

알루미늄과 그合金의 熔接

嚴 基 元

〈漢陽大 工大·教授〉

서 론

알루미늄과 그의 합금은 항공우주산업이나 가정용 기물 밖에도 일반공업용 재료로써 차량 토목건축 조선 화학식품 전기와 원자로등 많은 공업분야에 널리 사용되고 있다. 최근에 용접법의 발전과 합금의 개발에 의하여 알루미늄 합금은 보통의 금속재료에 대하여 사용하고 있는 거의 대부분의 접합법에 의하여 용이하게 접합할수가 있다. 그 중에서도 불활성(不活性) 가스 아아크 용접이 널리 사용되고 있는것은 주지(周知)의 사실이나 알루미늄 합금의 종류는 용도에 따라서 다양 다종이여서 그 종류에 의하여 용접성(weldability)의 난이(難易)가 있으므로 합금의 특징이나 용접부의 거동을 잘 알고서 모재와 용가제의 선정에 충분한 주의와 세심한 관찰이 필요하다.

1. 알루미늄의 특성

알루미늄과 그의 합금은 철강재료와는 매우다른 특성을 갖고 있으므로 철강재(鐵鋼材)의 용접을 잘하는 사람에서 볼때에는 용접하기가 곤란하다고 하는 이유를 다음표의 알루미늄과 철의 물리적성질의 비교로써 살펴보기로 한다.

① 가열중에 산화(酸化)하기 쉽고 발생한 산화막의 용융온도가 매우 높으므로 모재와의 용

표 1. 알루미늄의 물리적성질

물 리 적 성 질	알루미늄	철
비 중 (gr/cm)	2.7	2.7×2.9
용 융 점 (°C)	660	660×2.3
팽창계수(×10 ⁻⁶ /°C)	24	24×0.5
열전도도(cal/cm/s/°C)	0.37	0.37×0.33
탄성계수(kg/mm ²)	7,000	7,000×3.0
고유저항Ω(/mm ² /m)	0.028	0.028×4.0
강 성 율(kg/mm ²)	2,500	2500×3.4
전 도 도(%)	62	62×0.25

합을 저해시키고 비중이 적으므로 스택으로 부상되기가 나쁘다.

② 산화막을 용해하기 위해 용제(flux)를 사용(가스용접 일 때) 하면 잔유(殘留)된 용제 때문에 모재가 부식된다.

③ 알루미늄은 강의 약 4배가 열의 방산이 쉬우므로 국부가열이 힘들고 용융온도가 낮으므로 용락(溶落)을 일으키기 쉽다.

④ 팽창계수가 강의 약 2배 응고수축율은 1.5배가 되므로 용접변형이 크고 합금의 정도에 따라서 응고할때 균열이 되기 쉽다.

⑤ 용융되고 있을때 수소 등의 가스를 흡수하여 용착금속부에 기공(blow hole)를 만들게 되며 용착금속부의 강도와 내식성을 나쁘게한다.

⑥ 용접의 예비처리 시공법 후처리등이 철강에 비하여 아주귀찮다.

⑦ 합금의 경우에는 가열에 의하여 모재가 약하게되고 취성균열이 되기 쉽다.

□ 講 座

이들의 난점은 불활성가스 아아크 용접법의 발달에 의하여 대부분 해결이 되고 양호한 용접이 되게끔 되어 있으나 위의 사실에 대하여 주의를 해야만 한다.

2. 알루미늄합금의 분류와 종류

알루미늄합금은 보통 제법에 의하여 전신재(展伸材:wrought alloys)와 주조재(鑄造材: cast alloys)로 대별되고 상세한 분류는 미국 알루미늄협회의 AA방식 혹은 알코아사(Alcoa Co.)의 방식이 있다. AA방식은 네자리 숫자를 사용하는 방식으로 첫째의 숫자는 주요원소(元素)의 중

류를 의미한다.

