

CHEMICAL SHIP의 현장시공 기술소고

장 해 주 <현대중공업, 생산기술개발부 차장>
천 용 갑 <현대중공업, 생산기술개발부 과장>

서 론

Chemical Ship은 일종의 Bulk Carrier로서 Dangerous Chemical을 운송하는 특수 목적의 운송선이다. 즉, 산업의 발달로 국가간의 필요한 물질들, 특히 화학적인 성분의 물질들을 운송시키기 위해서 특별히 제작되어 운송하는 선박으로써 이러한 Chemical Ship의 건조 기술에 대해 일반적인 검토 및 사전 준비 사항과 생산 시공 기술을 중심으로 생산사의 주의점 및 사용 재질의 특성으로 인한 Handling 방법, Cleaning & Passivation 방법에 대해서 살펴보고자 한다.

1. Chemical Ship의 특성

Chemical Ship은 다양한 선적 화물의 분류를 위해 사용 Tank의 구성면에 있어서 크게 3가지 Type으로 분류되고 있다.

FIG. 1은 그 Type별 분류상태를 보이는 것으로서 1971년 Lloyd's Register's Rules로 처음 소개된 이래 1972년 IMO에서 표준 Standard로 채택, 발전되었으며 현재에는 Chemical Tanker의 설계와 그 구조 승인에 있어서 기본적인 국제 규격으로서 위험한 화학물을 운송하는 Bulk의 구성 장비와 구조를 위한 국제적인 분류 Code로 사용된다. (International Bulk Chemical Code-IBC Code)

당 조선소에서 건조하는 Chemical Ship은 IMO의 IBC-Type 2, 3에 해당되는 Cargo로써 Side-Tank 20EA와 Center Tank 7EA로 Total 27EA의 Tank로 구성된 Chemical Ship으로써 Petroleum Product, Animal & Vegetable Oils, Molasses & 기타 화학물을 운반 가능하도록 설계된 선

박이다.

2. CHEMICAL SHIP의 구조와 사용 재질별 고찰

현대적인 Chemical Ship은 선적 화물의 특성으로 인하여 Cargo Hold의 대부분의 Sus 재질의 Plate를 사용하여 구성되고 있다(REF. FIG. 2).

일부 Hold의 Tank가 Mild Steel로 구성되어 Painting으로 시공되어 사용하고도 있으나, 대부분 Sus 304, 316등의 재질로 구성되고 있으며, Hold Tank 전체를 Sus재질로 할 경우 가격 상승의 이유로 Stainless Clad Plate와 Solid Sus로 분류 사용하고 있다.

2.1 Clad Steel의 특성

Clad Steel이란 서로 다른 두 종류 이상의 금속을 결합시킨 것으로서, 강재의 편면 또는 양면에 접하며, 이 경우 강재를 모재(Base Metal)이라 칭하고 접합되는 금속을 합재(Clad Metal)이라 한다.

즉, 탄소강 혹은 저 합금강의 표면(편면 또는 양면)에 Stainless강, 니켈, 티탄 등 내식성, 내열성이 뛰어난 금속을 안정, 압연, 육성 혹은 접합접한 강재를 말한다.

Stainless-Clad강은 가격이 싼 탄소강의 이점과 Stainless강의 내열, 내식성을 이용한 것으로 담수설비 Tank, 식수 Tank, 화학 Plant의 각종 내식성, 내열도 예상 부위에 사용하고 있으며, 이러한 Clad 강 특성을 합금강(Solid) 및 Strip, Lining과 비교하여 살펴보면 표1과 같으며 이러한 이유 이외에도 운반 조건, Lining Plate의 두께, 용접시의 시공 불량 등에 따라 용접부 균열등의 이유로 인하여

