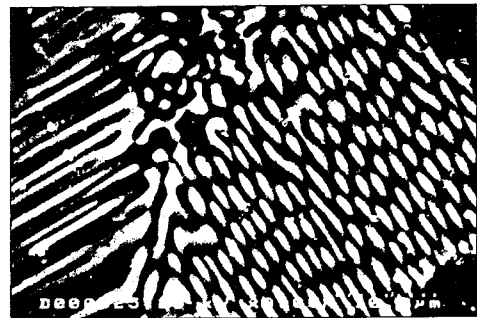


그림 8 brazing 부의 Ag/Cu 공정조직 SEM 사진

6. 결론

복합 경량부스바는 대부분 정수압 압출에 의해 제조되고 brazing법에 의해 미량 제조되고 있다.

정수압 압출에 의해 제조된 경우 양호한 접합부의 특성을 얻을수 있었으며 brazing 법으로도 제조가 가능함을 알수 있었다.

또한 BAG1계의 filler재료는 복합부스바의 최적 filler metal은 아니지만 양호한 결합력을 가질수 있었다.

참고문헌

1. Japan Patent 51-20744
2. Japan Patent 51-56740
3. Japan Patent 51-145906
4. Germany Patent 1278698
5. Properties of copper-clad aluminum busbar, Sadahiko Mitsugi, et al, Hitachi riview Vol.23, No.6, P.261Japan Patent 51-20744