

# 중소형강선의 건조 현장검사기술 및 적용기준 해설

A Study on the inspection guidance for construction of steel vessel

강병재\* · 이경훈\*  
B. J. Kang · G. H. Lee

**Key Words:** Shipbuilding(건조), Inspection(검사), Rule(규칙), Regulation(기준), Fit up(설치), Welding Process Specification(용접절차시방서), Welding(용접), Welder(용접사), Cast steel(주강품), Non-Destructive Examination(비파괴검사), Guidelines(지침), Consumable for welding(용접소모품), Porosity(기공), Schedule(공정)

## ABSTRACT

중소형강선의 경우 제조검사 기준서의 내용중 그 절차와 세부기준이 없어 주관적인 검사가 이루어질 소지가 있는 부분이 있어, 검사기준별 세부기준이 필요한 항목을 검토·분석, 관련기술 및 표준을 조사하여 객관적인 판단기준을 마련하고자 함. 본 보고서는 그 중 플릭스코어드와이어의 선정에 대한 지침과 주강품의 예열기준, 조립과 용접작업의 표준을 선급규정, IACS추천기준, KS규격, 그 외 표준에 대해서 조사하여 보편 타당한 기준을 제시하고자 한다.

## 1. 서 론

강선의 제조검사의 기준서로는 강선의 선체구조기준, 선박설비기준, 선박기관기준 등이 있으나 그 절차와 세부기준이 없어 검사원의 경험에 따라

판단기준이 달라 주관적인 검사가 이루어질 소지가 있어, 각종 검사기준별 명확한 해석이 필요한 항목을 심도 있게 검토·분석하여 이에 타당한 관련기술 및 표준을 조사하여 강선에 대한 제조검사 지침서로 활용하고, 검사원 경험과 기량에 따라

\* 선박검사기술협회 기술연구소

검사품질과 수준의 편차발생을 줄이고 민원발생의 여지가 있는 부분을 해소하여 강선에 대한 검사품질의 균등화를 확보하고 객관적인 판단기준을 마련하고자 한다.

## 2. 건조공정별 점검사항

### 2-1. 가공공정

#### 1) 강재류 관리

선체에 사용되는 강재류는 재질, 규격, 필요한 표면처리 등을 명기한 자재리스트와 절단계획서에 의해 관리한다. 이러한 자료와 함께 Material No., Plate, Bar 및 형강류의 두께 및 재질, 점식(Pitting) 또는 백점(Flaking)과 같은 표면 결함을 확인한다.

숏프라이머 도장후 Hull no, Block no, 치수, 재질등과 같은 강재정보가 표면에 마킹되어야 하며, 숏프라이머의 Condition은 최소 주1회 확인한다.

#### 2) 마킹 및 절단

절단 정밀도를 관리하며 마킹시 모울드라인(Mold line)의 정확도, 도면정보, 칼라마크의 등급을 확인해야 하며, 절단시에는 슬래그 제거 상태, 노치, Cutting burr등의 결함이 없는지 절단표면의 상태를 확인해야 한다. 곡가공에는 기계적 굽힘과 선상가열법이 있으며 아래와 같은 방법으로 형상화한다.

##### ○ 기계적 굽힘(Mechanical bending)

원통형의 외판은 일반적으로 Template를 사용

하여 유압프레스로 형상화한다. 대부분의 형판(Template table)은 선수와 선미부의 Manual drawing으로 제작한다.

Offset mold는 설계실 데이터에 따라 현도장(Mold loft)에 의해 보완되어야 한다. 작은 곡률을 갖는 것들을 제외한 곡면 프레임은 유압 프레임기를 사용한 역라이너법에 의해 형상화 한다.

##### ○ 선상가열(Line heating)

복합곡면을 갖는 외판은 프레임 토치 또는 기타 가열기기를 사용한 선상가열(Line heating)법에 의하여 최종 형상화된다. 선상가열(Line heating)에 대한 온도 관리는 온도 계측용 분필(Temperature chalk)을 사용한다.

확인사항으로서 곡률의 정확도, 가열순서, 곡면 표면의 결함을 점검하며 만곡부외면은 Template로 점검한다.

### 2-2. 조립공정

#### 1) 소조립(Sub-assembly)

효율적인 작업을 위해, 내부구조물은 블록 조립 전에 이루어져야 한다. 이 공정중 스티프너(Stiffner), 종부재(Longitudinal members)나 유사한 부재들은 판넬의 형태에 어울리게 조립되어야 한다.

