

# AI합금 점용접의 전극수명 평가 기법에 관한 연구

최병길\*, 이병훈\*, 강희신\*, 안병국\*\*

\*한국기계연구원 용접기술연구부, \*\*전북대학교 국제사업단

## 1. 서론

최근 연비향상을 위한 자동차의 경량화가 급속히 진행되면서 차량의 중량중 20~30%를 차지하는 차체의 경량화가 자동차 업체의 큰 관심이 되고 있다. 기존 차체는 주로 강판이나 아연도금 강판을 사용하였으나 이를 대체하기 위한 재료로는 알루미늄 합금이 적극 검토되고 있는데 이는 알루미늄 소재는 기존 강판의 차체 조립공정과 유사하면서 재활용이 상대적으로 다른 재료보다 용이하기 때문이다.

알루미늄 합금을 점용접할 때 강판에 비하여 전기저항이 1/4정도 작고, 열전도율이 3배 정도 높기 때문에 용접전류를 3배 이상 높여야 한다. 또한 산화막의 전기저항이 높아 전극 가압력이 커야 하고, 전극재료와 알루미늄과의 저항 차이가 작아 전극오염(pick-up)이 발생하기 쉬우며, 전극 선단부는 고온에 이르기 쉽다. 이러한 이유로 차체의 용접 생산성을 좌우하는 전극의 수명이 강판 소재의 점용접에 비하여 알루미늄 합금인 경우 매우 짧다. 따라서 전극의 연속타점 수명을 엄밀하게 평가하는 것을 전극 개발은 물론 알루미늄 합금의 저항용접 품질관리에도 매우 필요하다.

최근에는 전극수명 시험에 관한 규정이 제정되기 시작하였으며<sup>1),2)</sup> 또한 전극의 마모 및 열화에 관한 연구도 활발히 이루어 지고 있다<sup>3),4)</sup>.

## 2. 전극수명에 영향을 미치는 요소

### 2.1. 초기 너깃 직경과 용접조건

IIW standard (IIW Doc III-1088-97, 이하 IIW절차서로 칭함)에 의하면 weld growth curve을 이용하여 전극수명에 적용할 용접조건은 시행착오적인 실험법으로 정하여 진다. Weld growth curve는 주어진 용접시간과 가압력 조건에서 용접전류를 증가시킬 때 너깃 직경의 증가를 나타낸 곡선이다. 아연도 강판에 대한 Weld growth curve는 Williams에 의하여 실험적으로 구해진 바 있다<sup>5),6)</sup>.

Weld growth curve작성시 너깃 직경은 아래 표시의 크기를 갖도록 전류를 조정하여야 한다.

i)  $3.5\sqrt{t} < do < 3.9\sqrt{t}$

ii)  $5\sqrt{t} < do < 5.5\sqrt{t}$

iii) 날림(splash 또는 expulsion)이 일어나는 너깃 직경

Weld growth curve는 주어진 전극, 용접시간 및 가압력 조건에서 최대 10회 점용접을 행하여 구한다. WES 1107에서는 최대 30회 점용접을 행하여 표준 용접조건을 구하도록 정하여

졌다.

초기 용접조건은 너짓 직경이 원추형인 경우  $5\sqrt{t}$ , dome형 전극인 경우  $5\sqrt{t} < d < 5.5\sqrt{t}$  범위가 되도록 용접전류, 용접시간 및 가압력을 정하여야 한다.

## 2.2. 용접기 조건

IIW Standard 에서는 ISO 669에 정해진 기계적 및 전기적 성능을 갖춘 용접기가 전극 수명 시험에 사용되어야 한다. 위상제어 용접기인 경우 정격 2차전류의 70%를 넘지않는 범위에서 용접전류가 선정되어야 한다. 단 알루미늄합금 용접시에는 빠른 움직임의 전극 레드가 사용될수 있다.

한편 정치식 점용접기에서 상부전극의 무게와 정지 마찰력이 기록되어야하며, 이들 값은 실린더 압력대비 전극 가압력의 히스테리 실험곡선으로 부터 구해진다. 또한 전극헤드의 충돌특성도 ISO 669에 규정된 방법으로 결정되어야 한다.

전극의 수명은 전극 수명에 큰 영향을 끼치기 때문에 몇가지 점이 충족되어야 한다. 최소 냉각수량은 전극당 4 l/min이며 6 l/min의 냉각수량이 바람직하다. 알루미늄 합금의 전극수명 시험인 경우에는 더욱 많은 냉각수가 요구되나 Ikeda<sup>7)</sup>등은 3 l/min의 냉각수량을 사용한 예가 있다. 냉각수 튜브는 전극내에서 냉각수를 원활히 분출할 수 있도록 배치되어야 하며 또한 상하 전극에 별도의 냉각수 계통과도 별도로 형성되어야 한다. 냉각수는 입구 온도가 20℃ 이하로 또한 출구 온도가 30℃를 넘지 않아야 한다.