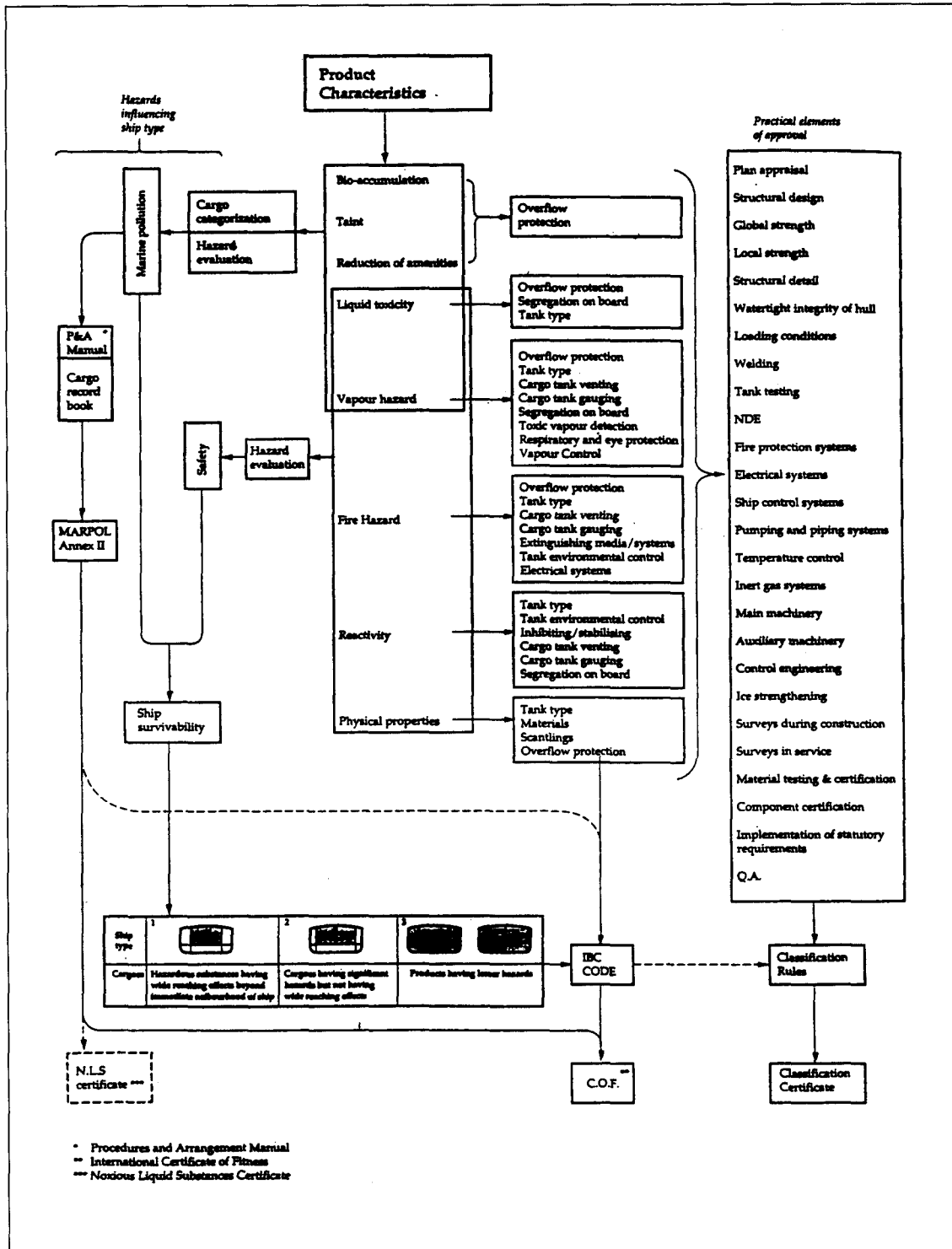


Fig. 1 Influence of chemical cargo characteristics on ship design and certification