용접선은 용접직후 사상 및 청소를 하고 아연 숏프라이머로 붓, 롤러 도장한다.

#### 2) 조립(Assembly)

블록은 탑재전 마지막 단계이므로 선급과 선주 입회하여 검사가 진행된다. 이 검사 중, 수밀 경계 구역(Tight boundary)의 필렛 용접부에 대하여

누설여부를 확인하기 위하여, 공기누설시험(Leakage test)을 한다. 압축 공기를 필렛 용접부 뒷면에 주입해, 비눗물로 누설 부위를 체크한다. 조립장 또는 스톡장소(Stock Area)주위의 작업대는 취부, 용접 및 기타 작업을 하는데 유용하게 이용될 수 있도록 적절한 설비를 갖추어야 한다. 최종마킹(Final marking)을 한 후 탑재를 위한 기준선(Base datum lines)을 마킹한다. 평블록 곡외판은 자동 용접을 하며, 곡이 심한 외판 부위는 반자동 수동 용접을 한다.

선수/선미부와 같은 복잡한 3차원 블록은, B.P.E(Block Process Engineering)에 따라 치수의 보정을 고려하여 블록을 조립한다. 확인사항으로서 절단면의 형상, 치수의 정밀도, 정렬(Alignment), 브래킷(Bracket)끝단의 스칼롭(Scallop), Butt 용접선, 부재와 도면의 일치 여부(collar plate, carling등), Lighting hole, Drain hole, Air hole등의 위치와 크기, 절단에 의한 손상, 절단허용량과 방향, 불필요한 것의 제거 여부, Lap joint의 겹쳐진 길이, 각종 Hole의 반경, Control Line의 정밀도, Block의 정도 등을 점검한다.

## 2-3. 탑재공정

### 1) 탑재/선행탑재(Erection/Pre-Erection)

제작 완료된 블록은 레벨 및 정도점검과 어울려 계획에 따라 dock에서 탑재된다. 또한 선체 의장품과 기기류는 건조 공정과 동시에 설치되며, 진수 후 계속적으로 작업이 이루어진다.

Keel에 평행한 외부 기준선(External reference line)은 도크 바닥에 설정된 기준 판에 표시

하고 이 기준선과 비교하여 선체의 변형에 대해 주기적인 측정과 선체의 치수를 점검한다.

확인사항으로서 나무반목의 위치, 높이 및 경사, 선수미 코킹다운(Cocking-Down)의 양, 각 블록의 중심선(Center line)과 레벨, 블록 연결부 Alignment, 스트롱백과 같은 Temporary piece의 배치, Structure member의 Alignment, 구조적인 불일치사항, 선미블록에 있는 Stern Boss의 중심선, 불필요한 것의 제거 여부, Lap joint의 겹쳐진 길이, 각종 Hole의 반경

Control Line의 정밀도, Block의 정도 등을 점검한다.

### 2) 탱크 시험

탱크 구조물은 선급에 의해 승인된 “탱크 시험 계획”에 따라서 탱크 내부에 압축 공기 또는 물을 채워 수밀(Tightness)과 구조적 강도를 확인하기 위하여 공기(Air Test) 및 수압시험(Hydrostatic Test)을 한다. 구조적 강도를 위한 수압 시험은 2차선 또는 동일한 선종의 후속선 에는 생략할 수 있다. 탱크 경계선의 탑재검사시 완료된 곳에는 용접부에 대한 공기시험(Air Test)전에 아연말 프라이머 코팅을 할 수 있다. 국소부분의 누설현상을 점검하기 위해, Butt 또는 Fillet weld joint에 Vacuum Test를 실시한다. 누설은 비눗물을 누설 부위에 뿌려 확인한다.

탱크 시험전, 불필요한 Piece는 제거되어야 하며 시험과 관련된 관통 피스나 관통관은 탱크시험전에 작업이 완료되어야 한다. 족장용 피스는 선박의 기능에 방해되지 않으면 그대로 둔다.

### 3) 임시 작업용 개구부(Temporary access opening)

통행용, 배관용, 배선용 또는 좋은 작업 환경을 확보하기 위한 통풍용 Temporary access opening은 선체 건조중 필요하며 외판, 갑판, 격벽(Bulkhead), 이중저(Double Bottom)에 시공할 수 있다. 개구(Opening)의 형상과 메공방법은 조선소 기준에 따른다.