1은 순알루미늄 2는 Cu, 3은 Mn, 4는 Si, 5는 Mg, 6은 Mg+Si, 7은 Zn, 8은 그밖의 원소를 말한다. JIS에서는 공업용 순알루미늄 내식알루미늄합금 고력알루미늄합금 내열알루미늄합금 등이 있으며 알클래드재(Alclad 材)는 합금판의 표면에 순알루미늄 박판을 압연에 의하여 합판을 만들어 내식성을 향상시킨 것이다. 알루미늄합금은 열처리에 의하여 강력하게 되는 열처리합금(heat treatable alloy)와 강력하게 되지않은 비열처리합금(non heat treatable alloy)으로 나눌 수 있으며 비열처리의 대표적인 것은 1100(2S) 공업용 순알루미늄이다.

표 2. 알루미늄 합금의 각종 기호의 대조표

특 성 별	합금계별	JIS 기 호	ALCOA	미국알루미늄협회(AA)	기타의 명칭	
비열처리성	공업용 순알루미늄	Al	A 1 P 1 A 1 P 3	ADIS 2 S	1050 1100	알 루 미 늬
	내 식 알루미늄	Al-Mn	A 2 P 3	3 S	3003	알 만
		Al-Mg	A 2 P 1 A 2 P 2	52S 56S	5052 5056	페 라 루 만
열처리성	합 금	Al-Mg-Mn	A 2 P 7	—	5083 5086	NP5/6
	고 력 알루미늄합금	Al-Mg-Si	A 2 P 4 A 2 P 5 A 2 P 6	61S 63S A51S 53S	6061 6063 6151 6053	안티코올타르
		Al-Cu	A 3 P 5	25S	2025	
		Al-Cu-Mg	A 3 P 2 A 3 P 4	17S 24S	2017 2024	듀랄루민 초듀랄루민
내 열 알루미늄합금	Al-Zn-Mg-Cu	A 3 P 6	75S	7075	극초듀랄루민	
	Al-Cu-Ni	A 4 P 1	18S	2018	Y 합 금	
	Al-Si-Ni	A 4 P 5	32S	4032		

(기호 중 P는 판을 의미하고, B는 봉, S는형재. F는 단조재로 한다).

① 순알루미늄(1000 시리즈)

99% 혹은 그이상의 Al을 포함하는 무리에 속하며 주로 전기와 화학공업 분야에 널리 이용되고 있으며 그 특징으로는 우수한 내식성 전기전도도와 가공성이 있으나 강도(強度)가 낮으므로 용접 구조물에는 내식성(耐食性)의 순 알루미늄 성질이 필요로 하는 용도외에는 사용하지 않는다. 그리고 Fe와 Si는 불순물로 존재하기 쉽

다.

② Al-Cu 계(2000 시리즈)

이 무리의 합금의 주요 합금원소는 Cu로 소량의 강도를 얻게하기 위하여 액체화처리가 필요하다. 담금 자연시효후의 강도는 연강과 동등이상으로 필요에 의하여 고온시효를 하면은 다시금 고강도의 것을 얻을 수 있다. 이것에 의하여 특수한 내력을 향상시키나 신연은 저하된다.

Al-Cu 계 합금은 내식성이 약하므로 판재로 사용할 때에는 순알루미늄 혹은 6000 시리즈의 합금을 피판(皮板)으로 한 클라드(clad)재가 사용된다.

Al-Cu 계 합금은 용융용접성이 낮기 때문에 종래의 일반용접구조용으로는 용도가 한정되어 있고 그리 주목되어 있지않았다. 그러나 고강도와 내열성 저온성질이 우수하다는 점에서 용접기술의 진보와 더불어 용접성이 좋은 합금이 개발되어진 결과 최근에는 특히 항공우주공업분야에 없어서는 아니될 재료로 되어있다.

③ Al-Mn 계 (3000 시리즈)

Al에 약 1.5%의 Mn을 첨가하여 내식성과 강도를 향상시킨것으로 이무리의 대표적인 3003 합금은 가공법(加工法)과 적당한 강도를 필요로 하는 용도에 비교적 많이 사용되고 있으나 강도가 위주인 구조물에는 불충분하다. 다시금 강도를 향상시키기 위하여 Mg을 첨가한 3004 합금도 7072 합금과 클라드(clad) 시켜 콘테이너(container)의 실내 벽판으로 사용한다. 그리고 알루미늄 합금으로 만드는 열교환기의 제조는 주로 납땜법이 이용되고 있다.

