

알루미늄 보강판 구조의 용접기술 Welding Technology on Aluminum Stiffened panels

임동용*, 김남인*, 이정수*, 최우현*

* 한진중공업 기술연구소

1. 서 론

알루미늄 합금은 높은 강도와 밀도비, 내식성, 인성, 저온 특성을 보유하고 있어 자동차, 항공 뿐만 아니라 경량구조를 요구하는 선박에도 많이 적용되고 있다. 알루미늄 합금의 대표적인 특성으로는 높은 열전도도와 열팽창계수를 들 수 있다. 알루미늄 합금의 열전도도는 강에 비해 3배정도 높다. 이러한 알루미늄 합금의 열특성은 용융온도가 강에 비해 매우 낮지만 용접 시 집중적인 입열특성을 요구한다. 알루미늄 합금의 열팽창률은 강의 약 2배이며, 용접 중 용융상태에서 응고 시 약 6%의 부피 감소를 야기한다. 이는 용접부재의 치수 변화나 치수변화에 의해 뒤틀림 변형이나 균열을 발생시키기도 한다.

따라서, 본 연구에서는 용접 변형이 심각한 문제인 박판 알루미늄 합금 용접에서의 최적의 용접 공정에 대해 고찰하였다. 알루미늄 합금 재질과 용접재료의 특성에 맞는 용접법과 용접 시 발생하는 용접변형을 최소화할 수 있는 용접 공정 기술을 검토하였다. 또한 부재의 두께, 재질, 용접 재료별 데이터베이스를 구축하여 당사에서 제작 중인 공기부양정에 적용함을 목적으로 하였다.

2. 용접방법

2.1 모재 및 용접재료

본 연구에서 사용된 알루미늄 합금은 Al 5083 과 Al 5383이며 용접재료는 ER 5183과 ER 5556(1.2Ø)이다. 모재와 용접재료의 화학적 성분 및 기계적 성질은 Table 1과 Table 2에 나타내었다.

Table 1 Chemical compositions of materials

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
Al 5083	0.40	0.40	0.10	0.70	4.45	0.15	0.25	0.14
Al 5383	0.08	0.20	0.07	0.82	4.72	0.09	0.12	0.01
ER 5183	0.1	0.27	0.01	0.58	4.55	0.11	0.06	0.11
ER 5556	0.25	0.40	0.10	0.75	5.10	0.13	0.25	0.13

Table 2 Mechanical properties of materials

	Yield Strength (kg/mm ²)	Tensile Strength (kg/mm ²)	Elongation (%)
Al 5083	19.0	34.2	14
Al 5383	22.0	34.8	16
ER 5183	18.6	32.7	14
ER 5556	20.4	36.3	12

2.2 용접장비 및 용접방법

본 연구에서 사용된 용접장비는 500A급 MIG P/S, 6축 다관절 용접전용 로봇, 자동 용접선 추적을 위한 레이저비전센서, 용접중 발생하는 변형을 최소화하기 위한 vacuum type의 suction jig 등이 있다.

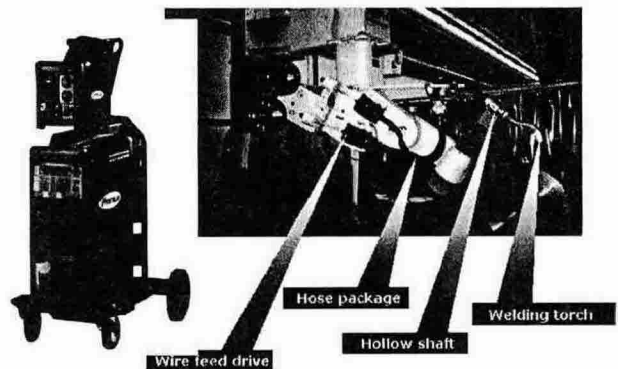


Fig. 1 Welding P/S & robot welding system

중방향 보강재와 횡방향 프레임의 전용 고정 지그가 적용되었다. Fig.1은 용접 P/S와 로봇시스템을 나타낸다.