## 2-4. 용접공정(Welding process)

용접부에서의 우수한 품질 확보를 위하여 신뢰할 수 있는 작업과 절차 등 모든 노력을 하여야 한다.

### 1) 용접전 준비

용접될 모든 부재는 정밀하게 취부 하여야 한다. 용접면 개선, 개선 각과 늑간판(Intercoatal plates) 및 취부재(Fitting angle)의 Alignment는 품질표준서(Quality Standard)와 용접절차서의 범위 내에 유지되어야 한다. 용접될 표면은 습기가 없고, Mill scale과 과도한 녹 또는 페인트가 없어야 한다. 가용접(Talk welding)은 Fit-up작업후 실시한다.

용접봉과 관련 세부사항은 용접절차서(Welding procedure)에 따른다.

### 2) 용접(Welding)

위 준비사항을 확인한 후, 용접변형과 잔류응력을 최소화하기 위하여 용접시방절차서(WPS)에 따라 용접을 실시한다.

## 2-5. 용접부의 검사

### 1) 육안검사(Visual Inspection)

육안검사는 모든 용접부에 대해 검사하고 발견된 결함은 수정한다.

### 2) 비파괴검사(Non-Destructive Examination)

선체 중앙 0.6L에 있는 강력갑판(Strength deck plates), 선저외판과 측외판(Bottom and Shell plates)은 방사선시험(RT) 또는 초음파탐상시험(UT)으로 검사한다. 또한, 자분탐상시험(MT), 안료침투시험(PT)을 실시할 수도 있다.

검사결과는 관련규정에 의해 판정된다.

### 3) 변형의 제거

과도한 변형부위는 가열, 압연 및 곡직작업 등으로 제거한다.

## 2-6 의장

### 1) 선행의장작업

선행 의장 작업은 선체블록의 조립 작업과 병행하여 이루어진다.

파이프, Support, Duct, Cable Way 및 계장 설비와 같은 의장품들은 가능한 조립 단계에서 설치한다.

### 2) 탑재단계에서의 의장작업

일반적으로, 기기류와 전장 장비 등의 설치와 의장 작업은 선대 또는 도크내의 탑재 작업과 함께 병행하여 실시한다.

### 3) Unit조립(Unit assembly)

보기류는 일반적으로 Seat, Bed, 파이프, 밸브 등과 함께 공장에서 적절한 Unit로 조립 후 선박에 설치된다. 설치후 필요시 보기류의 Centering을 점검한다.

### 4) 선실 의장 작업

배관류(Piping), 통풍로(Ducting) 및 전로(Cable Way)등의 의장품들은 가능한 블록 조립 단계에서 작업한다.

의장작업과 관련하여, 블록 내에서 취부된 배관의 수압 또는 누설시험(Water Flooding Test)은 각 블록에서 개별적으로 수행할 수도 있으며, 연결부위는 모든 설치가 완결된 후에 Onboard에서 점검한다.

### 5) 의장품의 아연도금

아연 도금된 표면들은 매끄러워야하고 표면 얼룩과 같은 뚜렷한 결함이 없어야 한다.

### 6) 갑판 기기(Deck Machinery : Windlass & Mooring Winch)

- Winch & Windlass는 제작사 기준에 따라 설치한다.
- 일반적으로 Resin Chock, Steel Liner는 갑판기기(Deck Machinery)의 설치용으로 사용된다. 거치 보울트(Holding Down Bolt)의 조임 상태는 조선소 절차에 따라 점검한다.
- Anchor & Chain 식별 및 Shot Marks는 Onboard설치 전 확인되어야 한다.
- Onboard설치후 검사절차에 따라 작동 시험을 실시한다.

- Windlass의 Anchor Test는 해상 시운전시 실시되고, Mooring Winch는 무부하 운전 하에서 점검한다.

### 7) 해치 코밍(Hatch Coaming) & 커버(Cover)

#### ○ Hatch Cover

- 제작공장에서 제작검사를 실시한다.
- Weather Tightness Test
- Onboard에 설치 완료후, 아래와 같이 Hose test를 실시한다.
  - Hose압력 : 2.1 kg/cm<sup>2</sup>이상
  - Shooting거리 : 1.5m 이하
  - Hatch Coaming내부 족장과 무관하게 상기 검사를 실시한다.
- 작동시험
  - 검사절차에 따라 작동시험을 실시한다.
  - 비상 운전 시험(Emergency Operation Test)은 Portable Hand Pump로 1set의 Hatch Cover에 실시한다.