④ Al-Si 계 (4000 시리즈)

Al에 다량의 Si을 첨가하며는 다른 여러성질에 악영향을 주지 않으면서 합금의 용점이 낮아진다. 따라서 이무리의 합금은 주로 용가재(溶加材) 펄납재료로 널리 사용되고 있으며 4043, 4343, 4047 등이 대표적인 것이다.

이무리의 합금은 열처리형이나 열처리합금에 대하여 용가재로 사용할 때에는 모재에서의 합금원소의 회석에 의하여 용접금속은 열처리에 의하여 얼마간의 강도를 올린다. 그리고 Si을 다량으로 함유하는 합금은 양극(陽極)산화 처리를 하며는 흑회색(黑灰色)을 발하게 되므로 건축용으로 사용된다.

⑤ Al-Mg 계 (5000 시리즈)

Al에 Mg을 단독으로 혹은 Mn과 더불어 첨가하며는 강도를 향상시키는데 매우 유리하다.

Al-Mg 계합금은 내식성이 양호하며 가공경화에 의하여 비교적 고강도가 얻어지며 다시금 용

접성이 우수하므로 용접구조용합금으로 널리 사용되고 있으며 AA에는 용가재를 포함하여 30여종의 합금이 등록되고 있으며 이들중에는 Mg량이 비교적 적은 팽택합금과 가공성이 중요시되고 있는 저응력부재용의 합금 그밖의 5%정도의 Mg을 함유하고 있는 맥주강통용도 포함되어 있으며 구조용합금으로는 용도에 따라서 5005, 5052(5652), 5083, 5086, 5154, 5454, 5456 합금으로 나누어지며 이들에 적당한 용가재가 규격화되어 있다. 그리고 2.5~5% Mg을 함유하고 있는 구조용 합금에는 응력부식 균열방지나 기계적성질의 개선을 도모하기 위하여 Mn이나 Cr을 첨가한것이 많다.

특히 Mg을 많이 포함하고 있는 합금은 응력부식 균열이 일어날 위험이 있으므로 냉간가공의 정도와 사용온도에 따라서 고려할 필요가 있다. 즉 일반적으로 3.5% 이상의 Mg을 포함하는 합금의 사용온도는 약 65°C이고 5083 합금과 같이 Mg량이 많은 합금은 과도하게 냉간가공을 받고있는 상태에서의 사용을 피하는 것이 좋다.

⑥ Al-Mg-Si 계 (6000 시리즈)

이무리의 합금은 적량의 Mg₂Si의 형성하게끔 Mg 혹은 Si을 첨가한 열처리합금으로 대표적인것은 6061 혹은 6063 합금이 있다. 이계의 합금은 2000 혹은 7000 시리즈의 합금에 비하여 강도가 낮으나 성형성 내식성 저온특성 압출성이 우수하고 Al-Si 혹은 Al-Mg 계 용가재를 사용하며는 용접도 용이하므로 용접구조용 합금으로 사용되고 있으나 이계의 합금의 특징은 도전성(導電性)과 강도를 충분히 살린 도전재료 압출형재 혹은 관재(管材)로의 용도가 매우 넓다.