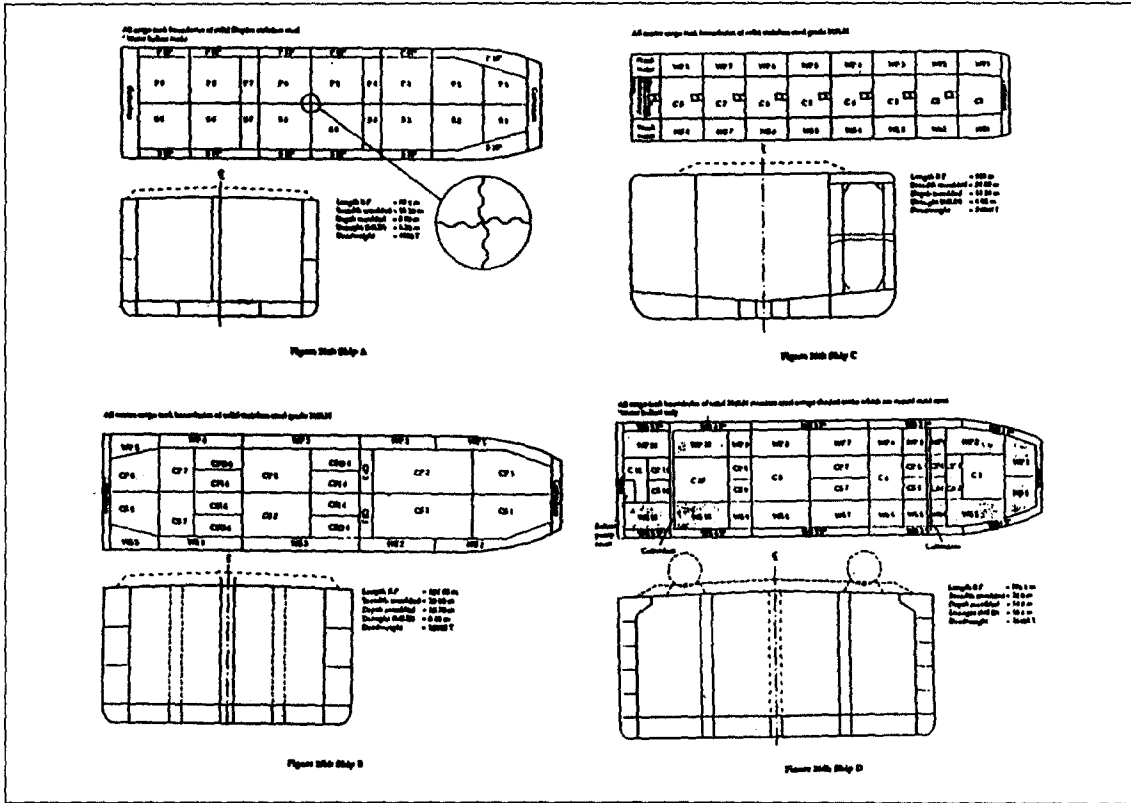


Fig. 2 Modern chemical chip의 개념

Clad Plate가 널리 이용되고 있는 것이다.

Clad Steel의 제조방법에 있어서 일반적으로 알려진 것은 ①열간 압연법, ②주조법, ③용접 육성법, ④폭발 압착법, ⑤직공 납땜법과 같이 5가지 있으나,

〈표 1〉 Clad Plate의 장·단점 분석

장 점	<ul style="list-style-type: none"> ① 합금강보다 싸고 폭이 넓기 때문에 제품 가격을 절감할 수 있다. ② 열전도가 모재에 가깝다. ③ Strip, Lining보다 훨씬 안정성이 있다.
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ① 주문생산에 의하여 생산되므로 비교적 납기가 늦다. ② Clad Metal의 재료에 따라 열간 가공온도가 제한되는 경우가 있다. ③ 후판의 경우 고도의 폭가공을 할 때 모재에 Annealing을 할 필요가 있으므로 이럴 경우 Clad-Metal의 기본 성질을 저하시킬 수 있다.

대량 생산에 적합하고 실제로 많이 채용되고 있는 것은 열간 압연법과 폭발 압착법이다. 이 중 열간 압연법을 대표적으로 소개해 보면, 열간 압연법에는 1매 압연법과 2매 압연법이 있지만 기본적으로 Clad재 및 모재 각각의 소재에서 만들어지는 조립 Plate를 열간 압연하는 것으로 그 양쪽 재질을 단단히 접착시키는 것을 말한다.