#### ○ Hatch coaming

- Onboard 설치후, 육안검사 및 치수 체크를 한다.

## 3. 용접품질관리

용접기술은 선박, 플랜트, 교량, 철골 건축물 등의 대형구조물에서부터 자동차, 철도차량, 항공기 등의 수송기계와 프레스, 굴착기 등의 산업기계 그리고 냉장고, 컴퓨터 등의 전기, 전자 제품과 부품들에 이르기까지 거의 모든 산업분야와 기기의 제작 및 유지·관리에 이르기까지 거의 모든 산업분야와 기기의 제작 및 유지·관리에 사용되고

있다. 용접기술은 성형, 체결, 절단, 표면개질 등 생산기술의 모든 방법을 포함하고 있는 기술로서 기계, 금속, 전기, 전자, 화학분야의 지식이 복합적으로 활용되고 있는 총체적 기술 분야이다. 그러나 용접기술 자체로 품질이 만들어지는 것보다는 제작과정 중의 제조기술 특성을 갖는 것이 일반적이다. 이 때문에 용접관련시공 및 관리시스템을 소홀히 생각하거나 기능 위주로 잘못 생각하기 쉽다.

용접시공 및 관리시스템은 용접기술을 이용하는 제조 산업에서 규정이나 규격, 설계, 또는 사용자 요구사항 등으로 정해진 여러 가지 성능을 만족시킬 수 있는 제품을 가장 경제적으로 생산하기 위한 시스템 중의 하나로서 용접구조물이나 용접물 제작시 가장 중요한 역할을 하는 시스템인 것이다. 즉, 용접시공 및 관리시스템은 설계, 생산 및 검사까지의 각 공정을 유기적으로 연계하여 최소의 비용으로 필요한 품질을 갖춘 용접부를 생산하기 위한 체계를 뜻하며, 용접구조물 전체의 신뢰성을 좌우하는 중요한 시스템이다.

### 3-1. 조선공업에서의 주요용접법

#### 1) 피복아크용접법(SMAW, Shield Metal Arc Welding)

아크용접법 중 가장 먼저 개발된 용접법으로 현재까지 가장 보편적으로 사용되는 용접방법이다. SMAW용접은 심선에 피복체를 입힌 전극봉과 모재 사이에서 아크를 일으켜 용접하는 방법이다. SMAW는 연강, 저합금강, 스테인레스강, 주철 등의 용접에 널리 사용되며 용접구조물의 두께나 용접자세에도 특별한 제약이 없으므로 조선, 교량,

건축, 중공업 분야 등에 널리 사용되어 왔으나 최근 들어 용접작업의 자동화 추세에 따라 점차 그 사용량이 급감하고 있는 추세이다.

#### 2) 가스메탈아크용접(GMAW, Gas Metal Arc Welding)

별도의 차폐가스를 사용하면서 소모전극와이어를 연속적으로 송급하고, 그 선단에서 아크가 발생하도록 하여 용적이 용융지로 이행하도록 하는 용접법이다. 연속적으로 송급되는 와이어가 아크의 높은 열에 의해 용융되어 아크 기둥을 거쳐 용융지로 이행하게 되며 용융부위는 가스노즐을 통하여 공급되는 차폐가스에 의해 주위의 대기로부터 보호된다. 이 용접법은 차폐가스의 종류에 따라 크게 세 종류로 분류된다. 즉 Ar과 같은 불활성가스를 사용하는 것을 MIG(Metal Inert Gas) 용접이라고 하고, 순수한 탄산가스만을 사용하는 것을 CO<sub>2</sub>용접이라고 한다. 그리고 CO<sub>2</sub>와 Ar가스가 혼합된 가스를 사용하는 것을 MAG(Metal Active Gas)용접이라고 한다.