⑦ Al-Zn-(Mg,Cu)계 (7000 시리즈)

이무리의 합금은 대별하여

④ 고력합금의 피재(皮材)로써 사용할 수 있는 7072, ⑤ 강도에 중점을 두고 있는 고력합금 7075, ⑥ 용융용접성이 우수한 3원합금이라고 하는 용접구조용합금 7No1 등 3종류로 구분할 수 있다. 이들중에서 구조용재료로 7075와 7No1이 대상이되며 강도에 중점을 두고있는 고력합

□ 講 座

금은 이들에 사용하는 용가재 후열처리 혹은 용접기법등으로 용융용접성이 검토되고는 있으나 용접균열 이음강도 혹은 내식성 등에 문제가 있어서 일반구조용으로는 적당하지가 않다. 따라서 일반적으로는 Cu를 포함하고 있지 않으나 포함한다고 하더라도 아주 적은양이 되며 Al-Zn-Mg 합금이 사용된다. 이들의 합금 중 판재(板材)로 사용되는 것은 3~5% Zn과 1.2~2.8% Mg을 함유하며 Zn+Mg 량은 3~7%의 범위에서 그밖의 원소 Mn, Cr, Zr와 Ti 등 1종류 혹은 그 이상이 첨가 되어있다.

이와 같은 첨가원소는 강도 담금성 자연시효성 조직 용접성 응력부식균열 감수성 압출 등의 가공성에 복잡한 영향을 주기 때문이다. 그리고 Al-Zn-Mg계 합금은 내식성이 비교적 좋고 용접후 열처리를 하지 않아도 용접후 1개월 정도 지나면 자연시효에 의하여 모재와 거의 동등한 이음강도를 얻을 수 있는 특징이 있다. 용가재는 모재와 같은 성분의 것이 바람직하나 성분에 의하여 용접균열감수성에 몇가지 문제가 있어서 이음강도에 약간의 희생이 있더라도 균열의 감수성이 낮은 Al-Mg계 합금(5356, 5556) 등이 사용되고 있다.

이상과 같이 각 시리즈의 합금의 특징에 관하여 논술했으나 주로 비열처리합금중에서 Al-Mg계 합금과 열처리합금중 Al-Zn-Mg계 혹은 Al-Mg-Si계 합금이 용접구조물에 사용되고 있는 것이다.

3. 알루미늄합금의 용접성

알루미늄의 용접은 여러가지가 있는데 불활성 가스아아크 용접이 매우널리 사용되고 있다. 표 3은 가스용접을 포함하여 용접법의 특징을 나타내고 있으며 이들중에 TIG 용접과 MIG 용접은 각기 장점과 단점을 갖이고 있다. 실제의 공사에 있어서 용접법이 지정되지 않을때에는 시공자는 재료의 종류 치수의 형상 작업장소 등의 조건 작업의 능률 용접부분에 대하여 요구하는 성질과 품질 등을 고려하여 어느 용접법을 사용

할 것인가를 결정하는 것이 좋다. 그리고 표 3은 각종 용접법의 비교이고 표 4은 알루미늄합금의 각종 용접에 의한 용접성을 비교한 것이다.

표 3. 각종용접법의 비교

비교사항	TIG 용접	MIG 용접	가스 용접
전 원	고주파부착교류	직류역극성	필요없음
가스	알곤	알곤	산소-아세틸렌
용가재	모재와같은재료	전극코일심선	모재와같은재료
용입상태	중	대	소
용접속도	중	대	소
용접변형	중	소	대
박판용접	우	가	우
후판용접	양	우	가

표 4. 알루미늄합금의 용접성

합금명	계통별 기호	가스용접	불활성 가스 아아크 용접	저항용접	납땜
순알루미늄	1070	○	○	○	○
	1100	○	○	○	○
Al-Si 계	4043	○	○	○	×
Al-Mg 계	5052	○	○	○	○
	5083	×	○	○	×
Al-Mg-Si 계	6061	○	○	○	○
	6063	○	○	○	○
Al-Cu 계	2014	×	○	△	×
	2024	×	△	△	×
Al-Zn-Mg 계	7N01	○	○	○	×

(주) ○ : 양호 △ : 보통 × : 불가

4. 용접봉(전극와이어)의 선택

용접봉(전극와이어)은 모재에 적당한 것을 선택하는 것이 필요하다. 보통 종래의 경험과 실험결과에서 만들어진 표 5.와 같이 모재에 적당한 용접봉을 선택하여 사용한다. 단 특수한 목적과 용접후 비이드의 높이를 제거하고 양극산화처리를 하는 경우(색의 조화가 문제됨) 혹은 특수한 화학약품의 탱크에서 중금속(重金屬) 원소가 취급 될때 그밖의 특성이 지정되는 경우는 이 표의 표준에서 벗어날 수가 있다.

