

일본에 있어서 알루미늄용접기의 개발현황

Development of Aluminum Welding Machine in Japan

松下産業機器(株) 溶接機事業部 谷本 順三 (Tanimoto Junzo)

1 | 머릿말

근년에 알루미늄은 ①경량화의 도모 ②재활용이 용이하여 환경보전에 적합하고③내구성이 높은등의 잇점때문에 수요가 급속히 늘고 있다. 특히 수송기기는 폐차대책, 경량화에의한 배기가스 대책이나 고속화의과제에 대응되기때문에, 알루미늄의 대량사용이 예견되고 있다.

최근의 일본국내 출하량(알루미늄연맹조사 — 자료 1)을 보아도, 85년부터90년의 5년간에, 자동차용 재료가 2배가까이 되고, 선박용 판재가 2배, 항공기용 판재 1.5배, 철도 차량용 판재 2.3배로 각각 증가 되었다.

일본의 통산성의 수요 예측으로보면 자동차용으로만 95년에는 89년의 거의배에 달하는 187만톤에 이를 것으로 보고 있다. 구조용 재료로서, 알루미늄 합금이 이용이 확대됨과 함께, 가공기술의 향상이 요구되고 있다. 그중에도 특히 용접기술의 혁신이 알루미늄 가공업체로부터 문의되고 있다.

아시는바와 같이 알루미늄 합금의 용접에는 MIG용접, TIG용접, 저항 SPOT용접이주로 적용되고 있으나, 조작성, 작업성, 특히 고속용접성능의 잇점을 살린 MIG용접이 자동차, 차량, 선박등의 비교적 큰 구조물에 많이 쓰여지고 있다. 이렇게 많이 쓰여 짐으로서, MIG용접기의 기기개발은 90년부터 급속히 진전되고 있다.

그래서 INVERTER 제어 기술의 고속화와 MICOM응용에의한 INTELLIGENT화 신소재의 응용에따라 알루미늄 WIRE 송급기술의 향상, 용접 TORCH의 적용 형상설계에 의한 SHIELD 성능 향상으로 기기의 성능이 향상되고 있다.

본고에 있어서는 알루미늄의 대단한 수요가 예상되고 있는 수송업계를 TARGET로한 알루미늄 MIG용접기의 현상과 급후의 동향에대해 기술 하였다.

2 | 알루미늄 MIG 용접기의 변천

알루미늄 MIG용접기는 1970년대에 THYRISTOR식 MIG기가 주류를 이루었고, 그후 대용량 POWER-TRANSISTOR의 출현으로 1980년대에 TRANSISTOR PULSE기가 나타났다. 그래서 TRANSISTOR CHOPPER의 고속파형 제어에의한 PULSE MIG기의 용접성능은 크게 개선 되었다. 게다가 반도체제어 소자의 비약적인 진보와, MICRO ELECTRONICS의 기술 혁신에의한 제어의 INTELLINGENT화가 급속하게 진전 되었다.

그 결과 1990년대에는 MICOM을 응용한 INVERTER식 PULSE MIG기와 INVERTER식 MIG기가 상품의 주류를 이루어 왔다.(도 - 1 MATSUSHITA의 알루미늄 MIG 상품의 RANGE)

3 MICOM 제어 INVERTER식 용접기의 고성능화

1990년대가되면서 제어소자의 고속화는 더발전하여, TRANSISTOR에 비해 10배고속의 IGBT가 출현하여, INVERTER식 PULSE MIG기도 제2세대로 태버렸다.

알루미늄 MIG용접은 알루미늄 재료의 성질에따라, 일반적인 CO₂ / MAG 용접에 비해, 시공조건의 설정이나 용접품질의 확보가 어렵다. 표 1-1에 알루미늄의 물리적 성질과 용접성에대한 철과의 대비를 나타냈다. 이 표에 의하면 철에비해 WIRE 송급이 곤란하여 부스러지거나 휘기 쉬운데다 BLOW-HOLE이 발생하기 쉬운등 용접작업상의 DEMERIT가 대단히 많다. 그러므로 알루미늄 MIG 용접의 기본성능을 높이기 위해서는 이 DEMERIT를 해소키 위한 수단을 용접기에 부여할 필요가 있다. 이하에 이 기본성능 향상 세가지 (송급성, SHIELD성, ARC 안정성)에 대하여, 제2세대의 MICOM-INVERTER식 알루미늄 MIG용접기를 구체예로하여 기술 했다.