#### 3) 가스텅스텐아크용접(GTAW, Gas Tungsten Arc Welding)

1차 세계대전 후 개발된 용접법으로 2차 세계대전 중항공기 제작을 위하여 본격적으로 사용되기 시작하였다. 이 용접은 Ar, He 등과 같은 불활성가스를 차폐가스로 사용하면서 비소모성전극인 텅스텐 전극과 모재 사이에서 발생시킨 아크열로 모재를 용융시켜 접합하는 방법을 말한다. 용가재를 공급하여 모재와 함께 용융시키기도 한다. 이 용접법은 모든 용접자세에서 적용할 수 있으며 아크가 매우 안정되고 용접부 품질이 우수하므로 산

화나 질화 등에 민감한 재질의 용접이나 피복아크 용접을 적용하기 곤란한 경우에 사용된다.

#### 4) 플럭스코어드 아크용접(FCAW, Flux Cored Arc Welding)

후프 또는 파이프와 같은 외피금속의 내부에 가스 발생제, 탈산제, 아크 안정제, 슬래그 형성제 등의 플럭스를 충전 시킨 플럭스 코어드 와이어나 플럭스 코어드 용접봉을 사용하는 아크용접을 말한다. 용융 금속과 아크를 대기의 영향으로부터 보호하기 위한 가스의 발생원을 내장 플럭스의 연소가스에만 의존하는 방법과 별도의 가스(주로 탄산가스)를 추가로 사용하는 방법이 있다. 곤란한 경우에 사용된다.

#### 5) 서브머지드 아크용접(SAW, Submerged Arc Welding)

일명 잠호용접 이라고도 하며, 용접선의 전방에 입상의 플럭스를 미리 산포하고 그 속에 용접와이어를 자동으로 송급하여 와이어 선단과 모재 사이에 아크를 발생시켜 아크열로 용접하는 방법을 말한다. 플럭스는 아크열에 의해 용융하여 슬래그로 되면 용융금속을 덮어 대기를 차단함과 동시에 용융금속과 반응하고 용융금속이 응고할 때에는 비드의 형상을 조정한다. 이 용접법은 대전류 및 다전극용접을 할 수 있으므로 용착속도가 빠르고 용입이 깊은 고능률용접이 가능하다. 그러나 용접자 세에는 제한이 따른다.

#### 6) 스테드 용접(저항용접)

볼트, 환봉 등을 모재에 세운 상태에서 용접하는 방법을 총칭하는 것으로, 엄밀하게는 아크스터드용접(Arc stud welding)과 저항스터드용접

(Resistance stud welding)으로 구분된다. 그러나 일반적으로 아크스터드용접의 의미로 사용되는 경우가 많다. 조선에서는 블록에서 인슐레이션이 마무리되는 경우 블록조립시 선행의장작업으로서 인슐레이션핀을 용접하기도 하지만 대부분 블록탑재후 인슐레이션핀을 용접하는 경우가 많은데 용접될 부분이 페인트가 되어 있는 경우 용접성이 상당히 떨어지기 때문에 그라인더로 페인트를 제거후 용접해야 한다.

### 3-2. 용접절차시방서(WELDING PROCEDURE SPECIFICATION, WPS)

용접은 ISO 9000 시리즈에서도 생산품에 대한 시험과 검사만으로는 품질을 보증할 수 없는 특수 규정으로 되어있다. 용접품질을 보증하기 위해서는 용접시공 전에 공장 인증과 용접기능사의 기량 및 용접절차를 확인해야 한다. 미국의 ASME CODE나 European Standard EN 289, ISO 9956 등의 규정을 소개하면 다음과 같다.

#### 1) 공장인증

용접을 수행하고자 하는 공장은 용접에 필요한 적절한 장비와 공정을 갖추고 있어야 한다. 용접 공장이 갖추어야 하는 장비들은 다음과 같다.

- 우천 시 공장과 조립을 위한 장비, 용가재와 보조재를 위한 저장 및 건조장소
- 조립과 운송을 할 수 있는 리프트(lift)
- 용접관련 절단장비
- 용접관련 절단용 지그
- 예열 및 후열처리 장비
- 노재와 용접부를 시험하기 위한 시험장비

## 2) 용접절차 시방서

용접에 사용되는 데이터를 제시하는 서류를 용접절차 시방서(Welding Process Specification, WPS)라 하며 WPS에 포함되어야 하는 내용들은 다음과 같다.

