

알루미늄합금제 선박의 선체검사 매뉴얼 개발

Development of Aluminum vessel inspection manual

구현모^{†*}, 강대선*, 이기동**

Hyoun-mo Ku^{†*}, Dae-sun Kang* and Ki-dong Lee**

ABSTRACT

This research project is prepare for the inspection of increasing aluminum vessel. This report contains inspection item and technique follow with building schedule aluminum vessel for surveyor study material and reference data.

※ **Keywords** : Aluminum(알루미늄), Inspect Manual(검사매뉴얼), Welding(용접), Painting(도장)

1. 서 론

해양수산부는 올해 2006년부터 노후어선대체 사업으로 신조어선 건조시 환경오염 우려가 있는 강화플라스틱(FRP) 어선에 대한 지원을 중단하고 알루미늄합금제 어선에 한하여 건조지원을 2005년 2000만원에서 3000만원으로 상향하여 지원

하기 시작하였으며, 2006년 예산에 8억원을 책정하였으며, 선박검사기술협회는 2005년 7월부터 2007년 7월까지 2년 동안 해양수산부 수산특정 연구개발 사업을 주관하면서 알루미늄합금제 연안어선의 보급에 힘쓰고 있으며, 그 결과 위 연구의 참여기업인 DK마린에서 알루미늄합금제 연안 소형어선을 2척 개발하는데 성공하였다. 위와 같

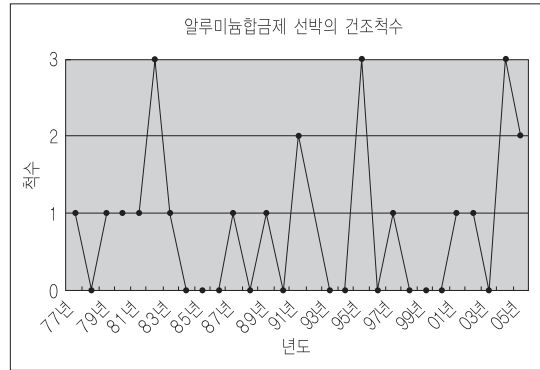
* 선박검사기술협회 특수연구팀

† 논문 주저자

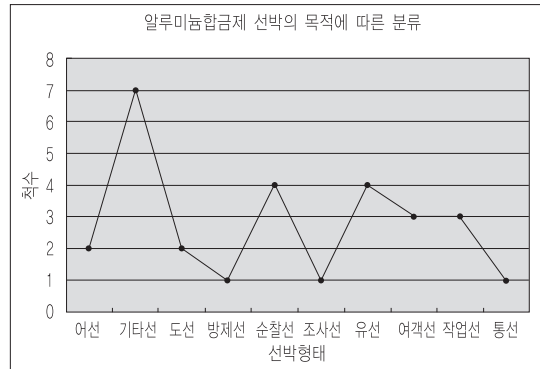
이 산·학·관·연의 공동노력을 통하여 환경친화적인 알루미늄합금제 어선의 보급에 힘쓰고 있고, 어민들이 알루미늄합금제 어선에 대한 시각이 변화됨으로서, 알루미늄합금제 어선의 증가가 예상되어지며, 이에 따라 알루미늄합금제 선박의 검사요령 및 검사기술에 대한 일관성 유지와 기술적 정리가 요구되어져서, 선박검사기술협회는 2006년 자체연구과제로 알루미늄합금제 선박의 선체 검사매뉴얼을 개발하였다.

2. 알루미늄합금제 선박의 건조현황

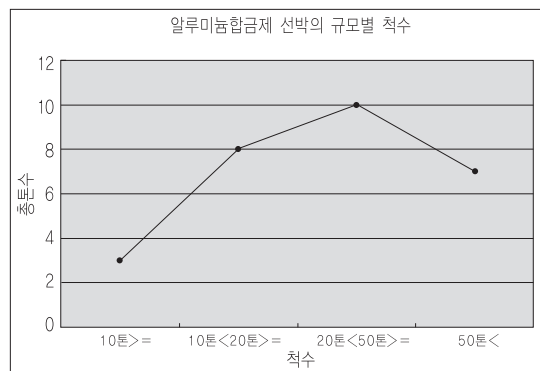
국내에 검사대상인 알루미늄합금제 선박은 총 28척으로 다수의 선박이 일본에서 도입이 되었으며, 연도별 건조척수를 보면 다음 도표와 같다. 위 도표를 분석해 보면, 82년과 95년 04년에 각 3척의 건조를 보이고, 대부분 연간 1~2척의 건조 실적을 보이고 있으며, 알루미늄합금제 선박의 종류를 살펴보면, 기타선이 가장 많고, 순찰선, 유선 순으로 배치되어 있음. 알루미늄합금제 선박검사가 본격적으로 진행되지 않았음을 알 수 있다. 반면, 어선의 경우 2척이고 82년과 05년에 각각 한척을 건조했을 뿐임. 하지만, 지난해(06년)의 경우 건조되고 있는 4척이 전부 어선이기 때문에 이에 대한 대비가 요구된다. 등록된 알루미늄합금제 선박의 톤수에 따른 척수를 분석해 보면, 20톤에서 50톤 사이의 척수가 가장 많은 것을 알 수 있음. 이는 알루미늄합금제 선박이 순찰선이나 여객선, 작업선과 같이 특수 목적에 의하여 건조되었기 때문에 행정선의 적정 규모인 총톤수 20~50톤 사이에 많이 배치되고 있음을 파악할 수 있다.



〈그림 1〉 국내 알루미늄합금제 선박의 연도별 건조척수



〈그림 2〉 알루미늄합금제 선박의 사용목적에 따른 척수



〈그림 3〉 국내 알루미늄합금제 선박의 연도별 건조척수

3. 알루미늄합금제 선박검사의 특수성

알루미늄의 용접에는 크게 Mig, Tig 용접이 사용되어왔으며 최근에는 국내 중공업, 철도차량, 자동차업계 등에서는 이종재료간의 신접합공정으로 서 FSW(Friction Stir Welding)기술의 도입을 적극적으로 검토하고 있는 단계에 와 있다. 알루미늄 선박을 건조할 경우 선박의 품질에 가장 큰 영향을 미치는 것은 용접변형과 용접결함을 들 수 있으며, 다양한 용접방법과 작업방법에 따라 선박의 품질이 결정되므로 이에 대한 충분한 숙지가 중요하다.

