

## 베릴륨동의 용접 Welding Beryllium Copper

FRANK DUNLEVEY  
MARKETING MANAGER, BRUSH WELLMAN INC.

용접 방법은 베릴륨동을 같은 베릴륨동 또는, 타 금속과 접합시키는 방법중 가장 강도를 높일 수 있는 방법이다. 어느 접합 공법이나 마찬가지로이지만, 베릴륨동을 용접함에 있어 표면 손질을 잘하는것, 용접기와 재료를 잘 선택 하는것, 그리고 용접을 잘 하는것, 모두가 접합을 안심할 수 있도록 확실히 하는데 중요한 요인이다. 베릴륨동의 용접에는 보통의 저항 및 아크(Arc) 용접법이 가장 일반적인 방법이며, 다른방법도 있으나 잘 사용되지 않는다. 베릴륨동의 우수한 기계적 성질은 용접을 하더라도 저하되지 않는데, 이것은 베릴륨동의 고유한 강화작용(Strengthening Mechanism)에 의한 것이다.

### 1. 베릴륨동의 야금

베릴륨동은 용도에 따라 두가지 종류로 구분된다. 하나는 고강도 계통의 재료 (High Strength : C17000, C17200, C17300)이며, 다른 하나는 고전도 계통의 재료 (High Conductivity : C17410, C17500, C17510)이다. 이 둘은 어느것이나 열처리에 의하여 강도가 높아지는 성질을 갖고 있다. 베릴륨동을 시효경화 처리하려면 먼저 용체화 소둔을 하여 베릴륨이 베릴륨동의 고용체(Solid Solution)에 포화되도록 하여야 한다. 용체화 소둔을 하고 난 후에는 상온으로 급냉시켜야 한다. 대개 수냉(Water Quenching)이 사용되나, 부재의 두께가 얇은 경우에는 강제 송풍하여 냉각시킬수도 있다. 이렇게 급냉(Quenching)된 상태가 소둔 상태 즉, A 템퍼이다. A 템퍼의 재료는 무르며, 성형이 쉽고 다른 템퍼보다 전기 전도율이 약간 떨어진다. A 템퍼의 재료를 냉간 가공하면 H 템퍼가 된다.

베릴륨동은 A 템퍼나 H 템퍼나 모두 시효경화 처리 (Age Hardening : 간단히 열처리 또는 시효라고도 함) 함으로써 기계적 전기적 성질이 개선된다. 베릴륨동을 용체화 소둔 온도 이하에서 열처리를 하면, 단단하고, 미세하고, 베릴륨동 성분이 많은 입자가 금속 기지 (Metal Matrix) 안에 생기는데, 이의 생성량과 분포는 열처리 시간과 온도에 따라 달라지며 열처리후 재료의 강도를 결정하여 준다. 소둔재를 열처리하면, 일반적으로 강도와 전기 전도율이 올라가고, 연성(延性 Ductility)과 가공성이 감소한다. 소둔 재료를 열처리 하면, AT 템퍼의 재료가 된다. 베릴륨동의 용접시 접합부의 강도는 모재보다 훨씬 떨어진다. 접합부와 부근의 열을 받은 곳의 강도는 주조 강도로 부터 소둔 강도 및 열처리 강도에 이르기까지 일정하지 않다. 따라서 용접 후 균일한 기계적 성질을 갖도록 하려면, 용접물을 용체화 소둔, 급냉, 열처리 하여야 한다. 냉간가공 템퍼의 재질도 용접을 하고 나면 AT 템퍼밖에 얻을 수 없다. 열처리 후에 용접하여야 할 때에는 가능하

한국총대리점  
(주) 도 일 코 리 아

**BRUSHWELLMAN**  
ENGINEERED MATERIALS



면 열처리를 과시효(Over Aging) 함으로써 모재의 균열을 피할 수 있다. 열처리 시간과 온도 조건에 대한 보다 자세한 내용은 Brush Wellman의 다른 TechBrief, 제목 : “베릴륨동 부품의 열처리”에 나와 있다.