가. 제작자 관련사항 : 제작자 신원사항, WPS의 번호

나. 모재 관련사항 : 모재의 규격, 치수, 형상  
다. 공통사항

- 용접법
- 이음부 형상
- 용접자세
- 그루브 가공 방법 및 상태
- 용접방법 : 위빙 유무 등
- 이면 가우징 : 유무 및 방법
- 받침 : 방법 및 재질과 크기 등
- 용가재 종류 : 규격, 제작자, 상품명 등
- 용가재 치수 : 지름, 폭 등
- 용가재와 플럭스의 취급방법
- 전기적 용접변수 : 전류, 전압, 극성, 펄스 조건 등
- 기계 용접조건 : 용접속도, 와이어 송급속도
- 예열조건
- 패스간 온도
- 후열처리 조건

라. 용접법별 필요사항

- 피복 아크 용접법(SMAW)
  - 용접봉 단위 길이당 용접선 길이
- 서브머지드 아크용접(SAW)
  - 다중 전극의 경우 전극의 형상 및 개수와 전류연결방법

• 와이어 돌출길이 : 전극팁과 모재 사이의 거리

- 플럭스 규격과 상품명
- 추가 용가재

○ 보호가스 금속 아크 용접법

- 보호가스의 유량과 노즐 지름
- 전극 와이어의 개수
- 와이어 송급속도
- 추가 용가재

• 와이어 돌출 길이 : 접촉 팁과 모재 사이의 거리

○ 보호가스 텅스텐 아크 용접법

- 텅스텐 전극의 종류와 지름
- 보호가스의 종류와 유량 및 노즐 지름

○ 플라즈마 아크 용접법

- 플라즈마 가스조건 : 종류, 노즐 지름, 유량
- 토치 종류
- 플라즈마 전류
- 접촉 팁과 모재 사이의 거리

용접절차 시방서에 주어진 조건들은 용접절차 확인 기록서의 조건들을 근거로 결정되어야 하며, 현장 편의를 위하여 과도하게 넓은 범위의 값들로 주어지지 않는 안 된다.

## 4. 비규정항목의 적용기준 검토

강선의 선체구조기준에는 피복아크용접(SMAW)기준이며, 그 외 플럭스코어드아크용접(FCAW)등에 대해서는 해양수산부장관이 인정하는 바에 따르는 것으로 되어 있다. 그러나 대형조선소 뿐만 아니라 중소형조선소에서도 이미 플럭



스코어드아아크용접법이 일반화 되어 있어 그 중 대해서 국제표준, 선급규칙, KS규격에 대해서 살 FCAW용접 와이어 선정기준과 주강품의 용접에 펴보기로 한다.

1) 강재 강도 및 용접봉 적용

(표-1) 강재 및 용접재료 적용기준

강재구분	용접재료	연강(50kg/mm급)			고장력강(50kg/mm급)		
		A	B-D	E	AH	DH	EH
		1	2	3	1Y	2Y	3Y
연강	A	1,2,3 1Y,2Y,3Y	1,2,3 1Y,2Y,3Y	1,2,3 1Y,2Y,3Y	1,2,3 1Y,2Y,3Y	1,2,3 1Y,2Y,3Y	1,2,3 1Y,2Y,3Y
	B-D	-	2,3 1Y,2Y,3Y	2,3 1Y,2Y,3Y	2,3 1Y,2Y,3Y	2,3 1Y,2Y,3Y	2,3 1Y,2Y,3Y
	E	-	-	3 1Y,2Y,3Y	3 1Y,2Y,3Y	3 1Y,2Y,3Y	3 1Y,2Y,3Y
고장력강	AH	-	-	-	1Y,2Y,3Y	1Y,2Y,3Y	1Y,2Y,3Y
	DH	-	-	-	-	2Y,3Y	2Y,3Y
	EH	-	-	-	-	-	3Y

자료 : IACS REG.

(표- 2) 강재등급별 용착금속의 기계적성질

GRADE	구분	인장강도 (kg/mm <sup>2</sup> )	항복점 (kg/mm <sup>2</sup> )	연신율 (%)	충격치 (kg/m)	용접봉 적용
연강 (Mild Steel)	A	41-50	24	21이상		1,2 OR 3
	B	41-50	24	21이상		2 OR 3
	D	41-50	24	21이상	-20℃ 2.8	2 OR 3
	E	41-50	24	21이상	-40℃ 2.8	3
고장력강 (High tensile Steel)	AH 32	48-60	32	19이상		I, II OR III
	AH 36	50-63	36	19이상		I, II OR III
	DH 32	48-60	32	19이상	-20℃ 3.5	I, II OR III
	DH 36	50-63	36	19이상	-20℃ 3.5	I, II OR III
	EH 32	48-60	32	19이상	-40℃ 3.5	III
	EH 36	50-63	36	19이상	-40℃ 3.5	III

자료 : IACS REG.