용접변형은 합금의 종류, 구조의 형태, 용접방법, 시공방법 등에 따라 그 발생량에 큰 차이가 있음. 이러한 용접변형은 선체의 치수정도를 저하시키고 미관을 나쁘게 하여 선박의 품질에 악영향을 미침. 이로 인해 알루미늄 선체 제작에 있어서 품질향상을 위한 용접변형의 경감법과 효과적인 변형의 교정법 확립이 중요하며, 검사원이 이에 대한 기술지원이 요구되고 있다.

알루미늄합금선박에 관한 설계, 건조 기술개발을 극히 미흡한 상태로서 1980년대 초 타코마 조선소에서 수출요트 수척 건조를 시작으로 육군 공병대에서 교량건설용 보트(일명 BEB :Bridge Erection Boat)를 91년부터 97년까지 매년 50여척 양산하였으나 이후 한진중공업으로 흡수·합병되면서 특수선부문을 영도로 이전하고 수리공장으로 전환하였다.

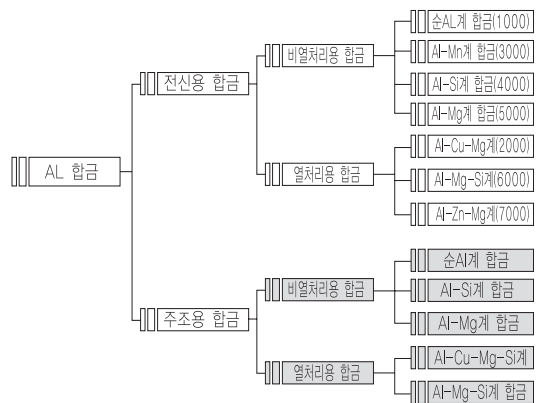
현재 알루미늄선박을 건조경험이 있는 기술자들의 대부분은 1990년대 타코마 조선소에서 알루미늄 경비정과 교량건설용 보트를 건조했던 작업자들로서 그 수가 약 30명에 불과하며 이후 신규물량이 없어 추가 기능 인력과 관련기술이 거의 단절된 실정이다.

이는 현재 국내에 알루미늄선박을 건조하는 용접기술자가 극도로 적음을 것을 의미하므로, 이에 대한 검사원의 대처가 확실해야 하며, 일반적인 강선의 용접공이나 FRP작업자가 알루미늄 용접을 하는 부실공사 발생우려가 높은 것이 현실이다.

알루미늄합금판에 대한 대부분의 생각이 부식과 산화가 되지 않는 것으로 알고 있지만, 사실 알루미늄합금판의 부식과 산화는 강판보다 심각할 수 있으며, 그에 대한 대처를 정확하게 하는 것이 매우 중요하다는 것을 인식해야 한다. 알루미늄의 산화방지 기술은 매우 다양하게 존재하며, 전기를 이용한 방식이나 일반적인 도장기술 등이 있다. 검사 시 이에 대한 대비가 부족한 선박이나 시설에 대하여 검사원은 적절하게 대처할 필요가 있다.

위와 같이 알루미늄합금제가 가지고 있는 특성과 작업의 특성 및 작업자의 특수성·희소성에 의해 알루미늄합금제 선박의 검사는 다른 재질의 선박에 비해 좀더 많은 노력과 세심한 관찰이 요구되어진다 할 수 있다.

4. 알루미늄합금제 분류 및 특징



〈그림 4〉 알루미늄 합금의 분류표

가. A 5083-P-H321의 의미

- 알루미늄 합금 재질기호는 미국의 알루미늄 규격협회(Aluminium Association of American)의 규격에 준하며 그 내용은 다음과 같다.

(1) 첫 번째 기호 A

- 알루미늄(Aluminium)의 첫 글자 A를 딴 것이다.

(2) 두 번째 4 자리 숫자

- 합금의 제조방식으로 전신용(展伸用) 알루미늄 합금으로, 일명 가공용(加工用)알루미늄 합금을 의미한다.

(3) 첫 번째 숫자

- 합금계열의 이름이다.
 - ① 1000계 알루미늄 : 순수한 알루미늄
 - ② 2000계 합금 : Al-Cu(-Mg)계 합금
 - ③ 3000계 합금 : Al-Mn계 합금
 - ④ 4000계 합금 : Al-Si계 합금
 - ⑤ 5000계 합금 : Al-Mg계 합금
 - ⑥ 6000계 합금 : Al-Mg-Si계 합금
 - ⑦ 7000계 합금 : Al-Zn-Mg(-Cu)계 합금

- 따라서 Al-Mg계 합금을 의미한다.

(4) 두 번째 숫자

- 기본합금을 개량한 합금을 나타낸다.
 - 0: 기본합금
 - 1~9 : 합금의 개량형
 - N : 독자적으로 개발한 합금(예 A 6N01)

- 따라서 기본합금을 의미한다.

(5) 세 번째와 네 번째 숫자

- ① 순수한 알루미늄(1000계)의 경우 알루미늄의 순도를 표시하며 소수점 아래

2 자리를 나타낸다.

- 예) A 1080 : Al 99.80% 이상
- A 1100 : Al 99.00% 이상

② 합금계의 경우

옛날에 사용하던 Alcoa 회사의 합금이름을 의미한다.

- 예) A 2025, A 7003, A 6151

- 따라서 A 5083이라하면 옛 Alcoa 회사의 합금이름 83 을 의미한다.

(6) 세 번째 기호

- 재료의 형상기호를 의미한다.

- p: 판(板, Plate), W: 선(線, Wire)
- B: 봉(棒 I Bar), T: 관(管, Tube), 따라서 세 번째기호 -P-는 판을 의미한다.