최고 가열온도는 합재(Clad)의 사용 재질에 따라 좌우되지만 일반적으로 1,000~1,300°C 정도 된다 (Fig. 참조).

2-2. Clad Steel의 발주시 검토 항목

Clad Steel은 일본, 프랑스, 미국, 이태리, 스웨덴 등에서 생산되고 있으며 일반적으로 Clad 강재 Size는 강재 폭의 변화에 따라 길이도 변하므로 각 Maker의 생산 Capacity에 준하여 적용하는 것이 바람직하다.

또한, 생산 Maker에서 제작 후 공급되기까지 약 3~4개월 정도가 소요되므로 사전 발주시 Schedule

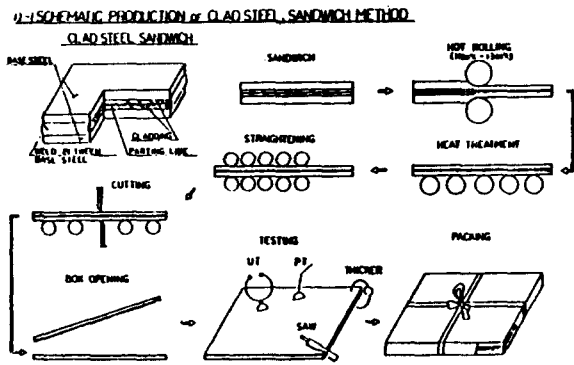


Fig. 3 Clad Plate의 열간 압연 제조방법

관리가 중요하다.

Clad 강재의 재질적인 특성상 Maker에서 생산 완료 후 Packing이 무엇보다 중요하므로 자재 수송 시 부식 방지 및 Handling 대책을 수립하는 것이 Maker로부터 완벽한 자재를 공급 받을 수 있는 방법이라 본다.

2.3 Solid Sus Plate의 특성 및 발주시 검토 항목
Chemical Ship에 Solid Sus는 주로 Tank 격벽

용으로 사용되고 있으며, 사용 재질은 Sus 304LN, 316LN등이 사용되고 있다.

Solid Sus의 발주시 Lead Time은 대략 5~6개월 이상 소요되므로 Clad Plate와 같이 사전 Schedule 관리가 필요하다.

Austenitic Stainless Steel의 특성은 대략 <표 2>와 같다.

3. CLAD와 SOLID Sus Plate의 HANDLINGMETHOD

Clad Plate와 격벽용 Solid Plate는 그 Handling 방법에 있어서 일반 Steel Plate와 달리 별도의 Handling 방법을 강구해야 한다.

일반적으로 Sus 표면 자체에서는 "녹(rust)"이 발생치 않는 것으로 되어 있으나, 이러한 Sus Plate의 제작 가공시 열의 영향, Sus 표면 손상등으로 인하여 녹이 발생하므로 이에 대한 대책 수립 및 사전 Handling 관리가 성공적인 Chemical Ship의 건조를 위해서 무엇보다 우선적으로 준비/관리되어야 한다.