일반적으로 대부분의 선급 및 IACS기준에 따르면 재질 및 강도가 서로 다른 모재의 용접시 하위 GRADE의 용접재료를 사용 가능하다고 되어 있으며 단지 독일선급(G.L)의 경우만 예외적으로 다른 모재의 용접시 상위GRADE 용접재료를 적용하도록 되어 있음. 따라서 특별한 재질이 아니면 하위GRADE의 용접재료를 써도 무방하다고 판단 됨.

## 2) 주강의 예열

주강은 용융점이 높고 냉각시 수축량이 크다는 주강 고유의 특성으로 인하여 다른 금속에 비해 주조 시에 결함이 발생하기 쉽고, 설계나 주조방법의 적정성에 아주 민감하다. 따라서 이들 특성을 잘 고려하여야 주강의 용접작업을 성공적으로 수행할 수 있다. 주강의 대표적인 특성으로는 유동성이 나쁘고, 주강은 주철에 비하여 주조시의 수축량이 훨씬 크므로 균열 등이 발생하기 쉽다.

또, 고온 인장강도가 낮으며, 주강 표피 면은 탈탄층이 존재하고 표피 부근은 일반적으로 건전하다. 따라서 열처리는 기계가공 전에 하는 것이 균열이 적게 발생하고, 용접은 표피 면에 직접 하도록 설계하는 것이 바람직하다.

선박용 주강(CASTING STEEL)은 PLATE를 용접해서 만들기 어려운 것과 같은 복잡한 구조의 제작에 사용된다. 선체용으로는 구체적으로 Rudder, Propeller, Blade, Stern Boss, Propeller Shaft, Bell Mouth, Entry Guide, Chain Cable, Anchor, Anchor Shackle, Panama Chock 등에 사용되어 지고 있다.

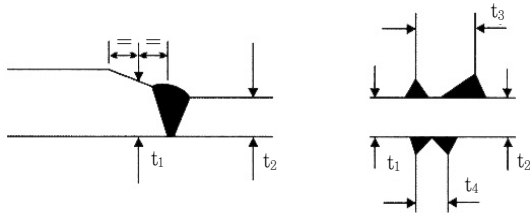
## ○ CASTING 부의 관리 POINT

- 용접할 부위의 녹 및 이 물질을 그라인딩, 브러쉬로 제거한다.
- 온도 체크용 TEMPIL STICK이나 디지털계 이지를 준비한다.
- WPS를 부착하고 요구되는 예열을 실시한다.
- 예열 목적 : 용접부의 냉각속도를 느리게 하므로 용접부의 경화조직 생성을 억제하여 수소의 방출을 좋게 하기 위함
- 가접용 용접 시에도 반드시 예열을 하여야 한다.
- 용접부의 75mm정도를 예열한다. 또한 용접중에도 항상 [표-3]과 같이 온도가 유지되도록 하여야 한다.
- 가접부의 용접 길이는 최소 500mm 이상으로 하고, 가접부의 중심 간격이 250~300mm 되도록 한다.
- 용접 재료는 2Y급 이상으로 선급 승인이 된 재료를 사용해야 함.
- 피복봉을 사용할 경우에는 저수소계 용접봉을 필히 건조하여 사용
- 건조된 용접봉은 DRY OVEN을 이용하되 대기온도 이상이 되어야 함
- 예열이 적정온도 이상이 됐을 때 곧바로 용접을 실시한다.
- SHORT BEAD 및 ARC STRIKE를 내지 않도록 주의하여 용접한다.
- 용접비드의 폭이 20mm이상 되지 않도록 한다.
- 작업 완료 후에는 각종 NDT(UT, MT, PT) 실시

(표-3) 주강의 최소예열온도

탄소당량 <sup>1)</sup>	최소예열온도(°C)		
	$t_{comb} \leq 50mm$ <sup>2)</sup>	$50mm < t_{comb} \leq 70mm$	$t_{comb} > 70mm$
$Ceq \leq 0.39$	-	-	-
$Ceq \leq 0.41$	-	-	-
$Ceq \leq 0.43$	-	50	100
$Ceq \leq 0.45$	50	100	125
$Ceq \leq 0.47$	100	125	150
$Ceq \leq 0.50$	125	150	175

자료 : IACS(No.47 Shipbuilding and Repair Quality Standard)



(그림- 1) 주강의 두께의 합

### 3) ARC STRIKE

ARC STRIKE는 철판의 표면에 용접 스파크에 의하여 발생되는 용접결함을 말하는 것으로 강재 표면이 응력을 받아 취약하게 되어 배의 운항 년수가 증가함에 따라 철판의 표면에 크랙이 발생할 수 있다.