## 2. 표면 준비

용접이 잘 되게 하려면 접합부의 표면에 먼지, 페인트, 그리스, 기름, 녹 산화물 같은 것이 없어야 한다. 유기질의 오염물을 제거하는데는 보통 쓰는 용제 또는 증기 탈지법이 효과적이다. 산화물의 피막과 같이 잘 떨어지지 않는 것은 솔질을 세게 하거나 마모성 물질로 불어 내거나(Sand Blasting 같은 것) 또는 산세(酸洗 Acid Pickling)처리를 하여야 한다. Brush Wellman의 다른 TechBrief, 제목 : “베릴륨동의 세정”을 보면 자세한 내용이 나와 있다. 부품을 세정하고 나면 곧 용접하는 것이 좋다. 만일 금방 용접 하는 것이 안 될 때에는 공장의 먼지, 산, 유황분 또는 암모니아 가스에 쓰이지 않게 잘 보관하여야 한다.

## 3. 충전재료 (Filler Metal)

베릴륨동을 용접할 때에는 베릴륨동끼리 용접할 때나 베릴륨동이 아닌 다른 금속과 용접할 때나 언제든지 베릴륨동을 용접 충전 금속으로 사용하여야 한다. 베릴륨동 C17200(Brush Alloy 25)의 봉이 보편적으로 쓰이며 직경 2.3mm 및 3.18mm짜리가 가장 많이 쓰인다. 때로는 코일 형태로 감은 세선(細線)의 선재(Wire)가 쓰이기도 한다. 고강도재이건 고전도재이건 충전금속은 C17200으로 쓴다. 베릴륨동을 강철(Steel)에 용접할 때에는 대체 재료로서 알미늄 청동(ERCuA1-A2)이 쓰일 때도 있다. 용접충진 금속재료는 청결하여야 하며, 증기가 없는 곳에 보관하여야 한다. 고전도재를 C17200 재료로 용접할 때에는 용접 부품의 온도를 미리 800-850℃로 균일하게 함으로써 용접후 용체화 소둔 처리시에 균열이 생기는 것을 막을 수 있다.

## 4. 용 접

### 1) 아크용접 (Arc Welding)

베릴륨동은 용융시에 산화 베릴륨의 불순물을 생성하므로, 베릴륨동의 용융 용접법에 있어서는 산화베릴륨이 생기지 않도록 예방하는 것이 중요한 바, 아크 용접법은 용융 부위를 가스로 차단, 보호하여 주므로 베릴륨동의 용융 용접법에 가장 합당한 방법으로 되어 있다. 충전 금속재료를 맞게 쓰면, TIG(GTAW)나 MIG(GMAW) 어느것도 적합하다. TIG는 단면의 두께가 6mm까지의 것에 흔히 쓰이고 MIG는 50mm 까지 널리 쓰인다. 두께1mm 이하의 얇은 스트립(Strip)은 충전 재료 없이 TIG 토치만으로 단접(端接 : Butt Welding) 하거나 아주 가는 세선을 사용한 MIG로 용접시킬 수 있다. 일반적으로, 베릴륨동은 열전도율이 높으므로, 용접부의 용융금속이 유동도를 유지할 수 있도록 미리 가열하여 주는 것이 필요하다. 사전 가열 온도는 200℃가 적당하다. 차폐용 가스는 용접용 알곤(산소가 적은)이나 헬륨을 따로 따로 또는 혼합하여 쓴다. 이산화탄소는 사용되지 않으며 질소는 다른 가스와 혼합하는데만 쓰인다. 가스를 혼합하여 쓰면 열의 투입이 잘 되고 속도를 높일 수 있고, 침투를 보다 깊게 할 수 있고, 결과적으로 용접 품질이 개선된다. 두께가 얇은 베릴륨동은 직각 단접(Square Butt Weld)이 될 수 있으나 4mm보다 두꺼우면 60°-90°의 “V” 또는 “U”자형 단접을 하여야 한다. 두께가 1.5mm이상인 부품은 1.5mm의 간극(Root Gap)을 두도록 하여야 한다. 용접을 길게 하여야 할 때에는 미리 중간중간에 가용접을 하여 뚝뚝 비틀림 현상과 잘 못 맞추는 일을 예방할 수 있다. 플랜지를 대거나 겹쳐서 용접하는 것이 바람직하며, 용접은 수평용접이 좋은데 그 이유는 용융된 베릴륨도의 유동도가 높기 때문이다. 베릴륨동과 다른 금속을 용접할 때에는 용융 범위를 작게 하여 (Pulsed MIG용접의 특징) 용접 부위에 여러가지 복합물이 생기는 것을 최소화 시켜야 한다. TIG 용접봉은 EWTh1 또는 EWTh2 로 표기되는 토륨 텅스텐 봉이다. 전원은 교류(AC)가 대개 선호