3.1 Handling METHOD의 검토
일반 강재의 Handling에서는 일반적으로 No

구분	종 류	CHEMICAL COMPOSITION 및 특성	주 용 도
오 오 스 테 나 이 트 계	SUS-304	가장 넓은 용도로 사용되며 Ni이 함유되어 있으므로 Cr계보다 내식성, 내열성, 저온강도 있다. 열처리로써 경화되지 않고 자성은 없다.	의료기구/선박용 부품 (H/Cover 방수 Door, Cable) 가정용 가구, 일반 용접용
	SUS-304L	저탄소의 Ni-4강으로써 보통의 상태에서 내식성은 SUS304와 유사하나 용접 혹은 열처리주의 SUS입계 부식에 대한 저항이 큼(입계부식~금속의 입계內에서 부식)(해수에서 내식성이 크다)	약품저장 Tank등의 열처리가 곤란한 부품-건축물 사용 부품
	SUS-304LN	SUS304/SUS304L에 N을 첨가하여 인성의 저하를 억제하며 강도를 증가시킨 - 재료두께 감소효과 중 내입계 부식용도	구조용 강도부문에 내입계 부식 용도로 사용
	SUS-316	내식성이 우수하며 PITT'G에 대한 저항 큼, 가공경화성은 크며 자성은 없다. (* 해수에서는 SUS304보다 SUS316은 재료의 안전성이 있다.)	사진공업, 식품공업, 해안부조의 구조물/합성수지
	SUS-316L	저탄소의 MO함유 Ni-4강으로 SUS-316과 유사성질. 용접후 입계부식에 대한 저항 큼, 자성은 없다. (SUS-316JL은 CU를 첨가한 내유산성이 큼)(해수에서 내식성이 크다)	비료공업, 합성섬유공업, 제지공업
	SUS-316LN	SUS-316L에 N을 첨가하여 인성 저하 억제한 것. 재료두께 감소효과 있음	내식성이 우수한 강도 부분용도 SUS316에 준하여 내입계부식 용임
	SUS-317	SUS-316보다 MO이 높아 내산성(유산)을 향상. 310S와 같이 Stainless강으로는 최고급	염색설비, 잉크제조설비 등

Scratch Clamp 혹은 Magnet-Crane 등을 사용하고 있으나, Clad강은 Clad-Side가 Sus인 비자성체로서 Magnet-Crane으로는 Handling이 불가능하므로 별도의 Handling 방법을 아래와 같이 강구하여야 한다.

- ① Sus제품인 No Scratch Clamp 사용
- ② Vacuum Lifter를 이용한 부재 운반 및 배제.
- ③ Plate Turn-Over시 Sling Band 사용
- ④ Jig 위에서 Clad강 조립시는 Jig를 Sus 재질로 Protection 실시.
- ⑤ 제품 완성후 운반시 Sus Plate 혹은 Wooden으로 Protection 한 반목 사용.
- ⑥ Clad면에는 족장 Piece 및 Lug 우마 Piece=의 사용 최소화
- ⑦ Hold내부의 Clad면과 Touch되는 Welding Holder 및 Steel Pipe 족장 Support는 필히 Sus Plate or Wooden으로 보호하여야 한다. 이를 위해서 Wooden 족장 Support도 고려해 보아야 한다.
- ⑧ 완성된 Block의 Turn-Over시에도 Clad면과 접촉되는 Wire에 대해서 Sus Pipe or Rubber로 보호 조치를 실시한다.
- ⑨ Clad강의 절단 및 용접후 용접부위에 대해서는 Grinding 및 #100~\$120 Mesh의 Polishing 실로 'Fe'가 Clad 표면에 상존하지 않도록 한다.
- ⑩ Clad Plate의 장기 적치시는 Clad와 Clad를 마주보게 적치하고, Clad위에서 작업시에는 표면 보호를 위해 덧신을 신고 작업토록 한다.

등등 일반 Steel Plate를 사용하여 BLOCK을 제작하는 방법과는 달리 특별한 Handling METHOD 및 취급관리지침이 준비되어야 한다.

3.2 가공 및 절단

Chemical선박 건조의 주성분인 Clad Plate와 Sus Plate는 작업을 위한 가공 및 절단에 있어서 냉간가공을 원칙으로 하여야 하며 꼭가공시 표면에 기름이 묻지 않도록 주의하고, 가공 장비의 기름이 묻었을 경우는 가공후 즉시 기름 성분을 제거하여야 하며 가공 시작전에 먼저 가공 장비의 표면을 Sus Brush로 Cleaning하고 털레에 신나를 묻혀서 Sus Plate가 Touch되는 곳의 이 물질을 닦아내므로써 Clad 표면 및 Sus Plate의 표면 오염은 방지되어야 한다.