표 5. 모재에 적당한 용접봉(전극와이어)의 종류와 선택

母 材	鑄 物		A 7 N01	A 6061 A 6063 A 6101 A 6151	(5) A A 5456	(5) A A 5454	A 5154	A 5056	A 5083	A 5052	A 5005	A1200 A3203	A1100 A3003	A1070
	A C 4 C	A C 7 A												
A1070	4043	(2) 5356	4043	4043	(2) 5356	(3)(2) 5356	(3)(2) 5356	(2)(3) 5356	(2) 5356	4043	(2) 1100	(2) 1200	(2) 1200	(2) 1070
A1100, 3003	4043	(2) 5356	4043	4043	(2) 5356	(3) 4043	(3) 5356	(2)(3) 5356	(2) 5356	4043	(3) 4043	(3) 1100	(2) 1100	(2)
A1200, 3203	4043	(2) 5356	4043	4043	(2) 5356	(3) 4043	(3) 4043	(2)(3) 5356	(2) 5356	4043	(3) 4043	(3) 1200	(2)	
A5005	4043	(3) 5356	(3) 5356	(1) 4043	(3) 5356	(2) 5356	(2)(3) 5356	(2)(3) 5356	(3) 5356	(3) 4043	(3)(4) 4043			
A5052	4043	(3) 5356	(3) 5356	(1)(2) 5356	(3) 5356	(2)(3) 5356	(1) 5356	(3) 5356	(3) 5356	(1)(2) 5356				
A5083	(2)(3) 5356	(3) 5356	(3) 5183	(3) 5356	(3) 5183	(1)(2) 5356	(3) 5356	(3) 5356	(3) 5183					
A5056	(2)(3) 5356	(3) 5356	(3) 5356	(3) 5356	(3) 5356	(3) 5356	(3) 5356	(3) 5356	(3) 5356					
A5154	(3) 4043	(1) 5356	(1) 5356	(1)(2) 5356	(1) 5356	(1) 5356	(1) 5356	(1) 5356						
(5) (A A 5454)	(1) 4043	(3) 5356	(1) 5356	(1)(3) 5356	(3) 5356	(2)(3) 5554								
(5) (A A 5456)	(2)(3) 5356	(3) 5356	(3) 5556	(3) 5356	(3) 5556									
A6061, 6101 A6063, 6151	(3) 4043	(1)(2) 5356	(1)(2) 5356	(1) 4043										
A7N01	(3) 4043	(3) 5356	(3) IN 11											
鑄 物	AB7A	(3) 4043	(1) 5356											
	AC4C	(4) 4043												

주 (1) 5154 5183 5356 5554 5556을 사용해도 좋다. 5554는 저온 고온에 널리 사용되는 용가제이다.
 (2) 경우에 따라서 4043을 사용해도 좋다.
 (3) 5356 5183 혹은 5556을 사용해도 좋다.
 (4) 모재와 동일한 화학성분의 용가제를 사용해도 좋다.
 (5) 미국규격에 의한 것이다.

5. 용접의 전처리

알루미늄합금의 표면은 보통 아주 얇은 층의 알루미늄 산화막이 형성되며 이막의 용점(약 2,770°C)이 높아서 그대로는 용접을 하려는 산화막을 포함한 용융 알루미늄이 입상(粒狀)으로 응집되어 서로가 용합을 하여 건전한 용접이 되지 않는다. 이산화물은 Al₂O₃ 밖에도 결정수(結晶水)를 포함하는 Al₂O₃·H₂O 혹은 Al₂O₃·3H₂O와 같이 되므로 용접중에 결정수가 분해되어 수소를 방출하고 이것은 비이드의 기공(氣孔)을

만드는 원인이 되다.