3. 용접시험

3.1 개선형상과 용접방법

모재의 개선형상에 따른 용접성 시험을 실시하여 주요 두께에 대한 적합한 개선형상과 용접 프로세스를 검토하였다. Table 3 은 모재의 두께가 각각 5mm, 6mm, 8mm인 맞대기 용접에서 적절한 그루브 형상, 개선 각도, 용접 공정을 나타낸다. 5mm 맞대기 용접에서 60° 개선된 그루브를 적용하여 이면에 흠이 있는 백킹재를 부착하여 표면 1pass 용접 하였고, 다른 방법으로 동일한 그루브 형상에서 1pass 표면 용접 후 이면에 가우징 작업을 하여 용접하였다. 6mm 맞대기 용접에서 60° Y 그루브를 적용하여 이면에 백킹재를 부착하고 용접조건을 달리하여 1pass, 2pass로 각각 용접하였다. 8mm 맞대기 용접에서 용접 깊이를 고려하여 60° V 그루브를 적용하여 2pass로 용접하였다.



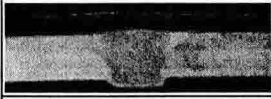



Table 3 Groove angle of butt weld joint

Thickness	Groove	Process
5mm	Y(60°)	1pass, gouging, 2pass
5mm	Y(60°)	1pass(CBM)
6mm	Y(60°)	1pass(CBM)
6mm	Y(60°)	2pass(CBM)
8mm	V(60°)	2pass(CBM)

* CBM = Ceramic Backing Material

Table 4는 Table 3에 정리된 용접 공정에 대한 매크로 단면과 용접조건 및 인장 Test 후 시편의 판단된 형태를 보이고 있다. Al 5383에 대해 ER 5183 과 ER 5556 용접 재료를 각각 적용하여 인장 시험을 실시하였다. 파단은 파단각 45° 를 유지하며 용접부에서 발생하였으나 ER 5556이 요구치를 만족하는 결과를 나타내었다. 따라서 Al 5083의 경우에는 잘 알려진 기존의 용접재료(ER 5183)를 사용하며 Al 5383의 경우에는 ER 5183보다 ER 5556이 강도 측면에서 유리함을 알 수 있다.

Table 4 Macro section of butt weld joint

Macro Section	V	A	Speed (cpm)
	19.3 19.3	131 131	42
	20.7	147	42
	21.6	153	42
	19.3 19.8	131 142	42
	21.6 23.2	153 180	42
	Position of fracture		

3.2 용접재료에 따른 용접부 미세조직

Fig.2는 Al 5383에 대한 용접재료별 미세조직을 나타낸다.

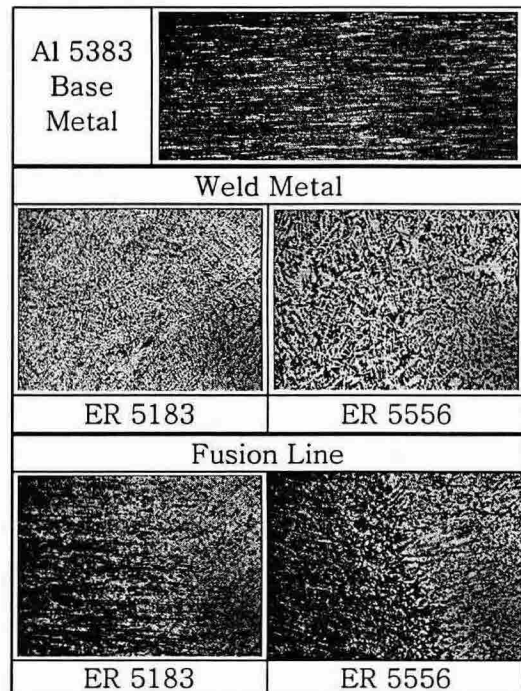


Fig.2 Microstructure of Weldments

Al-Mg 합금인 5000계열은 시효경화를 하지 않는 특징이 있다. Fig.2의 base metal에서 알 수 있듯

이 압연방향으로 결정립이 연신되어 있으며, weld metal의 경우 Mg의 함량이 많은 ER 5556 와이어를 사용한 시험편에서 상대적으로 더 많은 석출물이 형성되어 있음을 알 수 있다. 이와 같은 석출물은 Al-Mg 상태도에서 Mg 또는 Mg_2Al_3 임을 확인할 수 있으며, Mg_2Al_3 석출물은 시효경화 효과가 크지 않은 것으로 알려져 있다.