(1) 알루미늄 WIRE 송급성의 개선

소모전극으로 쓰이는 알루미늄 WIRE는 연강 WIRE에비해 매우 부드럽고 또한 WIRE표면의 動摩擦係數도 적당히 윤활제가 도포되어 있는 연강 WIRE 보다도 크다. 그러므로, 알루미늄 WIRE가 굽어있는 용접 TORCH의 WIRE경로를 통해 TORCH 선단까지 안정되게 송급되는 것은 대단히 곤란하다.

실제, 알루미늄의 용접작업에 있어서 TROUBLE은 알루미늄 WIRE의 송급불안정에서오는 ARC불안정, CONTACT-TIP에의 WIRE 용착 또 WIRE 송급 ROLLER부에 WIRE 자리파임등 알루미늄 WIRE 송급에 기인하는 것이 태반이다.

종래의 TORCH의 WIRE 경로 (LINER)에는 알루미늄 WIRE의 상처를 고려하여 적당한 저마찰계수, 내마모성을 부여한 불소가들은 POLI-아세탈계(90% POLYACETAL-10% PTFE)수지나 내마모성은 없어도저마찰계수의 4불화 에틸렌계(POLYTETRA FLUORO ETHYLENE)수지가 사용되어 왔다.

그러나, 어떤재료도 마찰저항, 내마모성의 한쪽또는 양쪽으로 알루미늄 WIRE의 송급성능을 만족시키지는 못했다. 요즘개발된 LINER는 마찰저항, 내마모성의 양특성에 우수하여, 알루미늄 WIRE 송급에 잘못도록 제작된 것으로서, 超高分子量 포리에틸렌 수지로 사용 하였다.

이수지는 분자구조의 특성 및 높은 結晶化度때문에 부드러운 표면을 지니 자기 윤활성에 우수하여, 그 동마찰계수는 4불화 에치렌에 필적될 정도로 작다. 거기에서, 그구조가 수백만의 超高分量으로 구성되어있어, 그 긴 연쇄구조때문에 마모가 극도로 저감되어 있다.

이 새로운 LINER의 특성과 성능을 표 1-2에 나타내었다. 또, 실제로 알루미늄 WIRE를 송급했을때의 MOTOR부하전류와 LINER 마모량을 각각 도-2, 도-3로 나타내었다.

또 송급의 안정, 불안정을 판정하는 평가방법으로서 도-4에 나타나는 것처럼 MOTOR 전류 측정방법을 썼다.

새로운 LINER를 쓸때의 MOTOR 부하전류는 TORCH CABLE을 300 ϕ 1-TURN시에 불소함유 포리아탈 LINER의 반분이하, 4불화 에틸렌 LINER와 동등하게 되어 있습니다. 또 마모량은 포리아세탈 LINER의 1/5이하, 4불화 에틸렌 LINER의 1/20이하 이다. 또, WIRE 송급부에는 알루미늄 WIRE를 부드럽게 가압하여 아주 적은 SLIP도 없는 안정송급을 실현 하기위한 TWIN 구동식 FEEDUNIT를 채용해서 FEEDUNIT부의 각 ROLLER에는 알루미늄 WIRE의 변형을 필수 있는한 적게하기위한 U자형 홈이 가공되어 있다. (도-5 WIRE송급장치 외관)

(2) GAS SHIELD성의 향상

알루미늄은 산소와 결합하기 쉽고, 또 고체와 액체의 수소용해도가 크게 달라 용고시에 BLOW-HOLE 발생이 쉬운데, 용접 품질이 아따금 문제가 되고 있어, GAS SHIELD성의 향상은 WIRE 송급성과 같이, 알루미늄 MIG용접의 중요한 과제이다.

용접 TORCH의 GAS SHIELD성이란 공기가 들어 있지 않은 깨끗한 GAS로 용접부를 얼마나 완전히 SHIELD 시키느냐 하는 것으로, 그때문에 TORCH BODY로부터 NOZZLE내의 분출하는 GAS의 규일도, NOZZLE내의 정류길이, NOZZLE내의 벽면마찰, NOZZLE내의 유로 형상, NOZZLE구경, 거기에서 WIRE경로의 GAS유량등 많은 인자의 개선이 필요하다.