Clad Plate의 절단에 있어서는 기계 절단이나

Plasma 절단 방법을 사용하며 기계 절단시는 Clad면의 Sus Side를 상면으로, 이 면의 모재 Steel(탄소강)쪽을 하면으로 하여 절단을 실시하여야 한다.

이는 Clad Plate 절단시 하부에 있는 Steel(탄소강)의 'Fe'가루가 Sus Side에 접촉되지 못하도록 하므로써 Sus면을 보호하기 위한 조치다. 또한 Plasms 절단시에도 Clad Plate의 Sus Side쪽부터 절단하고, 절단후 신속히 산화철 제거 및 절단면의 Cleaning을 실시하여야 한다.

3.3 용접 및 GRINDING

Stainless-Clad강의 용접에 있어서 사전 준비 및 주의 사항에 대해서 살펴보면 우선 Clad나 Stainness 작업에 사용되는 개인 공구는 일반 작업과 구별하여 Sus 전용품을 사용하여야 하며 모든 공구는 직접 모재에 닿지 않도록 주의를 기울여야 한다.

특히, 개인 장비로 많이 사용되는 Punch, SCAL 망치, Brush 통은 Sus 제품의 것으로 사용하며 취부와 용접시 연강용 치구가 직접 Clad면에 접촉되지 않도록 작업자의 주의를 필요로 한다.

용접봉은 308L급 이상으로 Semi-Auto의 경우 1.2Φ, 수동일 경우 4.0Φ까지의 피복용접봉을 사용하며 원칙적으로 예열 및 후열은 하지 않는다.

주요 Process는 일반적인 Butt.의 경우 Flaw, Saw 혹은 그 혼합 형식이며 Vertical up Burr. Joint 및 Pipe Welding시에는 ST-308LN 309L, 316L계의 용접봉이 사용되는 Gtaw(Jig Welding)이 적용되고, 경우에 따라서는 Bead Dressing이 부가적으로 실시 될 수 있다.

용접시 개선각은 40° ~ 50°로서 일반강의 용접에 비해 넓고, 저입열을 위하여 세경 용접봉을 사용함으로, Multi-Pass Technique이 적용된다.

일반적인 용접 시공 요령은 Clad 부위에 열영향을 주지 않으면서 Steel Side를 먼저 용접한 후 이번 Backing재 제거 및 Chipping후 나중에 Clad Side를 용접 실시한다.

Clad Plate의 용접 완료 후 Slug 제거시에도 Sus 제품의 공구를 사용하여 Slug 제거하고, Sus 전용의 Grind-Wheli로 용접 Bead의 불규칙적인 골을 없애야 하며 Grinding후에는 Polishing을 실시하여야 한다.

특히, Sus 316LN이 Clad의 재질로 사용된 경우는 Sus 자체에 니켈(Ni) 성분이 함유됨으로 인하여 모재(탄소강)보다 인성이 강하므로 굽힘 Moment를 받을 경우 Clad 자체의 Debonnding 현상이 발생될