(7) 네 번째 기호

- 질별 기호를 나타낸다.
- 알루미늄 합금은 열처리, 가공경화를 하면 성질이 크게 변함. 원하는 기계적 성질을 얻기 위하여 열처리, 가공경화 처리를 한 내용을 기호로 나타낸 것을 질별 기호라 한다.

나. 알루미늄의 일반적인 성질

(1) 알루미늄의 제법

- 알루미늄은 원광석인 보크사이트에서 알루미늄을 분리 추출하고 이것을 용융된 빙정석 중에서 전기분해하여 제조한 은백색의 금속이다.

(2) 물리적 성질

- ① 비중 2.7, 융점 659℃, 비열 0.214 kcal/kg ℃, 전기전도율은 동 64% 정도이다.
- ② 경량 질에 비하여 강도가 크다.

- ③ 광선 및 열에 대한 반사율이 극히 크므로 열 차단재로 쓰인다.
- ④ 연하고 가공이 용이하며, Mn, Mg 등을 적당히 가한 것은 주조할 수도 있다.
- ⑤ 용점이 낮아서 내화성이 적고 열팽창이 크다. (철의 2배)

(3) 화학적 성질

- ① 순도가 높은 알루미늄은 공기 중에서 Al₂O₃의 얇은 막이 생겨 내부를 보호한다.
- ② 내산성 및 내알칼리성이 약하여 콘크리트에 접하는 면에는 방식도장을 요한다.
- ③ 전해법에 의하여 알루미늄 표면에 얇게 Al₂O₃층을 부착시킨 것을 알마이트라 하여 산·알칼리에 강하다.(알마이트는 굽히거나 마찰하면 벗겨지므로 건축재료에는 많이 쓰이지 않는다.)

○ 알루미늄 합금: Al에 Mg, Mn, Si, Cu, Zn, Ni 등의 원소를 첨가하여 내식성, 내열성 및 강도를 높인 것으로 주조성을 좋게 한 합금인 주물용 합금과 단조, 압연, 압출, 인발 등의 가공성이 용이한 단련용 합금(내식성 합금, 고력합금, 내열합금)으로 분류된다.

(4) 두랄루민

- 알루미늄에 구리 4%, Mg 0.5%, Mn 0.5%를 첨가하여 제조한 알루미늄 합금으로,
 - ① 보통 온도에서는 균열이 생기고 압연이 잘 되지 않는다.
 - ② 430~470℃에서 용이하게 압연이 잘 되며, 한번 가공한 것은 보통온도나 고온에서 가는 선이나 박판으로 제조된다.
 - ③ 열처리를 하면 재질이 개선되며 경도 및 강도 등이 증대된다.

- ④ 염분이 있는 해수에 부식성이 크다.

다. 알루미늄합금과 다른 선박용 재질과의 물성 비교

〈표 1〉에서 보는 바와 같이 인장강도는 FRP와 STEEL대비 강하고 비중은 FRP보다는 무겁고 STEEL보다는 가볍다. 그러나 아이조드충격강도 값을 비교해보면 오히려 FRP보다 수치가 낮은 것을 알 수 있다.

〈표 1〉 알루미늄합금과 다른 선박용 재질 비교

물 성 항 목	AL ALLOY	FRP		METALS		
		HAND LAY-UP	SMC	MILD STEEL	SUS	TITANIUM (6Al-4V)
유리섬유함량, WT%	~	30	30	~	~	~
굴곡강도(kgf/cm ²)	~	1,400-2,800	1,260-2,100	~	2,110-2,460	~
굴곡탄성율 (×10 ⁵ , kgf/cm ²)	~	0.84-1.26	1.0-1.5	~	19.7	~
인장강도(kgf/cm ²)	4,110	800-1,400	600-1,500	3,060	2,110-2,460	10,500
인장탄성율 (×10 ⁵ , kgf/cm ²)	~	0.9-1.3	1.1-1.8	19.7	19.7	10
인장신율(%)	~	1.8-2.1	0.3-1.5	~	50-60	~
비인장강도		875	611	392	266-311	2,340
비중	2.7	1.4-1.7	2.2	7.8	7.92	4.5
압축강도(kgf/cm ²)	4,110	1,100-1,800	1,500-2,100	2,370	2,400	~
아이조드충격강도 (kgfcm/cm ²)	25	75	30-70	50	1,356	~

5. 제조검사 중 계획 및 가공검사

가. 계획단계에서의 주의 사항

- 설계 시에는 알루미늄합금의 물리적·화학적 특성을 검토하여 설계가 작성되었는지 검토

- 건조공사 방식 및 시공법은 선대, 건조설비, 선대 크레인능력, 건조공정, 건조경험 등이 고려되었는지 검토가 필요하다.
- 블록분할, 조립순서, 주요용접순서는 설계와 현장을 충분히 검토되었는지 확인이 요한다.
- 알루미늄합금 선각 작업, 특히 용접 조립하는 경우에는 필히 옥내에서 작업을 할 수 있도록 계획되었으며, 작업공간이 있는지 확인하도록 한다.
- 각 선박마다 선각시공요령서를 작성해 건조 방식 및 시공법, 블록조립순서 및 주요 용접순서, 조립장소 및 선대를 구체적으로 지시하는 것과 동시에 판접요령, 부재 끝단부 마무리, 주요블록의 조립 요령, 용접요령, 축계공사 요령, 주의 사항에 대해서 숙지하고 있는지 확인한다.