이번에는 이러한 모든 PARAMETER를 상세히 검토하여, 특히 GAS경로의 형상의 개선과, GAS분출구의 개선에 따라 NOZZLE 출구에서의 균일한 층류상태를 종래 이상으로 개선했다. (도-6참조) GAS SHIELD서의 좋고 나쁨의 판단의 표준이되는 CLEANING 영역의 폭의 측정결과를 도-7에 나타냈다.

(3) ARC START의 개선

알루미늄의 용점은 합금에 따라 다르지만 580-660°C 정도로 강에비해서 낮기때문에 용용되기 쉽다고 생각 될수 있다. 그러나, 알루미늄은 比熱이나 溶融 潛熱이 다른 금속 보다 커서, 극부가열이 곤란하다.

그때문에 ARC START는 연강의 CO₂ 용접에 비해 대단히 어렵고, 연강 CO₂ 용접의 START 전류보다 더욱 빨리 ARC START 전류가 필요로하게 된다. 이 빠른 START의 시초전류를 실현 하기위해 이번에 RA SERIES에있어서는 종래의 BIPOLAR TRANSISTOR에 비해 SWITCHING 속도가 2-3배 빠른 IGBT(INSULATEDGATE BIPOLAR TRANSISTOR)를 사용한 INVERTER 회로의 채용과 di/dt의 START전류를 발생 시키는 IMPULSE START 회로를 채용 했다. 도-8에 IGBT의 특징을 다른 DEVICE와 비교해 보았다.

이 두가지의 신회로의 채용에 의해 도-9에서 볼수 있는 것처럼 종래에 비해 9배의 높은 di/dt 전류를 실현하고 있다. 그 결과, 도-10에 나타나는 것처럼 100%에 가까운 순시 ARC START율을 실현 했다. 거기에서 MICOM에 의한 최적제어를 행함으로써, WIRE 중단 처리율보다 정밀하게 행하여, 용접종료시 WIRE 선단을 항상 알루미늄 WIRE 경이하로 CONTROL 하도록 했다.

이 중단처리도 ARC START의 성능 향상에 크게 기여케 됐다.

(4) ARC 안정성의 개선

ARC 안정화에 대해서는 알루미늄 MIG용접이나 PULSE MIG용접에 적합한 最適波形制御를, IGBT INVERTER의 고속제어와 MICOM의 DATA BANK 기능에의해, WIRE경, 재질, 용접전류에 최적이 되도록 행하고 있다. 도-11에 RA SERIES의 PULSE MIG전류 파형을 나타 냈는데, BASE 전류부는 고속제어에 의해 저 RIPPLE 전류 파형으로 되어 있다. 그결과, 소전류시나 고속 용접시의 BASE 전류의 ARC 끊집이 저감되어, ARC 안정성이 향상되었다.

PULSE MIG시의 UNDER-CUT를 방지 하기위해서는 용접전압을 낮게 설정할 필요가 있는데, 종래의 기계로는 SPATTER의 발생이 많아져 용접전압을 낮게 설정하기가 곤란했다. 그러나, 현재의 RA SERIES는 신 DIP PULSE MIG법을 채용해 용접전압을 낮게 설정했을때, BASE 전류시에 있어서 빈번히 발생하는 SHORT 전류를 ARC 재생에 필요한 최적 전류까지

통전시킨다. 그렇게해서, SHORT시 WIRE의 튀어나와 걸림을 적게 함과 동시에, 발생하는 SPUTTER량을 최소로 하고 있다.

도-12는 DIP PULSE 용접법의 制御模式圖(DIP PULSE OUTPUT CHART)임.

4 ALUMINUM MIG용접의 급후의 과제

ALUMINUM MIG용접의 현재의 상황과 과제를 정리하면 표-2와 같다. 여기서는 과제에 대한 요소기술과 기기개발의 동향에 대해서 기술한다. ALUMINUM MIG용접의 현재상황의 과제로서는 4가지의 큰 과제를 생각할수 있다.

①용접속도의 향상, ②용접품질의 향상, ③ROBOT등이 자동화 대응, ④박판대응등이다.