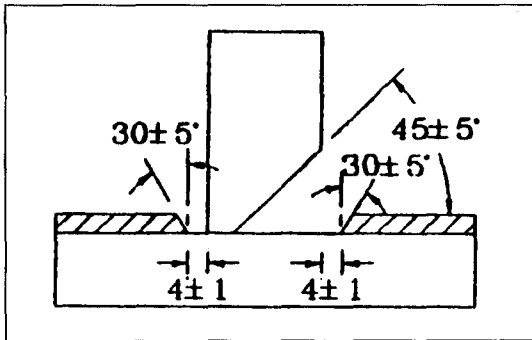


Fig. 4 Clad 강의 Peel-Off 상태

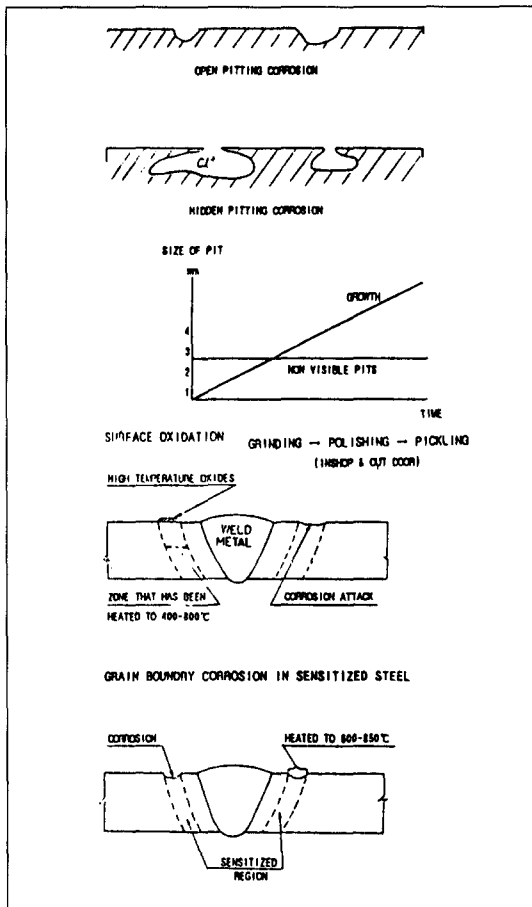


Fig. 5 일반적인 Corrosion 형태와 용접 부식 현상

수 있으므로 Hold격벽과 Tank Top Plate의 용접시 사전에 용접 부위만큼의 Sus를 벗겨내는 Peel-Off 작업을 실시하여야 한다.

Fig. 4은 Sus 316N을 사용한 Clad Plate의

Peel-Off상태를 도식화하여 나타낸 것이다.

Clad Steel의 용접후 Grinding과 Polishing후에는 Sus면이 'Fe'의 오염을 방지키 위해 Vinyl Cover 혹은 Anti-Spartguard라는 수용성 Paint를 칠하므로써 Clad로 조립 생산된 Block의 Out-Door후 Dock 탑재 조립완료시까지 Clad 표면의 Sus 표면 상태를 '녹'이 발생치 않도록 보호되어야 한다.

Anti-Spartguard는 수용성이므로 노천상태에서 비를 맞을 경우 씻겨나가므로 빗물건조후 재차 Painting를 실시하여 Hold Tank를 완전히 조립후 Cleaning을 실시할 때까지 Solid Sus Plate와 Clad Plated의 Sus 표면에 '녹'이 발생치 않도록 보호되어야 한다.

4. HOLD CLEANING METHOD

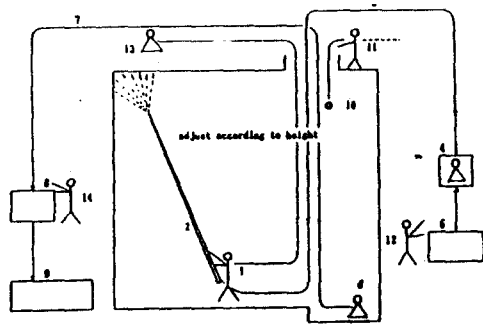
Chemical Tanker의 Hold Tank가 완성된 후에는 Tank Cleaning작업을 실시하여야 하며, 이는 Pre-Cleaning, Final Cleaning, Passivation의 과정을 거치므로써 Stainless Cargo Tank의 제작 과정중 발생된 Sus 표면의 산화철을 제거키 위한 것이며, 이미 Sus 표면에 발생된 부식의 제거 및 Sus 본래의 성질을 회복시키기 위한 일련의 과정이다.

Sus의 표면에 나타나는 '부식(CORROSION)'의 형태를 살펴보면 Fig. 5에 보이는 바와 같이 Open Pitting상태의 Corrosion과 Hidden Pitting Corrosion의 형태로 나타나며, Stainless강의 용접시 용접열에 의해 손상받는 열영향부에 입간부식의 형태로 나타난다.

