

베릴륨동의 경납땜 Brazing Beryllium Copper

FRANK DUNLEVEY
MARKETING MANAGER, BRUSH WELLMAN INC.

경납땜은 높은 강도와 고온에서도 견디는 접합이 요구될 때 쓰이는 금속접합방법이다. 베릴륨동의 경납땜은 비교적 간단하고 값싸게 할 수 있다. 베릴륨동은 고유의 강화메카니즘으로 인하여 경납땜을 하더라도 약해지지 않는다. 냉간가공 작업만으로 강도를 갖게하는 인칭동이나 양백(Nickel Silver)같은 재료는 경납땜을 하면 강도를 잃는 것과 대조적이다.

경납땜이란 425℃ 이상에서 녹는 충전금속 즉 경납땜 금속재료(Brazing Metal)를 용융시켜 모세관현상에 의하여 틈사이에 들어가게 함으로써 접합을 시키는 것으로 정의된다. 경납땜 온도는 납땜(Soldering)과 용접의 중간이다. 베릴륨동의 경납땜 온도는 시효경화 열처리 온도 이상 용체화소둔온도 이하의 범위이다.

1. 베릴륨동의 야금학적 성질

베릴륨동은 용도에 따라 두가지 종류로 나누어진다. 하나는 고강도재(C17000, C17200, C17300)이며, 다른 하나는 고전도재(C17410, C17500, C17510)이다.

이들은 어느 것이나 열처리하면 강도가 높아진다.(표1에 열처리 온도를 보임)

베릴륨동의 처음 상태는 용체화 소둔상태로서 베릴륨이 고용(Solid Solution)상태에 석출, 차후 열처리할 때 역할을 할 수 있게 만든 것이다. 용체화소둔 후에는 언제나 상온까지 급냉시켜야 한다. 수냉이 가장 흔한 방법이나 부재가 얇은 때에는 강제송풍으로 급냉(Quenching)한다. 이렇게 냉각시킨 상태에 있는부재

표1. 베릴륨동의 성질

베릴륨동의 구분	UNS 기호	기 호	% 베릴륨	시효경화온도 열처리온도(℃)	용체화소둔온도 (℃)	용융점 (℃)
고 강 도 재	C17000	165	1.60-1.80	290-370	760-800	890
	C17200	25,190	1.80-2.00	290-370	760-800	870
	C17300	M25	1.80-2.00	290-370	760-800	870
고 전 도 재	C17410	174	0.20-0.50	455-510	900-980	1025
	C17500	10	0.40-0.70	455-510	900-955	1000
	C17510	3	0.20-0.60	455-510	900-955	1000

한국총대리점
(주) 도 일 코 리 아

BRUSHWELLMAN
ENGINEERED MATERIALS

를 A 템퍼의 부재라고 한다. A 템퍼의 부재는 연하고, 가공이 쉬우며, 전기 전도율이 상대적으로 낮다. 이 재료를 냉간가공하면 H 템퍼가 된다. 용체화소둔과 급냉(Quenching) 공정은 베릴륨동 제조시에 하는 공정이다.

이 A 템퍼나 H 템퍼의 재료는 다음에 시효경화처리(열처리 또는 시효처리 라고도 함) 공정을 거침으로써 재질이 단단하여 진다. 시효경화 처리는 용체화소둔 온도 이하에서 시행된다. 시효경화 과정중 베릴륨동 조직에는 단단하고, 미세한 베릴륨 성분이 많은 입자가 생성되는데 이것이 열처리에 의하여 강도를 높게 하는 것이다. 이 입자의 생성과 분포는 열처리시간과 온도에 따라 다르다. 소둔재를 열처리하면 강도와 전기 전도도는 증가하나 연성(Ductility)과 성형성은 감소한다. 열처리 후의 템퍼 표시는 AT 또는 HT 등과 같다.