4. 보강판 구조물 제작공정

알루미늄 합금은 용접변형의 발생이 용이하기 때문에 구조물을 고정하는 방식이나 전용지그의 역할이 매우 중요하다. 일정한 간격을 유지하는 종방향과 횡방향 보강재를 갖는 구조물 제작시 vacuum type의 suction jig를 사용하여 판넬 전체를 구속하였고 전용지그를 이용하여 보강재를 조립하였다. 이러한 고정지그를 적용함으로써 실제 구조물 제작시 발생하는 용접변형을 최소화 할 수 있었으며 초기설계에 부합하는 구조물의 제작이 가능하였다. Fig.3은 suction jig와 고정지그를 이용하여 구조물을 조립공정을 나타낸다.

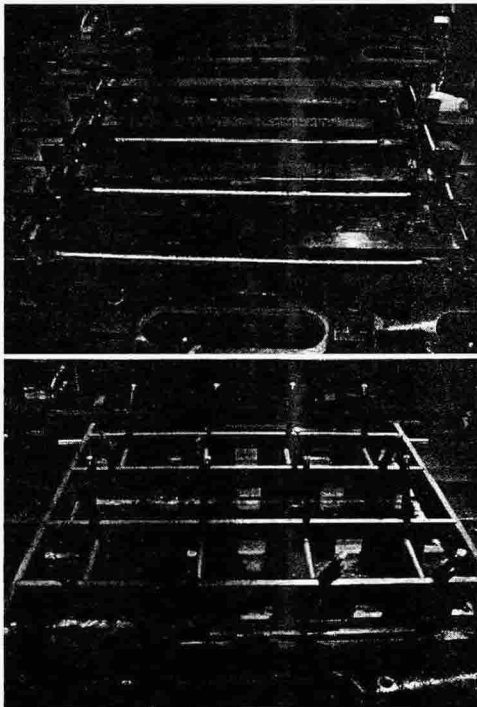


Fig.3 Suction jig & Constraint tool

보강판 구조물의 크기는 1000mm x 1200mm이고 두께는 5, 6, 8mm이다. 보강재는 높이 및 두께가 서로 다른 flat bar, T-bar, Incat T-bar로 구성되어 있

다. 본 구조물은 용접변형, 잔류응력, 최종강도 연구를 위해 제작되었다.

5. 결 론

본 연구에서는 suction jig와 전용 고정지그를 사용하여 보강재를 갖는 구조물을 구속하여 조립 및 용접을 실시하였다. 입열량, 용접 진행각, 토치각, 팁과 모재와의 거리, 용접속도, 용접재료 등의 용접변수들을 고려하여 우수한 용접성을 가진 구조물을 제작하였다. 또한 Al 5383 / Al 5083과 ER 5183 / ER 5556의 용접공정 및 용접조건에 대한 데이터 베이스를 구축하였다. 부재 두께별 개선형상에 따른 용입 정도의 비교와 적절한 용접 방법을 설정할 수 있었다.

참고문헌

1. ABS: Rules for Building and Classing Aluminum Vessels 1975. Notice No.1
2. ISO: Welding – Recommendations for welding of metallic materials – Part4: Arc welding of aluminum and aluminum alloys (ISO TC 44/SC 10 N 456), 2001
3. AWS: Guide for Aluminum Hull Welding, ANSI/AWS D3.7-90
4. PEMA News : User-Friendly Robotic Solutions, may., 2002