이는 Sus용접시 600~850℃ 정도의 열영향을 받는 Heated Zone의 결정 입계에 탄화물이 석출되어 입계부근의 크롬이 결핍되는 입간부식이 발생하여 Sus의 본래 성질인 내부식성을 저하시키는 것이다.

이러한 각종 '부식(corrosion)'을 제거하고 Sus 표면 본래의 성질인 내부식성을 갖추도록 행하는 작업 공정으로서 Fig.6에 보이는 바와 같이 일련의 산세 처리 방법이다. 산세 처리 방법에는 Dipping-Type와 Paste Type으로 행할 수 있으나 대형 구조물에는 Paste Type이 사용된다.

이는 사용액을 Sus 표면에 도포하여 적합한 점성을 가지고 Stainless강의 표면을 간단히 연마시킴으로써 산세의 궁극적인 목적인 부동태화 처리를 동시에 행하는 것이다



- Chemical spraying:
1. chemical sprayer
 2. nozzle gun
 3. P.V.C. hose
 4. chemical spraying pump
 5. chemical tank
 10. light
 11. observer: safety check and lighting
 12. chemical controller
 13. air pump for air scrub
- Waste solution treatment:
6. water pump
 7. hose
 8. preparatory tank
 9. final treatment tank
 14. pH adjuster (separator)

Fig. 6 Sketch of cleaning

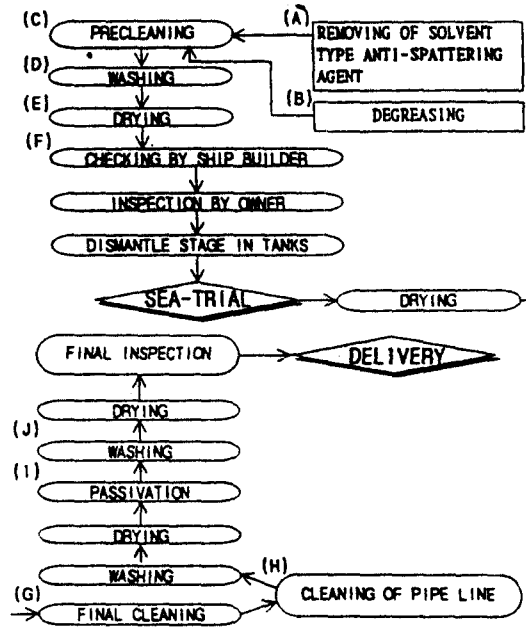


Fig. 7 Cargo tank acid cleaning procedure

Fig. 7은 이러한 Chemical Cargo Tank의 Acid Cleaning의 전체 Procedure를 나타내는 것으로서 각 조선소 실정에 맞게 변경될 수 있으리라 본다.

상기의 산세 작업후에는 Hold내 Sus 표면 자체에 질산의 보호막이 생기므로 일반적으로 Passivation(부동태화)하는 것은 필요치 않으나, 더많은 표면 보호를 위해 Passivation을 실시하는 것이 좋다.

맺음말

이상에서 살펴본 바와 같이 Chemical Ship의 건조에 있어서는 지금까지의 방법이 아닌 특수한 작업 방법과 일련의 준비 과정이 필요하며, 무엇보다도 Chemical Ship의 건조에 있어서 중심 재료인 Clad Steel 및 Sus Sus Plate의 Handling과 철저한 사전 작업관리로 Sus 표면의 부식 발생으로 인한 Re-

pair 작업이 발생치 않도록 사전 유지 관리하는 것이 생산공수 절감을 위한 최적 건조 기술의 한가지 방법이 아닌가 한다.

참고문헌

- [1] 1994년, 'Chemical Ship Working Procedure' 현대중공업 내부 자료
- [2] Lloyd's Register's Rules and Regulations for the classification of ships:(a) part4, Chapter10, Chemical tankers, (g)parts, Chapter2, Material
- [3] 1994년, 'Modern Chemical Tanker' in SNAME Trans Action Vol. 102 pp.325-365.
- [4] 'The Procedure Handbook of arc Welding', Lin Coln Electric.