나. 시공단계에서의 검사사항

(1) 알루미늄합금의 재료 취급 주의사항

- 알루미늄 합금 재료는 화학성분 및 기계적성분에 따라 여러 종류가 있으므로 재료 보관 시부터 종류를 명확히 구분해 두어 가공 계획도 혼동되지 않게 표시 해 두었는지 확인한다.
- 재료의 보관 장소가 연기, 침식성가스, 빗물, 해수, 습기 등이 적은 장소에 강 이 아닌 재질의 선반에 보관하고 있는지 확인한다.
- 재료의 표면에 붙은 유지, 토, 철분 등은 용접전, 도장 전에 제거하여야 하며 알루미늄

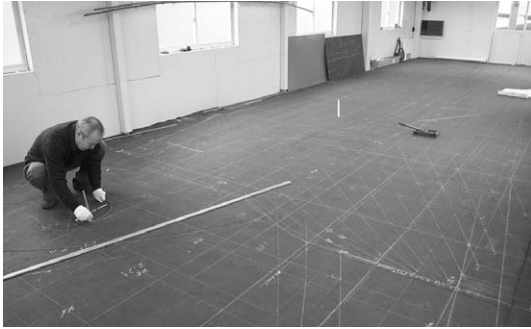
합금 재료는 연강에 비해 열팽창계수가 크기 때문에 습도차이에 의한 팽창 수축에 의한 치수의 변화에 충분히 유의하고 있는지 확인한다.

(2) 건조작업 시 검사사항

- 이종 금속과의 접합부의 접촉부식 방지를 하였는지 확인한다.
- 알루미늄합금 선각은 협소한 장소가 많으므로 시공 전에 용접 자세, 용접 순서, 시공법 등에 충분히 유의하여 좋은 이음새를 얻을 수 있도록 하였는지 확인하고 협소한 장소의 작업부위를 자세히 육안 관찰한다.
- 본 용접 또는 본 용접의 끝단부 돌림용접부에는 균열이 발생하기 쉽기 때문에 특히 진동발생원부근의 본 용접 시에는 충분히 주의해 시공하였는지 확인한다.
- 가능한 블록상태에서 아래의 의장품의 용접을 최대한 완료되도록 설계단계에서부터 충분히 사전 검토하여야 하며, 부착할 위치가 블록조인트부에 있어 부득이하게 탑재 후에 용접해야 할 경우에는 변형의 발생이 최소화되었는지 확인한다.(볼라드, 페어리더, 클리트, 해치, 해치도어, 맨홀코우밍, 파이프관통와셔, 미끄럼방지 스퀘어바, 핸드레일, 스텐션, 보기 파운데이션)

다. 현도검사

- 현도검사는 FRP와 강선과 동일한 검사기법 및 기술을 적용한다.



〈그림 5〉 알루미늄합금선의 현도장

라. 마킹, 가공

(1) 마킹

- 마킹은 알루미늄합금제에 상처를 주지 않기 위해 심출 작업자는 신발은 청결한 것을 착용하고 정반위에서 실시하는지 확인한다.
- 마킹할 재료 표면의 기름은 가솔린, Thinner를 이용해 닦아내고 있는지 확인한다.
- 죽필, 먹줄 등은 가능한 한 가는 것을 사용하여 정밀도의 향상을 유지토록 유도한다.
- 알루미늄합금제에는 강재의 경우에 사용하는 펀치를 이용하면 과대한 상처가 나므로 펀치의 사용을 못하도록 지도한다.

(2) 기계적 절단

- 알루미늄합금제의 절단은 재질을 반드시 확인하고 재료에 적절한 공구와 작업 방법으로 정확하게 실시하고 있는지 확인한다.
- 박판에 있어서는 변형이 쉬우므로 절단 후에 변형을 일으키지 않도록 적당한 방법을 강구하도록 지도한다.
- 절단에는 SHEARING MACHINE, CIRCULAR SAW, SOWING MACHINE,

ROUTER를 사용해야 하며, SAW의 인각은 90°, 상 칼날과 하 칼날의 0.5mm이하로 하여 가능한 한 작은 것을 사용하도록 지도하며, 강재와의 혼용은 금지토록 지도한다.

(3) 아크에 의한 절단

- 아크 절단은 응급적인 순간 이외에는 절대 사용하지 않는지 확인한다.

(4) Hole가공

- 구멍 뚫기에는 정반, 전기드릴, 에어드릴 등을 사용하며 연강과의 공용을 하지 않는지 확인한다.

(5) 판재 곡가공

- 망치질을 할 경우 표면에 상처가 없도록 나무망치, 납망치를 사용하는지 확인해야 하며 만일, 강재망치를 사용 시에는 머리부분에 가죽을 덧대어 표면에 상처가 없도록 지시해야 한다.

(6) 열간가공

- 수압에 의한 힘의 한계는 〈표2〉에 있는 대로이며, 이 표의 수치를 초과하는 경우는 망치질에 의해 곡가공을 하도록 지시한다.
- 다이스를 이용 90°로 절곡 가공하는 경우는 〈표 3〉를 표준으로 하며, 수압프레스에 의한 절곡의 경우 양면에 종이를 덧대거나 하여 상처가 나지 않도록 작업을 하는지 확인한다.
- 열간가공에 있어서 JIS규격 중 가열한계온도는 〈표 4〉와 같으며, 현장에서 알맞게 시공하는지 확인해야 한다.

〈표 2〉 수압프레스에 의한 힘의 한계

재 질	곡률반경
A 5052 P-0	410t
A 5052 P-H34	160t
A 5083 P-0	270t
A 5052 P-H32	175t

〈표 3〉 절곡반경의 기준

재 질	내측곡률반경
A 5052 P-0	1.0t
A 5052 P-H34	2.5t
A 5083 P-0	3.0t
A 5052 P-H32	4.0t

〈표 4〉 가열한계온도(JIS Z3604)

(단위 : °C)

재 질	질별 기호	가열한계온도	
		가열급냉	가열가공
A 5052 A 5083 A 5086	O	400이하	400이하
	H12, H22, H32	300이하	250이하
	H14, H24, H34	300이하	250이하
	H112	350이하	350이하
A 6061	T6	250이하	250이하

(7) 변형 교정

- 가공 공정은 되도록이면 변형이 생기지 않도록 하는 것이 필요하지만, 변형이 생긴 경우 즉시 교정을 하는 것이 바람직하고 변형의 종류와 물건의 형상을 고려하여 롤러, 수압 프레스, 망치질, 가열후 급랭 등 가장 적합한 방법을 이용하고 있는지 확인하여야 한다. (판 두께 4mm이하는 망치질 교정이 효과적이다)