되는데 그 이유는 용융 금속이 휘저어지므로 산화물이 흩어지게 되어 용접 조건이 좋아지고 그 결과, 용접이 잘 되기 때문이다. 직류전원(DC) 을 쓰고자 할 때에는 용접봉을 음극에 연결 하고, 전류를 높게 하여 용접봉의 부식을 막을 수 있다. TIG 용접은 조정이 잘 되므로 소규모의 국부적 수리 작업에 알맞다. MIG용접은 금속의 용착 속도가 빠르므로, 단면이 큰 부재등 큰 규모의 작업에 적합하다. 이때 전원은 DC 이며, 용접봉을 양극으로 한다. MIG 용접 조건으로 대표적인 것을 보면, 24-32 Volt, 250-450Amp, 용접선 공급속도 10-15cm/min, 알곤 가스 유량 5-10 liter/min과 같다. 베릴륨을 용접하고자 할때, 전류량은 추천 범위 중 큰쪽을 택하는 것이 용융 금속의 흐름을 균일하게 하여 준다.

## 2) 저항 용접

얇은 베릴륨동 판은 저항 용접 방법에 의하여 같은 베릴륨동 끼리 또는 다른 금속과 점용접, 선용접, 불꽃 맞대기 저항용접으로 빠르고, 값싸게 될 수 있다. 저항 용접에 있어서 용접성은 전기 전도율에 역반비례한다. 그러므로 베릴륨동은 일반 연강판 보다 용접이 어렵다. 같은 두께의 연강판(mild steel)에 비하여 베릴륨동판을 용접할 때에는 2차 전류를 50% 많이, 용접시간을 보다 짧게, 그리고 전극의 압력을 다소 낮게 하여야 한다. 경화처리를 하기 전의 베릴륨동의 전기 전도율은 12-23% IACS로서 다소 낮다. 따라서 저항 용접은 경화 처리 이전에 하는 것이 가장 좋은 결과를 줄 수 있다. 베릴륨동은 전기 전도율이 높으므로, 용접 전극의 전기 전도율도 75% 이상의 높은 것이어야 한다. 따라서 RWMA Class 2 전극이 베릴륨동의 저항 용접에 적합하나 때로는 Class1의 것이 적합할 때도 있다. 전극이 용접물에 붙거나 자국을 낼 때에는 전극을 수냉식으로 써야 한다. 전기 접점 재료를 베릴륨동 펄스프링에 접합시키는 일이 흔히 있는데, 이때에도 전기 저항 용접법이 쓰인다. 대개 이 접점들은 귀금속인데 뒤쪽에는 강철, 니켈, 모넬 등이 압착되어 있으므로 저항 용접은 이 뒤쪽 금속과 베릴륨동 사이를 용접시켜 주는 것이다. 서로 다른 금속을 점용접하려면 양자간의 전기 전도율, 열전도율차이에 대한 보정을 할 필요가 있다. 전기 전도율이 다른 전극을 씌으로써, 열이 전도율이 낮은 모재에 모이게 하지 않고 용접 부위에 모이게 할 수 있다. 베릴륨동과 다른 금속간의 저항 용접성을 다음 표에 보인다.