경납땜 도중 부재의 온도가 시효경화온도 이상 소둔온도 이하가 되면 과시효(Over Aging)되어 강도가 감소한다. 노출시간과 온도에 따라 다르지만 과시효된 부분의 강도는 50%까지 저하될 수 있다.

용체화소둔온도 부근의 높은 온도로 경납땜을 하면 재료가 연해진다. 이것을 급냉시키면 시효경화처리할 수 있는 재질이 된다. 급냉시킬 수 없을 때에는 부재를 다시 소둔하였다가 경납땜 후 시효처리하면 된다. 이 경우, 용체화소둔온도가 경납땜 금속의 용융점을 초과해서는 안된다. 열처리에 대한 보다 자세한 내용을 알고자 하면 Brush Wellman의 다른 TechBrief 제목 : “베릴륨동 부품의 열처리”가 참고가 될 것이다.

2. 경납땜 전후의 세정(Cleaning)

표면의 청결은 경납땜 접합을 완전하게 하는데 필수적이다. 접합면에는 먼지, 기름, 그리스, 녹, 산화물이 없어야 한다.

경납땜 도중 땜부위의 보호를 위하여 플럭스를 쓸 수 있으나 플럭스를 쓴다고 하여 표면의 청결을 게을리 하면 안된다. 유기 오염물은 용제(Solvent)나 증기 세척으로 잘 제거되지만 산화물은 솔질 또는 산세(酸洗:Pickling)를 하여야 떨어질 수 있다. 이에 대한 추가 자료는 Brush Wellman의 TechBrief 제목 : “베릴륨동의 세정(Cleaning)”을 참고하면 좀더 자세한 내용을 알 수 있다.

부재의 표면을 잘 닦고 나면 곧 바로 경납땜을 하든지 아니면 보호조치가 된 상태에서 저장하여야 한다. 아주 오래 보관하려면 13micron(0.013mm) 이상 금, 은 또는 니켈 전기도금을 하여 두는 것이 좋다. 주석, 땜납, 아연으로 보호피막을 만드는 것은 이들의 용융점이 경납땜온도 이하이므로 적절한 보호막의 역할을 하지 못한다. 경납땜 후 부식을 막기 위하여는 더운 물과 솔질을 철저히 하여 플럭스의 잔재가 전혀 남지 않도록 하여야 한다. 어떤 플럭스는 따뜻한 희석 황산용액으로 닦아내어야 하는데 이때에는 모재가 과도하게 침식당하지 않게 조심하여야 한다.

3. 경납땜 금속(Brazing Alloys)

땜납금속은 접합할 부재의 모양과 베릴륨동 모재의 종류에 따라 내식성, 강도, 외관, 전도율, 유동성 및 가격과 같은 요인을 종합적으로 검토하여 선택하여야 한다.

금과 동계합금은 용융점이 높기 때문에 경납땜으로는 잘 사용하지 않는다. 표2에 베릴륨동 경납땜용 금속을 예시하였다. 표에 나와 있는 금속중 어떤 것은 용융점의 범위가 넓은 것이 있는데 이것은 유동성과 관계가 있다. 용융범위가 좁은 금속은 보다 쉽게 흐르며 경납땜 간격이 좁을때 적합하다. 아연이나 카드뮴같은 증발성 성분을 갖는 금속은 진공경납땜(Vacuum Brazing)에는 사용되지 않는다.

경납땜 금속의 가격은 대체로 은의 함유량에 좌우된다. 동·인 합금의 경납땜 재료는 은함량이 많은 다른 재료의 강도를 갖지는 못하나 여러가지 이점이 있다. 베릴륨동을 강철에 경납땜할 때에는 땜납금속에 베릴륨이 들어가서 강철과의 접촉표면에 Dewetting 현상을 일으킬 수 있다. BAg-3같은 니켈함유 금속을 쓰면 이 문제를 피할 수 있다.