6. 제조검사 중 조립작업 검사

(1) 일반사항

- 지상조립은 옥내에서 작업하는 것을 원칙으로 하고, 옥외작업은 승인을 불가한다.
- 블록 정도 확보를 위해 미리 용접의 수축량을 예상 마킹을 실시하고 블록 조립 완료후 마무리 마킹을 실시하여 절단하는지 확인한다.
- 블록 조립에 있어서 되도록이면 하향용접을 위해 소조립 단계에서 작업이 되도록 하고 불가피한 경우 중조립공정을 만들었는지 확인한다.
- 개구부는 항상 둥근 모양이 되도록 하고 단부에 노치를 남기지 않도록 스무드하게 마무리하였는지 검사한다.
- 개구부 부근의 와서, 코우밍과 그 주위의 조립구조의 용접에 있어서 잔류응력을 충분히 고려하며, 특히 상갑판, 선저부 경사면에 대해서는 신중하게 시공하였는지 검사한다.

(2) 용접 전처리 및 임시보강재 시공법

- 용접할 장소는 도료, 유분, 쓰레기, 그 외 유해한 부착물을 완전히 제거해 깨끗이 하며, 용접 전에는 습기를 완전히 건조시키고 표면의 산화피막을 기계적 혹은 화학적 방법에 의해 완전히 제거하였는지 검사한다.
- 취부용접은 최소한 각장을 얇게 하며 Porosity 등 결함이 발생치 않도록 하였는지 확인한다.
- 취부용접은 모퉁이, 단부, 그 외 강도상 중요개소는 피해서 실시하였는지 확인한다.

- 취부용접 시 생긴 결함은 본용접 전 반드시 제거하였는지 확인한다.
- 모재에 있어서 ARC STRIKE는 피했는지 확인한다.

(3) 용접순서

- 용접에 의한 잔류응력 및 변형을 최소로 하도록 용접순서를 계획하였는지 확인한다.

(4) 변형방지법 검사

- 용접시 변형이 발생할 우려가 있는 경우는 역변형지그 등에 의해 방지하거나 국부적인 변형이 발생했을 경우는 그 이음새의 개선부를 다시 잘라 맞춘 후 재용접하였는지 확인한다.
- 연속용접시에는 후퇴법, 대책법, 비석법을 사용, 변형방지를 도모하고 있는지 확인한다.
- 다층용접 시에는 규정각장을 유지하며 과대각장이 되지 않았는지 확인한다.
- 변형교정시공 : 발생한 변형은 필요에 따라 기계적 방법, 점 가열, 선상가열 등을 이용하며 기계적인 방법으로 교정 시에는 모재 표면에 상처가 없게 하였는지 확인한다.
- 검사 시 변형이 발생한 부위에 대하여서는 아래의 변형교정방법 중 적합하다고 판단되어지는 방법을 선택하여 교정토록 지시한다.

※ 변형교정방법

- 기계적 방법에 의한 교정
 - 해머 타격에 의한 변형교정
 - 프레스, 롤러 등에 의한 변형교정
- 가열급랭법에 의한 변형교정

- 가열급랭에 의한 변형교정의 경우 부재의 성질을 고려해 가열한계온도 이하로 가열하도록 주의하여 시공함.
- 용접에 의한 가열 열로 인한 교정방법으로서로는 주로 TIG용접이 사용됨.

(5) 소조립과 중조립 검사

- 소조립재는 용접 완료후 반드시 변형교정을 하여 정밀도 유지하였는지 확인해야 한다.
- 주기대, 거더 등 중요부재는 역변형을 주는 등의 작업을 통하여 정밀도 확보를 하였는지 확인한다.
- 주기대, 발전기 FOUNDATION 및 주요 보 기류 FOUNDATION은 견고하게 조립지그를 사용하여 형상 확보에 노력하였는지 검사한다.



〈그림 6〉 알루미늄선박의 소조립

(6) 대조립

- 대조립 정반은 기반이 튼튼하여 블록중량을 견딜 수 있도록 하며, 코킹 업을 예상되는 곳에는 구속지그를 설치하여 보관하고 있는지 확인한다.

- 블록의 Turn Over, 운반에 있어서 만약 블록의 변형 또는 손상이 예상되면 미리 임시 보강재를 취부하는 등 필요한 조치를 하도록 지시해야 한다.
- 조립 용접 중에는 정반 지그로 설정된 기준선에 의해 수시 블록형상에 대한 조사를 실시하면서 시공하고 있는지 확인한다.
- 곡블록의 경우 이 조립에 대해서 선형의 정밀도가 정해지므로 곡블록 대각거리를 수시로 체크할 수 있도록 대각으로 실을 치거나 하여 용접시 마다 변형이 있는지 확인해야 하며, 인접 블록과의 조인트부위의 정도가 맞는지도 확인해야 한다.
- 곡블록의 대조립을 완료된 상태에서 Lifting Lug설치상태, 보강재 설치 상태 등을 검사해야 한다.

6. 제조검사 중 용접검사

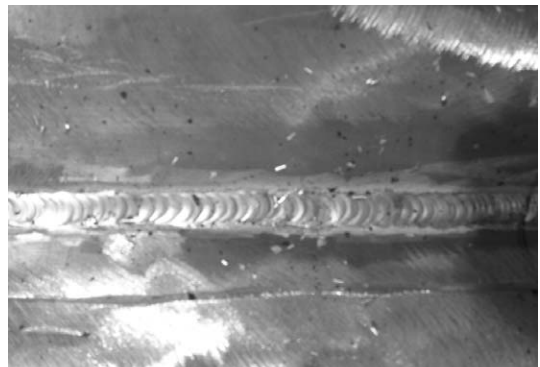
(1) 일반사항

- 선박용 알루미늄합금의 용접결함은 강판과 SUS와 비슷한 형태를 가진다.
- 단, 알루미늄합금은 합금내부의 여러 가지 혼합물이 첨가되어 용접성이 떨어지고, 특히 Mn계의 요소가 합금판의 강도를 상승시키는 반면, 용접성을 떨어뜨리게 되므로 세심한 관찰이 요구되어진다.
- 용접검사는 첫 번째로 용접비드의 육안검사에서부터 시작하여 용접선 내부결함을 RT(방사능투과검사)를 실행함으로써 관찰이 가능하다.