또한 모재의 표면에 유지(油脂)와 그 밖의 이물질들이 있으면 이들도 분해하여 수소를 발생하고 기공을 만들며 분해가 되지 않는 이물질들은 함께 썩어서 건전한 용착금속을 얻을수 없게 된다. 따라서 용접전에 모재의 표면은 매우 청결하게 하여야 한다. 이와 같은 작업을 모재의 전처리라고 하며 알루미늄의 용접에 있어서는 다른 금속보다도 이 작업이 매우 중요하다.

가) 유기용제에 의한 탈지

신나(thinner), 휘발유(gasoline), 벤젠(benzene), 알콜(alcohol) 등의 유기 용제를 사용

한다.

나) 산화막의 제거

a) 기계적방법

청결한 스테인리스강제 와이어 부라쉬로 강하게 연마하든가 강제세모부라쉬 혹은 줄로 연마한다.

b) 화학적 방법

5~10% 가성소다(Na OH) 용액(약 70°C)에 30~60 초간 침전후 물로 세척한다. 그리고 약 15% 초산(상온상태)에 약 2분간 침전하고 따뜻한 물로 세척하고 충분히 건조한다.

유기용제에 의한 탈지법은 산화막을 완전히 제거하기 위한 방법을 병용하는 것이 좋다. 화학적 방법은 탈지와 산화막의 제거를 동시에 할 수가 있다. 전처리작업은 필수로 용접직전에 하는 것이 좋다.

6. 용접변형방지

알루미늄합금의 용접변형은 강재에 비하여 매우 크다는 것은 물리적 기계적성질에서 알수있으므로 변형의 제거는 더욱더 곤란하므로 변형방지법은 강재에서 상용하는 방법과 동일하게 하여야 되며 이보다는 더욱 정확하고 강건하게 한다.

a) 부재의 용접수축에 대한 보상을 하기 위하여 적당한 여유를 줄것

b) 가능한 한도에서 역변형을 줄것

c) 강성(剛性)이 높은 용접지그로써 용접선의 부근을 강하게 구속한다. 이와같은 방법을 철저히 이행하여야 한다.

7. 용접후의 처리

용접비이드의 시종단에는 스티트의 용입부족과 종단의 그래이터 균열을 방지하는 의미에서 탭(tap)판을 사용하고 이것을 제거한 후에는 예리한 못치가 남아있지 않게끔 그라인더 혹은 줄의 시공을 하여야 한다. 강재와 같이 취성파괴의 위험성은 없으나 응력집중에 의한 균열의 발

생은 고려하여야 한다.

8. 이음부의 성질

가) 정적강도

알루미늄합금의 용접이음강도는 가공경화나 열처리에 의하여 조절(調質)되어진 열영향부의 존재에 의하여 크게 영향을 미친다. 적당한 용가제에 의하여 비열처리합금 맞대기 이음의인장강도는 모재의 연질부의 최소치로하면 설계상안전하다. 따라서 강도가 요구되는 구조물에 비열처리합금을 사용할때는 연질재에서 강도가 그중 큰 합금을 선택하는것이 유리하다. 또한 열처리합금의 이음에서는 열영향부의 강도는 용접조건질별 모재두께 냉각속도 등에 의하여 현저한 영향을 갖는다. 보통은 모재의 연질재의 강도보다는 저하하지 않는다. 그러나 많은 열처리합금의 맞대기이음의 인장강도는 용접한 그 상태에서는 5083합금과 같이 Mg 이 많은 비열처리합금보다도 낮으므로 용접후에 열처리가 필요하다.

단 용접구조용의 Al-Zn-Mg 합금은 예외로써 용접후의 자연시효에 의하여 5083합금보다도 높은 인장강도와 내력을 얻을 수 있다. 그리고 알루미늄 합금중 열처리 합금의 용접은 강도상 가급적 고속도용접이 바람직하다. 표 6은 일반적인 용접구조용합금의 맞대기 이음의 최저강도들

표 6. 맞대기 이음부의 인장강도(Alcoa)

모 재	인장강도 kg/mm ²	내력 kg/mm ²
3003	9.8	4.9
Alclad 3003	9.1	4.2
3004	15.4	7.7
Alclad 3004	14.7	7.7
5052	17.5	9.1
5154	21.0	10.5
5454	21.7	11.2
5086	24.5	13.3
5083	28.0	16.8
5456	29.4	18.2
6061-T6	26.8	14.0
6063-T5		
6063-T6	11.9	7.7

표시한 것이다. 실제로는 이표의 값보다는 높은 강도를 얻게 되다.