## 2.3. 전극조건

전극 형상과 재질등은 관련 ISO규정(예, ISO 5184, ISO 5182, ISO 5821, ISO 5830)과 일치하여야 한다. 강판용 전극의 수명 평가시 원추형 전극이 선호적으로 사용될수 있으며 텅 직경( $d_0$ )는

$$d_0 = 5\sqrt{t}$$

단, t = 강판두께

한편 알루미늄합금용접이나 스테레스용접인 경우에는 전극형상을 달리할 수 있다. 강판용접인 경우 전극은 상하전극의 정렬(alignment) 등을 위하여 예비 용접(pre-conditioning weld)을 50회 행한다. 예비 용접조건은 너짓 직경이  $3\sqrt{t}$ 에 해당(용접시간, 8사이클)되도록 정한다. 그러나 알루미늄 합금인 경우에는 pre-conditioning weld는 하지않아도 무방하다.

## 3. 시험절차

### 3.1. 모재 준비

계약 당사자간 합으로 모재 두께가 결정되거나 IIW절차서에 따르면 모재 종류에 따라 시험편의 두께가 다르며 알루미늄 합금의 경우 1.5mm 그리고 냉연강판인 경우 0.8mm이다.

본 연구에 사용한 재질은 5000계열 알루미늄 합금으로 그 화학조성은 표와 같다. 본 연구에서는 두께 1.5mm대신 시중에서 쉽게 구할 수 있는 1.0mm 두께를 택하였으며 이 분야 연구자들도 1.0mm 두께를 자주 사용한다.

### 3.2. 연속타점 시험편

연속타점 시험편의 형상, 치수 및 용접순서는 그림과 같이 정해진다. 또한 인장·전단 시험은 ISO 14273에 따라 그 크기가 정하여 진다.

인장·전단 시험시편제작을 위한 용접은 용접타점에 포함시키며 연속 타점 시험편과 인장·전단 시험편의 타점순서는 강판의 경우와 알루미늄 합금인 경우 서로 다르다.

- 강판의 경우 연속타점 시험편에 192회 용접이 끝나고 8개의 인장·전단 시험편에 용접을 하며 5개 인장·전단 시료는 시험에 사용하고 3개 시험편은 예비용임.
- 알루미늄인 경우 연속타점 시험편에 42회 시험편 용접이 끝날 때마다 8개에 인장·전단 시험편에 용접을 하며 그중에서 5개 인장·전단 시료는 시험에 사용하고 3개 시험편은 예비용임.

연속타점 또는 인장·전단 시험 용접의 용접타점 주기는 IIW절차서에 정치식 용접기인 경우 타점/분으로 규정되어 있다.

그러나 50타점/분의 속도로 용접하는 것이 쉽지않으며 특히 연속타점 시험편과 인장·전단 시험편을 교체하여 용접할 때 타점속도가 크게 떨어진다. 이로 인하여 본 연구에서는 1분에 30타점 비율로 용접을 행하였다. 용접타점 속도는 용접에 의한 저항 발열이 전극으로 이동하며 그 결과 전극의 온도가 올라가기 때문에 실제 생산현장 환경을 나타낼 수 있어야 한다. 한 연구에 의하면 용접 전류 통전시간이 끝난후 유지시간( hold cycle)이 전극수명에 중요한 영향을 미친다.

## 4. 전극수명 평가기준

IIW절차서는 인장·전단 시험(peel test로도 사용될 수 있음)을 제시한 기준에 따라 시험하여 기준값 이하가 되면 전극의 수명이 끝났다고 판정한다.

### 4.1. 벗김시험(Peel test)적용

5개의 ISO 10047에 의해 peel test를 한 후 연속 타점된 시험편중(예, 888, 889, 900, 901, 902 번째 타점)3개의 시험편의 너깃직경이  $3.5\sqrt{l}$ 이하 일 때

### 4.2. 계약 당사자간 합의에 의한 기준적용

예 : 알루미늄 및 알루미늄 합금

- a) 인장·전단 시험(ISO/DIS 14273)시 30%의 강도저하
- b) 비틀림 시험에 의한 합의 기준

- c) 너짓의 기공이나 균열에 대한 합의 기준
- d) 표면 균열에 대한 합의 기준
- e) 표면 압흔 등 외관

## 5. 결론

본 연구는 알루미늄 합금의 저항용접시 전극 수명 시험관련 IIW절차서를 검토한 결과 국내 기관에서도 전극수명시험을 원활히 행할 수 있었다. 전극수명시험 평가시 인장전단 평가 기준은 적절히 활용될 수 있으며, 다른 보조 기준들과 같이 비교하면 전극수명의 평가를 엄밀하게 할 수 있다.

## 참고문헌

- 1) WES 1107 鋼板用 スポット 溶接電極 の 壽命評價試験方法. Testing Method for Electrode Life Evaluation in Spot-Welding Steel Sheets
- 2) IIW Doc III-1088-97, Procedure for the Evaluation of the Life of the Spot Welding Electrodes Using Constant Machine Setting.
- 3) IIW Doc III-1032-94, The Importance of Electrode Tip Growth When Welding Zinc coated Steels
- 4) 松田等, 連続スポット溶接時 あける 電極磨耗過程, 日本溶接學會論文集, 제 15권 1호 p 31~37(1997)
- 5) IIW Doc III-1032-94, The Importance of Electrode Tip - W.waddell and N. T. Williams.
- 6) R. Holiday, J.D. Parter and N.T. Williams, Electrode deformation when Spot welding coated steel of Aluminum alloy sheets. R. Ikeda K. Yasuda and K. Hasiguchi.
- 7) IIW Doc III-1094-97, Resistance Spot Weldability and Electrode Wear characteristic.