- 아래 사진은 육안검사와 RT검사의 결과를 보고 판정을 하는 방법이다.



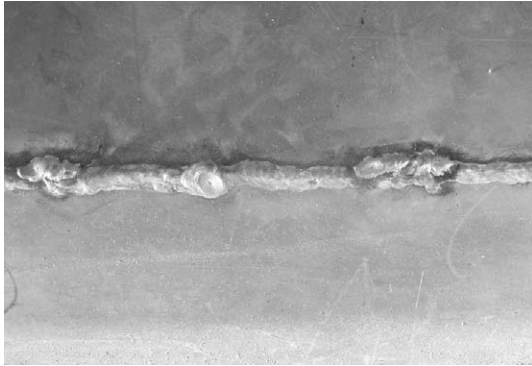
〈그림 7〉 잘 생성된 용접선



〈그림 8〉 용접작업 시 이물질개재가 예상되는 부위



〈그림 9〉 용입부족이 예상되는 용접부위

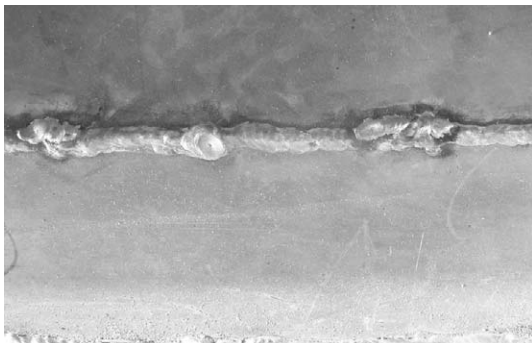


〈그림 10〉 기공결함이 예상되는 용접부위

- RT검사는 공인된 회사의 자격을 갖춘 비파괴검사원이 실시하는 것을 원칙으로 하며, 비파괴검사원이 검사현장에 도착하였을 때 자격여부를 확인하도록 한다.



〈그림 11〉 RT검사 시 필름부착요령



〈그림 12〉 RT검사 시 방사능투과 요령 및 장비

大韓検査技術株式会社
KOREA INSPECTION & ENGINEERING CO., LTD.

RADIOGRAPHIC EXAMINATION REPORT
방사선투과검사보고서

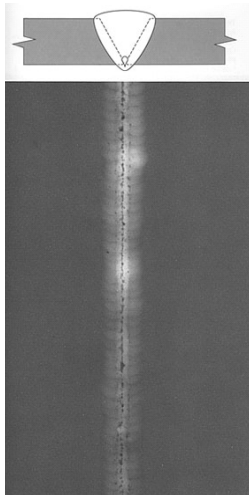
REPORT NO : 06-RT-KS-001
PAGE : 2 OF 2
DATE : 2006 10 26

File Identification No.	File Size	ACCEPT	REJECT	GRADE	Porosity	Slag Incl.	Root Contamty	Root Crease	Melt Through	Crater	Undercut	Crack	Unsharp Incl.	Incomp Penb.	Lack of Fusion	Overout	Distortion	SOURCE CONTACT	Deviation	REMARK
필름식별번호	필름크기	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	비고	
S/L P01	35x12"	V		4	V															10월 29일
S/R P01	"	V		4	V															
B/L P01	"	V		4	V															
P02	"	V		4	V															
B/R P01	"	V		4	V															
P02	"	V		4	V															
K/L P01	"	V		4	V															
P02	"	V		4	V															이물질
P03	"	V		4	V															
P04	"	V		4	V															
P05	"	V		4	V															
P06	"	V		4	V															
P07	"	V		4	V															
***** B L A N K *****																				

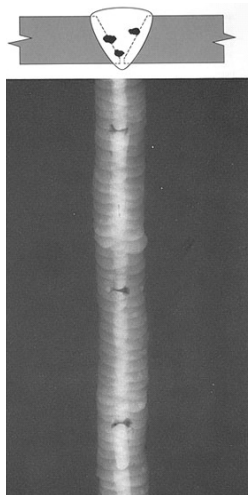
Sketch on line. If necessary or Attached 필요시 선안에 스케치 또는 첨부할 것. TEL: (02)598-2525(REP)

〈그림 13〉 RT 검사보고서(2)

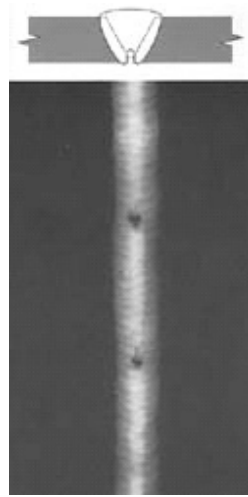
- 위 RT검사보고서를 보면 첫 페이지에는 검사의 조건과 검사방법을 기재하였고, 두 번째 페이지에는 결함여부와 합격·불합격여부를 기재하였다.
- 합격여부를 결정하는 결함여부 중 가장 대표적인 기공, 슬래그개재, 오목, 볼록, 멜트스루, 텅스톤 개재 결함을 살펴보면 아래와 같으며, 이와 같은 결함이 발견될 시 반드시 시정명령을 해야 한다.