표 7은 필릿이음부의 강도를 나타낸 것이며 주로 용가제의 종류(화학적분)에 의하여 다르며 용접한 상태에서는 Mg 을 많이 함유하고 있는 용가제에 의한 필릿용접이음의 강도가 제일 크고 순알루미늄의 용가제가 제일 낮다.

용접이음의 허용응력에 대하여 각종 구조물에 대한 규격이 마련되어 있으나 한예를 들어 압력용기 제작에 있어서 인장강도/4 혹은 내력/1.5로 하는 것이 좋다(ASME, see, VIII, Div. 1).

표 7. 필릿용접이음의 전단강도 (Alcoa)

용 가 제	전단강도 (kg/mm ²)	용 가 제	전단강도 (kg/mm ²)
1100	5.3	5052	5.3
2319(1)(2)	11.2	5154	8.4
2319(3)	15.4	5356	11.9
4043(1)	8.1	5554	11.9
		5556	14.0

주 (1) 자연시효후(2~3개월) (2) 용접후 인공시효
(3) 용접후 담금과 풀림

그림 1은 순알루미늄 맞대기 이음의 경도 분포를 표시한 것이며 그림 2는 2014-T6 AC TIG 용접이음의 경도분포를 나타낸 것이다

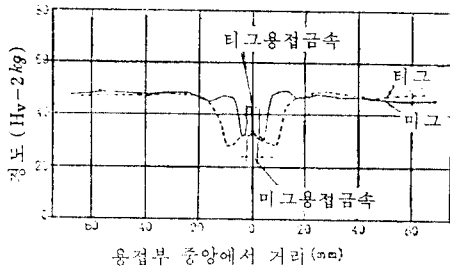


그림 1. 1100-H16 알루미늄 맞대기이음의 경도분포 (두께 2mm 용가제 1260)

나) 피로강도

알루미늄합금의 맞대기 이음의 피로강도는 그림 3과 같으며 반복회수에 따라서는 합금의 정적강도에 대응되나 반복회수가 크게 되며는 합금에 의한 차이는 작아진다. 그리고 비이드의 형상되로이면 지단(toe)부가 응력집중의 효과가 나타나므로 비이드의 높이를 제거하는 것이

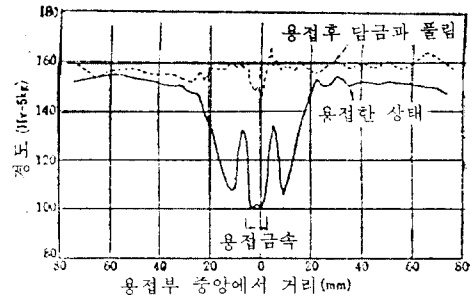


그림 2. 2014-T6 합금 AC TIG 용접부의 경도분포 (판두께 3mm 용가제 2319)

피로 강도를 높일수가 있다. 따라서 피로강도가 중요시 되는 곳에서는 판두께의 급격한 변화를 피하기 위하여 끝내기 가공을 한다. 용접결합중에 기공은 비이드 높이가 살아있을 때는 이음부의 피로 강도에 영향을 미치지 않으나 이것을 삭제하였을 때 기공이 표면근방에 산재하고 있다면 피로강도는 무결합 일때보다 매우 낮아진다. 그