표2. 베릴륨동 경납땜용 금속 및 플럭스

AWS 지정기호	성분	용융온도	경납땜 온도	전기전도도 (% IACS)	Flux	비고
B _{Ag} -1	Silver 45% Cadmium 24 Zinc 16 Copper 15	607-620℃	620-760℃	28	AWS 3A AWS 4 (AluminumBronze에 용접할때)	고전도재나 고강도재의 저온경납땜에 사용함. 가열시간은 최소한으로 하여야 하며 급냉요함.
B _{Ag} -8	Silver 77% Copper 23	780℃	780-840℃	77	AWS 3A	고강도재의 경납땜 및 용체화 소둔 등 시 시행시 쓰임. 보온시간은 짧아야하며 그렇지 않으면 유동도가 등의 고용체 상태로부터 공정 상태로 감소함.
B _{Ag} -3	Silver 50% Cadmium 16 Zinc 16 Copper 15 Nickel 3	630-690℃	690-815℃	18	AWS 3A	베릴륨동을 강철에 접합시키는데 사용. 용융점까지 급히 가열하는 것이 좋음. 노내 경납땜(Furnace Brazing)에서는 땜납 금속을 미리 내부에 넣어 놓아야 함.
RBCu Zn-D	Copper 48% Zinc 42 Nickel 10	910-915℃	940-980℃	5	AWS 5	고전도재의 경납땜 및 용체화 소둔 병행시행시 사용됨. 환원제의 사용여부에 따라 용융점의 범위가 다소 변경될 수 있다.
BCuP-2	Copper 93% Phosphorus 7	710-790℃	730-840℃	4	청결하면 불필요 AWS 3B or 4	고강도재나 고전도재 베릴륨동을 니켈이나 철이 없는 다른 동계합금에 접합할때 쓰임. 접합부에 동공(Porosity)이 생기는 것이 문제 될 수 있음.
BAu-4	Gold 82% Nickel 18	950℃	950-980℃	6	불필요	고가임. 플럭스를 안쓰기 때문에 고온 진공 경납땜시에 사용됨.

4. 플럭스(Fluxes)

고강도 베릴륨동을 상호간 또는 알루미늄 청동외의 다른 일반동계합금과 경납땜할때 AWS 3A로 표기되는 알카리 플루오르 붕산염(Alkali-fluoride-borate) 플럭스를 쓰는 것이 좋다. 이것은 315℃에서 녹기 시작하여 산화물을 분해시키며, 590℃에서 완전히 녹으며, 620~870℃범위에서 사용될 수 있다. 베릴륨동을 알루미늄 청동에 경납땜 할 때에는 염화물 플럭스인 AWS 4A를 쓴다. 니켈·은 납땜금속을 사용하는 고온 경납땜용으로는 붕소(Boron)가 첨가된 AWS 5A 플럭스가 870℃ 이상에서 효과적이다.

5. 경납땜 공정

베릴륨동을 경납땜하는 방법으로 두가지가 있다. 이 방법의 다른 점은 주로 땜온도의 차이이다. 저온접합법(예를 들면 615℃ 이하에서 AWS B_{Ag}-1을 사용하는 때)은 크기가 서로 같은 비교적 작은 부품을 접합하는데 적합하다. 땜 온도까지 급속가열후 1분이내에 급냉시키는 것이 접합을 잘하는 관건이다. 가열하는 부위는 접합부에만 국한하여야 하고 이어서 강제 송풍 또는 수냉시켜야 한다. 과열만 피한다면 경도값은 재시효하지 않아도 초기경도값의 Rockwell B 몇개 눈금내로 유지할 수 있다.