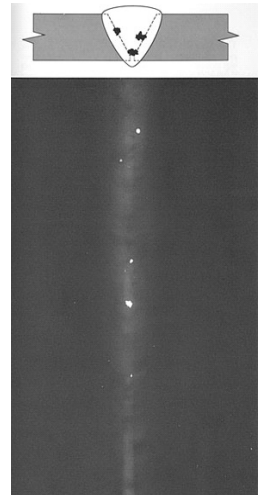
〈그림 14〉 기공결함



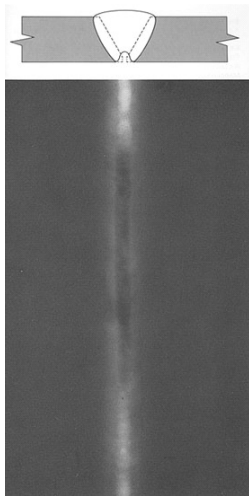
〈그림 15〉 슬래그개재 결함



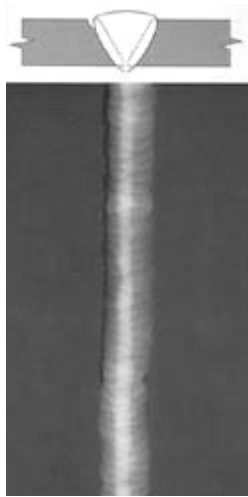
〈그림 18〉 멜트스루 결함



〈그림 19〉 텅스텐개재 결함



〈그림 16〉 오목결함



〈그림 17〉 블록결함

이 모재를 보호하기 때문에 내식성은 우수하나 이온화 경향이 커서 부식 환경 하에서 Fe, Cu, Pb 등과 접촉하면 심하게 부식되고 수은은 ppm 단위만 있어도 심하게 부식된다. 순수 알루미늄은 강도가 낮으므로 각종 원소 (Mn, Si, Mg, Cu, Zn, Cr 등)를 첨가하여 주로 석출 경화에 의한 강도 향상을 도모하여 사용함. 자성이 없으며 일반 탄소강에 비해 열 및 전기 전도도는 약 4 배 정도로 크고, 선팽창계수는 약 2 배 정도 커서 용접성은 많이 떨어지는 재료이다.

(2) 금속의 이온화 경향 순서와 특징

위의 이온화 경향과 같이 알루미늄 전처리 작업 시 Copper가 함유된 전처리 소재를 사용할 경우 이온화 경향이 큰 알루미늄 모재를 부식시키므로 절대 Copper가 함유된 전처리 소재를 사용해서는 안 되며 도료중 아산화동이 함유된 도료는 소재에 직접 접촉되는 하도로서 사용을 금지하도록 지시해야 한다.

7. 제조검사 중 도장검사

가. 일 반

(1) 알루미늄 내식 특성

알루미늄은 PH 4.5~8.5의 환경에서 산화 피막

※ TBT금지협약에 따라 Tin의 대체 물질로써 대부분의 PAINT MAKER에서 현재 아산 화동을 Anti Fouling (A/F)도료의 재료로 많이 쓰이고 있는데 제작사의 의견에 따르면 직접 접촉이 없고 A/C(Anti Corrosive), Sealer coat가 여러 겹 커버하므로 큰 문제가 없다고 하므로 이를 감안하도록 한다.

알루미늄 합금선의 도장은 알루미늄 합금재의 방식방오를 도모하고 미관, 거주성, 작업 능률의 향상을 도모하는 것을 목적으로 한다.

도장은 도막의 부착성이 양호하도록 소지의 깨끗하게 전처리작업을 실시하고 하도 도장에는 방식 도료를 상도 도장에는 방오, 채색, 내유, 내산 등의 도료를 사용하였는지 확인한다.

도료는 부착성 및 강인성이 우수한 도료를 사용하고 금속 면은 도막에 의해 완전하게 덮이지 않으면 안되며, 도막에 핀홀이나 부분 누락부가 발견될 시 해수가 침수해 부식을 일으키므로 지적을 하도록 한다.

나. 전처리

(1) 일반

알루미늄 합금의 전처리는 표면에 부착한 기름, 이물을 없애는 예비세척과 산화 피막을 제거하는 산세척 작업이다.

(2) 예비 세척

소지 표면에 부식 생성을 야기하는 물질은 스테인레스강 제의 와이어브러쉬, 스크래퍼를 이용하여 제거하는 것으로 소지 표면에 유지분이 다량 묻었을 경우 톱밥으로 제거하거나 유기용제의 경

우 증성세제 수용액으로 세척하도록 지시해야 하며, 알루미늄에 인쇄, 제작사 표기 등이 남았을 경우 신너를 이용해 제거토록 지시한다.

(3) 산세척 방법

① 산세척 설비의 요건

알루미늄의 산세척시 사용되는 용제는 인산의 종류로써 강산에 해당된다. 따라서 호흡기로 흡입할 경우 기관지 손상을 일으킬 수 있으며, 피부에 접촉하면 화상을 일으키므로 특별히 주의해서 다루도록 주의를 준다. 해상에 무단투기시 해양오염법에 근거, 처분을 받게 되므로 주의가 요망되며, 우선 산세척설비로는 물을 집수할 수 있도록 빌지웰을 만들어야 하며 빌지웰에 고인 산을 포함한 오물은 집수조로 저장할 수 있는 시설이 있는지 확인해야 한다. 저장탱크의 용량은 물의 소요량이 1톤 선박 건조시 약 2톤의 물이 소요되므로 이점을 감안하여 탱크용량이 적지 않게 여유를 두어 설계하여야 한다. 집수탱크에 고인 물은 중화하여 버려야 하는데 필요한 약제로는 가성소다, 소석회, 황산의 3종이며, 이 약제들은 집수조의 오염 물에 적절히 투입하여 중화하여야 하는데 PH-7이 되도록 하며, 이 물을 배출하도록 지시한다. 그러나 기름이 섞여있으면 이 또한 유류는 분리하여 적격업자(폐기물허가업체)에 의해 폐기물로 처리하여야 한다.

② 산세척 절차

산세척은 최대한 많은 선행의장 작업이 완료된 후에 착수하도록 지시한다. 왜냐하면 알루미늄 용접은 도장면 위에 용접을 할 수가 없으므로 용접을 해야 하며, 그 부분을 사상하여 용접하여야 하는데, 그렇게 되면 나중에 용접이 완료된 후에

도장을 아무리 잘하여도 표시가 나게 되어 외관이 보기 좋지 않기 때문에 되도록이면 용접을 모두 완료한 후에 하도록 하고 부득이 자재입고 지연 등의 사유로 먼저 도장을 해야 하면 용접해야 할 부분을 산세척 완료후 종이테이프(마스킹테이프)로 미리 보호를 하여 도장이 되지 않도록 권유한다.