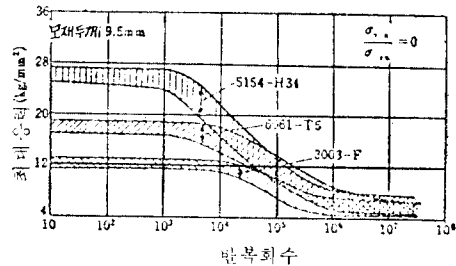


그림 3. TIG 혹은 반자동 맞대기 용접 이음부의 피로강도 (Alcoa)

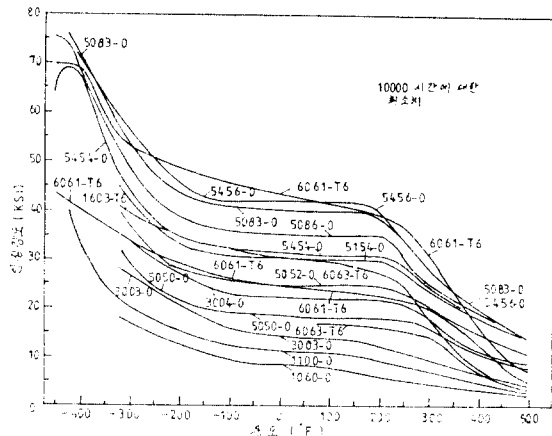


그림 4. 각종 알루미늄합금과 그의 용접부의 인장강도와 온도의 관계 (Alcoa)

□ 講 座

림 3은 TIG 혹은 반자동 맞대기 이음부의 피로 강도(Alcoa)를 표시한 것이다.

나) 온도 영향

알루미늄합금과 그의 용접부는 철강과 같이 저온취성을 나타내지 않고 온도의 저하와 더불어 인장성질은 향상한다. 그림 4의 각종 알루미늄합금과 그의 용접부의 인장강도와 온도의 관계에서 볼수 있다. 따라서 저온용도의 구조물의 설계에는 저온에 있어서 강도의 최소치를 기초로하여 상온에서 보다도 높은 설계응력을 취하여도 좋다는 기준도 있으나 보통은 상온에서의 강도가 기준이 된다. 특히 Al-Mg 합금 중에도 5083합금은 용접성 강도 저온취성등이 우수하므로 저온용기(容器)에 널리 사용되고 있다.

라) 내식성

보통 비열처리합금의 우수한 내식성은 용접에 의하여 손상이 되지는 않으나 Mg 량이 많은 Al-Mg 계 합금은 장기간에 걸쳐 약 65°C 이상의 온도에서 사용될때는 적당하지 않다. Al-

Mg-Si 계 합금은 모재와 용접부도 내식성이 우수하고 질별(質別) 온도 응력수준과 환경에도 내식성을 저해받을 염려가 없다. 그리고 Cu와 Zn을 많이 함유하고 있는 열처리합금에는 열영향부에 입계석출(粒界析出)이 발생하며 이 영역은 원질부에 대하여 양극적(陽極的)이 되며 입계가 선택적으로 부식되는 수가 있으므로 주의를 하여야 하며 응력이 작용되고 있는 상태에서는 부식이 촉진되다.

9. 결 론

이상과 같이 알루미늄과 그 합금의 용접을 총괄적으로 취급하였으나 실제응용면에서 이용하기가 부족됨이 많을줄 사료되며 용접성을 고려한 용가재의 선정과 이음부의 강도와 제성질들을 참고 하여 알루미늄합금과 재료의 선정에 조금의 도움을 드릴수 있다면 다행이라고 생각하는 바이다.

— 294 페이지에서 계속 —

解放率이라고 불리어진다. 이 Energy G 가 실제로 Crack이 진전 할때 塑性變形이라든지 表面 Energy로 變하는 量 G_c 보다도 큰 경우에는, Crack이 진전하게 되고, 따라서, 이 때의 조건은

$$G \geq G_c \dots\dots\dots(11)$$

로 된다.

G 와 K 는 식(10)의 관계로써 G 대신 K 를 써서

$$K \geq K_c \dots\dots\dots(12)$$

로 破壞의 조건을 表示하는 일이 많다. 식(10)에서 G_c 에 對應되는 것이 K_c 로써 이것도 破壞靱性值라고 부른다.