용접속도의 향상에 대해서는 PULSE MIG용접의 PULSE 제어기술의 향상과 그림-13에 가르키는 바와 같이 고품질의 실현의 가능한 DOUBLE WIRE MIG용접의 개발등으로부터 성능의 향상을 도모할수 있다. 또 자동화 대응에 대해서는 ALUMINUM MIG용접의 TROUBLE의 최대의 원인인 WIRE송급 TROUBLE을 WIRE송급 능력이 대단히 높은 PUSH PULL FEEDER TORCH의 성능향상으로부터 과제 해결을 도모할수 있다.

그림-14는 ROBOT와 PUSH PULL TORCH을 조합한 ALUMINUM MIG용접 ROBOT SYSTEM의 일례다. 또 자동화 즈음에 용접조건의 설정을 용이하도록 한 FUZZY 제어기술을 응용한 자동화 대응의 탈기술화를 목적으로한 FUZZY 제어 응용용접기도 급후 개발이 진행된다고 생각 할수 있다. TIG용접분야를 TARGET로 한 박판대응의 ALUMINUM MIG용접에 대해서는 ALUMINUM MIG ARC의 극성효과를 이용한 소전류 교류 PULSE MIG용접이 과제해결의 한 수단으로서 현재 주목을 받고 있다. 이하에 FLOAT기에서 검토를 진행하고 있는 소전류교류 PULSE MIG 용접의 기본원리와 구성과 그 특징에 대해서 기술한다.

이 소전류교류 PULSE MIG용접기는 TIG용접의 고속화의 요구에 대신하여 부응하는것으로서, 특징으로서는 ①극성(EN/EP) 비율제어에 의한 入熱制御, ②MICOM AI화로부터 WIRE마다에 최적 PARAMETER을 독립 설정, ③교류 DIP PULSE제어에 의한 짧은 ARC길이, 저입열, 낮은 SPUTTER화등이 있다.

ALUMINUM MIG의 극성 효과는 E.P.와 E.N.으로 크게 틀려진다. E.P(WIRE "PLUS")에는 모재쪽의 입열이 크고, SPRAY력이 크다. 그래서 CLEANING작용이 있다. 반대로, E.N.(WIRE "MINUS") 극성시에는 WIRE쪽의 입열이 크고 SPRAY력이 작다. 이 2가지의 극성효과를 이용하면 입열제어와 BEED 형상의 제어가 가능하게되고 박판대응과 맞대기(이음)의 GAP 裕度(ALLOWANCE)의 확대등에 유효하게 된다. 그림-15에 소전류교류 PULSE MIG용접기의 원리와 구성을 가르킨다.

표-3은 박판에의 대응성을 평가 하기위해 박판 1.2mm와 1.6mm로 각종 용접법의용접성능 비교를 처리한것이다. 이 결과를 보면 교류 PULES MIG는 종래의직류(E.P.) PULSE MIG와 비교하면 분명하게 모재쪽의 입열이 적고, 박판 용접에 필요한 『뉴아 떨어지지 않으려는현상』은 향상 하고 있다. 그래서 종래의 박판 대응의 E.P.SHORT MIG용접기에 가까운 성능이 실현 되가고 있다. 그림-16은 극성 비율을 변화 시켰을때의 BEED 형상의 변화 DATA이다. 이 결과에 따르면 극성 효과가 명확히 나타나있고, E.N. 비율을 크게 함에 따라서 용입이

낮게되어, 높은산의 형상을 나타내고 있다.

이러한 BEED 형상의 CONTROL은 단일 규성의 ARC로는 실현이 곤란하다.

급후, 이러한 교류 PULSE MIG용접기는 이상과 같은 특징으로 박판 ALUMINUM MIG 용접에 응용이 시도되고 있다.

5	끝맺음말
---	------

이상 일본에서의 ALUMINUM MIG용접의 현재상황과 장래 동향에 관해서 급회 개발한 ALUMINUM MIG 전용기 RA SERIES의 WIRE 송급성, GAS SHIELD성, ARC START성 ARC 안정성등의 기본성능 향상을 중심으로 기술했고, 계속해서 현재 상황의 과제에대해 ALUMINUM MIG용접기의 개발 동향을 박판 대응의 소전류 PULSE MIG용접기의기본 검토 결과를 중심으로 기술했지만, 급후 'AL' MIG용접기는 'AL'구조물의 수요증가에 따라 보다더 그 수요가 증가 한다고 생각할수 있다.

이 수요 증가에 대해서 'AL' MIG용접기기의 개발과 병행해서 신 시공법의 개발과 새로운 용접 재료의 개발은 중요시 되고 있다.