산은 호흡기 또는 피부에 접촉 시 매우 위험하므로 특별히 주의해서 작업하여야 하며, 먼저 비옷, 장화를 신어 산이 피부에 닿지 않도록 해야 하며 산을 도포하는 작업자는 보호면을 착용, 호흡기를 통해 산의 증기를 유입하지 않는 안전도구를 갖추었는지 확인한다.

인산의 도포 시에는 물과 혼합비를 준수하여 혼합하고 적은 면적이라면 걸레에 약품을 묻혀 작업을 할 수도 있겠지만 넓은 면적인 경우에는 스프레이 도포하여야 한다. 이 때 통은 알루미늄, 스틸 통은 부글부글 끓어 위험하므로 사용을 금하며 플라스틱 또는 FRP 재질이어야 한다. 스프레이 도구의 팁은 산이 부식을 일으키므로 특별히 산에 강한 팁을 사용하도록 권유한다.

산을 도포하는 이유는 산을 이용, 피막을 부식시켜 원래의 알루미늄 표면이 나오도록 하기 위함이며 또한 거칠기를 형성, 부착력을 높이는데 있다. 산의 도포 후에는 약 10분후 바로 물로 세척하여야 하는데, 그 이유는 너무 오래 방치할 경우 부식이 심하여 변색(황색)을 일으킬 수 있기 때문이다. 산세척후에는 알루미늄의 원래 흰 표면이 나타나며 광택이 나므로 산세척 이후에 표면검사가 요구되어진다.

물세척후에 표면이 완전히 건조되도록 Air Blowing하여 충분히 건조시키도록 하고, 알루미

늄은 스틸과 비교, 도장의 부착력이 약하므로 부착력을 높이기 위해 Sand Papering을 하도록 권유한다. 도장전 온도와 습도를 측정하여 도포면 표면온도가 이슬점온도보다 2.7도 이상이어야 하며, 그 이하일 경우 작업을 중단시킨다. 알루미늄 도장 작업장은 비, 바람을 피할 수 있고 필요시에는 햇볕을 쬐 수 있도록 아코디언천막 형태가 작업이 용이하다.

(4) 샌드블라스팅법

알루미늄의 또 다른 전처리방법으로써 모래를 소재로 사용, 고압으로 분사하는 샌드블라스팅 처리법이 있다.

모래는 강모래를 사용하여야 하며 염분이 규정치 이하이어야 한다. 강모래를 사용하려면 우선 모래를 건조기를 이용 충분히 건조시켜야 한다. 모래는 한번 사용하면 입자가 부서져서 가루가 됨으로 재사용할 수 없어서, 광물인 가넷을 쓰기도 하는데 재사용이 가능하나 이 또한 수거가 어려움으로 1회용으로 사용되고 있다. 모래를 건조하기 위한 장치가 없다면 비싸지만 가넷 사용을 권유하는 것이 좋다.

샌드 블라스팅후에는 Air Blowing하여 먼지를 완전히 제거하여야 하며 실내, 탱크내부는 진공청소기를 이용하여 먼지를 제거되었는지 확인한다. 샌드블라스팅후 도장공정은 일반적인 공정과 같다.

(5) 도장

도장 순서는 메이커의 추천사양 또는 설계정보에 의해 작업을 하여야 하며, 매도장마다 도막의 두께를 측정하여 부족하거나 과 초과되지 않도록

관리해야한다. 도막이 부족하면 부식이 우려되고 너무 초과되는 경우에는 도막이 크랙이 생기거나 주름이 생기므로 일반적으로 1회 코팅시 150마이크론 기준이라면 250~300이 넘으면 크랙이 발생의 소지가 있으므로 도막측정기를 이용하여 도막을 측정하고 시정명령을 해야 한다.

일반적인 도장사양은 외판은 A/C 에폭시타입 1회, 실러(sealer)코트1회, 토프리A/F 2회, Topside 우레탄타입 또는 비닐타입, 갑판실 또는 갑판 비닐타입, 내부 거주구 알키드타입, 밸러스트 탱크는 에폭시타입이 주로 사용되고 있다.

알루미늄은 도료의 점도 조절 잘못 또는 기온이 낮을 때 도장 면이 흘러내릴 경우 강선에 대비하여 수정을 위해 그라인더를 사용하면 원래 두께가 얇은데다 사상으로 두께의 손실을 가져오므로 이에 대한 주의 깊은 검사가 요구된다.

8. 결 론

본 연구는 알루미늄합금제 선박에 대한 검사집행에 있어 보다 원활한 통일적 기술적용이 가능하고, 알루미늄합금제 선박의 검사교육 시스템을 구축을 위한 기반구축을 위해 제작되었다.

본 연구를 통하여 알루미늄합금과 이를 이용한 선박에 대한 폭넓은 지식확보를 통한 고객기술지원의 질적향상과 신재료에 대한 신속한 대처를 통하여 미래기술과 재료에 대한 검사대응성 향상을 기대하고 있다.

향후 본 연구결과를 알루미늄(경구조선)선박의 교육자료와 관련법규 등 각종 시설기준의 제정 및 개정 등에 대한 기초자료 및 제조검사 및 감리업무 등의 기술적 지침서제공 및 지속적인 개정이능한 자료로 활용하여 해난사고의 예방에 기여하고자 한다.

참 고 문 헌

- 1) 대한용접학회: 용접 · 접합 편람(1998), 256p
- 2) 코리아타코마조선공업(주) : AI 공정별 작업 지침
- 3) 한국표준협회: KS B 0879-1990
- 4) 일본경금속용접구조협회 : 알루미늄合金 製船殼工作基準(LWS W8101-1981)
- 5) 일본 나미타조선 자료제공 : 2005
- 6) 대한검사기술주식회사 비파괴검사 실적 : 2006
- 7) D.K 마린 건조자료 : 2006

이 논문은 선박검사기술협회 자체연구개발 사업으로 이루어진 것임을 밝힙니다.