고온 경납땜법은 부품이 크거나 서로 크기가 다른 것을 붙일때 사용한다. 가열 방법은 통상 쓰이는 어느 것이나 좋다. 다만 열원(熱原)의 선택은 요구가열속도, 부품의 모양, 생산 및 비용을 고려하여 결정한다. 토치나 유도열은 가열속도를 빨리하는 것이 필요할 때 쓰인다. 물론 열전도율이 서로 다른 금속을 접합시킬 때에는 모든 접합 부위가 고르게 가열되도록 주의하여야 한다. 부품을 경납땜 온도로부터 급냉시키면 이후 열처리함으로써 최대의 기계적 강도를 얻을 수 있다. 고강도재의 베릴륨동을 고온에서 경납땜하려면 땜납금속이 760℃부근에서 녹아야

한다(AWS BAg-8의 요구사항임). 따라서 온도가 790℃가 되면 땀납금속이 녹아 흘러 조립체를 접합시키며 730~745℃까지 냉각 후 수냉시킨다. 이후 315℃에서 통상의 시효경화처리를 시행한다.

고전도재의 고온접합에서는 900~950℃에서 녹는 땀납금속이 필요하다(예:AWS RBCuZn-D, C77300, 915℃에서 녹음). 용융점이 낮은 금속은 베릴륨동의 강도를 상당히 떨어뜨려도 괜찮은 경우에는 사용할 수 있다. AT 또는 HT템퍼의 고전도재를 620℃에서 녹는 땀납금속으로 경납땀하면 경도가 Rockwell B 스케일로 10~15만큼 떨어질 수 있다. 경납땀시간이 길면 더 떨어진다.

노내 경납땀(Furnace Brazing)을 할 때에는 부품을 넣기전에 노의 온도를 높여 놓는 것이 효과적이다. 유리 암모니아같은 환원분위기에서 접합을 하면 산화를 감소시킬 수 있다. 그러나 땀납금속이 충분히 녹아붙게 하기 위하여 플럭스의 사용이 필요하다.

저항 경납땀(Resistance Brazing)은 전기전도율이 높은 베릴륨동의 접합에 이점이 있다. 전기전도율이 낮은 땀납금속이 저항열을 발생시키는데 이롭기 때문이다. 이 방법은 베릴륨동으로 만든 도전 스프링부품에 귀금속 접촉자를 접합시키는데 널리사용되고 있다. 부재의 모양이 단순하면 전류밀도가 고르게 되며, 따라서 온도가 고르게 되므로 접합품질도 좋아진다.

유도 경납땀(Induction Brazing)에 있어서는 모든 접합면의 온도분포가 고르게 되도록 코일설계에 주의할 필요가 있다. 고전도재는 가열시간이 더 많이 소요됨에 유의하여야 한다.

경납땀 작업과 세정작업은 작업자가 공기중에 섞인 입자물질에 노출되지 않도록 환기가 잘되는 곳에서 시행하여야 한다.

6. 설계고려사항

경납땀을 하는데 있어 접합부의 설계는 베릴륨동이나 다른 금속이나 같다. 접합면의 간격은 플럭스가 빠져 나와야 하는데 필요한 넓이와 땀납금속의 모세관작용에 필요한 좁은 간격을 적당히 절충해야 한다. 간격은 보통 0.04mm~0.08mm으로 일정하여야 한다. 가능하면 땀납도중에 금속이 잘 흘러갈 수 있도록 작업물을 약간 미끄러지게 하거나 진동을 주면 도움이 된다. 열팽창에 따른 크기의 변화도 땀납도중 소정의 간격을 확실히 유지하기 위하여 계산하여 보아야 한다. 열팽창계수가 서로 다른 금속을 접합하고자 할 때에는 열에 의한 변형도 고려하여야 한다. 경납땀 온도범위에서의 베릴륨동의 열팽창계수는 대개의 다른 동계합금과 땀납금속과 같은 $18.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 이다. 베릴륨동과 강철을 접합시킬 때에는 열변형을 수용할 수 있게 연성(Ductile)이 좋은 땀납금속을 사용할 필요가 있다.

한국총대리점 (주)도일코리아

서울 강남구 논현동 127-1 국제빌딩 303호

전화: (02) 514-3501~3

팩스: (02) 514-3504

BRUSHWELLMAN

ENGINEERED MATERIALS