우 수	적 정	어 려 움
Cartridge Brass Cupro-nickel Nickel Silver Silicon Bronze Phosphor Bronze	Copper Red Brass Aluminum Nickel Monel	Carbon Steel Stainless Steel Magnesium Zinc Tin

참고로 앞에 기술된 RWMA Class 1 과 2 에 대한 이해에 도움을 주기 위하여 저항용접 전극재료 등급에 대한 주요 내용을 다음표에 보이도록 한다.

저항 용접 전극

RWMA CLASS*	전기전도도 % IACS	경 도		연신율 (%)	비 고
		ROCKWELL (HR)	VICKERS** (HV)		
1	80	B65	115	13	동
2	75	B75	140	13	크롬동
3	45	B90	190	9	베릴륨동(C175)
4	20	C33	325	1	베릴륨동(C170, C172)

\*. Resistance Welder Manufacturers' Association(RWMA)

\*\*Vickers 경도는 개략치임.

## 5. 산소 아세틸렌 용접 및 피복 금속봉 아크 용접

이들 용접방법으로는 산화베릴륨(BeO)의 생성을 막을 수 없으므로 베릴륨동의 용접에는 부적합하다. 산화베릴륨이 용융 금속에 혼입되면 용접이 불안정하게 되기 때문이다.

## 6. 전자빔 용접 (Electron Beam Welding)

EB용접은 거의 어느 크기, 형태 및 어느 금속과의 용접에나 적합하다. 충전재는 사용되지 않는다. 필라멘트를 보호하고 전자빔의 안정을 위하여 용접은 진공( $10^{-6}$ atm)챔버에서 수행된다. 진공 용접은 표면의 청정을 필요로 한다. 진공용접이기 때문에 카드뮴이나 아연과 같이 증기압이 높은 원소를 갖는 합금의 용접에는 부적합하다. 열전도율이 서로 다른 금속과 두께가 서로 다른 판재는 전자 빔의 초점을 전도율이 낮은 쪽 또는 두꺼운 쪽에 맞추어 용접하면 잘 된다. 전자 빔의 직경과 용융 부위의 크기는 불과 1mm밖에 안되며 열에 영향을 받는 범위도 0.6mm에 그친다.

## 7. 레이저 용접 (Laser Welding)

EB 용접 처럼 레이저 용접도 상당한 양의 에너지를 초점 부위에 집중시킴으로써 용융 범위 및 열 영향 범위를 최소화 시켜 준다. 레이저 용접을 하려면 고정 치구를 정확히 하여야 용접이 균일하게 될 수 있다. EB와 달리 레이저 용접은 공기중에서 시행된다. 단, 알곤 가스 또는 질소 가스를 보호 가스로 사용하면, 산화를 막고 연기를 제거시킨다. 표면이 깨끗하여야 되는 것은 물론이다. 용접 두께에 따라 레이저의 강도를 조정하는데, 500W이면 0.5mm의 베릴륨동에 적합하다. 베릴륨동의 표면은 NeYAG 레이저의 파장에 대하여 반사율이 높으므로 이를 쓸때에는 레이저 강도를 높일 필요가 있다. CO<sub>2</sub>파장의 경우에는 반사율 문제는 없다.

## 8. 경 납땜 (Brazing)

Brush Wellman의 다른 TechBrief, 제목 : “베릴륨의 경납땜”에 따로 설명되어 있다.

## 9. 안전 (Safety)

용접 작업시에는 유해한 베릴륨 성분을 내포한 증기가 발생될 수 있으므로 작업자가 이에 노출되어 호흡하지 않도록 주의하여야 한다. 따라서 용접 작업은 여과기가 있는 배기 환기 장치가 된 곳에서 하여야 한다. 베릴륨동을 용접할 때에는 Brush Wellma사의 안전 취급에 대한 정보를 알아둘 필요가 있다.

한국총대리점 (주)도일코리아

서울 강남구 논현동 127-1 국제빌딩 303호

전화: (02) 514-3501~3

팩스: (02) 514-3504

**BRUSHWELLMAN**

ENGINEERED MATERIALS