- 발생 원인 : 용접케이블의 파손이나 용접 홀더의 관리 잘못으로 부재 표면에 스파크를 일으킴으로써 발생

### ○ 수정방법

- 응력을 많이 받는 고장력강과 E등급 연강
- ARC STRIKE위에 50mm이상 용접 시공
- ARC STRIKE부위를 350~650°C 후열 처리
- 그라인딩으로 제거

## 5. 결 론

최근 2004. 6. 3. “유조선 제1아시아호 침몰사건” 재결서는 선체의 개조시 부실한 임시검사를 사고원인이라 하여 그에 따른 대책으로서 검사전 사전협의와 수리부위를 반드시 확인하고 외판, 이중저, 수밀격벽 등을 교체 또는 수리한 경우에는 “선박검사관련법령적용에관한질의회신” 붙임3에 의한 압력시험을 실시하고 그 결과를 검사보고서에 기록 유지하도록 하였다.

그러나 수리부위 확인시 절차와 압력시험전 사전점검 사항 등의 세부기준이 없어 주관적인 판단에 의한 검사가 이루어 질 가능성이 높은 실정이다. 따라서 본 보고서는 건조과정중 선체부분의 주요관리사항을 대상으로 각종 검사기준별 명확한 해석이 필요한 항목을 표준 등을 검토·분석하여 제조검사지침서로 활용하고자 하였다.

이는 선박의 구조와 강도, 설비등과 관련하여 선원, 승객의 인명과 재산 보호하며, 객관적인 판단기준에 의한 검사집행과 민원인에게 설명자료로 활용함으로 질 높은 기술서비스를 제공하고 민원인에게 검사판정에 따른 오해의 소지를 해소하며, 기대효과로써 다양한 분야의 경험을 가진 전

$$1) Ceq(\text{탄소당량}) = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \quad (\%)$$

$$2) \text{두께의 합 } t_{comb} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

문검사원의 고유기술이 집약된 자료로 개발하여 우리협회의 지식관리시스템의 기초 기반을 구축하고 현장검사기술자료의 지속적인 의견개진, 추가보완작업을 통해 관련법규 등 각종 시설기준의 제·개정 기초자료, 중소형조선소의 선박건조·보수 품질표준을 위한 주요참고자료, 제조검사 및 감리업무 등을 위해 완성된 기술지침서로서 활용되기를 바란다.

## 참고문헌

1. IACS NO.47 “Shipbuilding and Repair Quality Standard”
2. IACS “Bulk Carriers—Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull structure”
3. TSCF “Guidelines for the inspection and maintenance of double hull tanker structure”
4. TSCF “Guidance manual for the inspection and condition assessment of tanker structure”
5. IACS UR W7 “Hull and machinery steel forgings”
6. IACS UR W8 “Hull and machinery steel castings”
7. IACS UR W11 “Normal and higher strength hull structure steel”
8. IACS UR W13 “Allowable under thickness tolerances of steel plate and wide flats”
9. IACS UR W14 “Steel plates and wide flats with improved through thickness properties”
10. IACS UR W17 “approval of consumables for welding normal and higher strength hull structure steels”
11. IACS UR Z 10.1 “Hull surveys of oil tankers” and Z10.2 “Hull surveys of bulk carriers” Annex I
12. IACS UR Z 13 “Voyage repairs and maintenance”
13. IACS recommendation No.12 “Guidelines for surface finish of hot rolled plates and wide flats”
14. IACS recommendation No.20 “Guide for inspection of ship hull welds”
15. KS D 7104 연강, 고장력강 및 저온용 강용 아 크용접 플렉스 코어 선
16. 현대중공업(주) 품질관리 기준(HSQM)
17. 대우중공업(주) 품질관리 기준(DSQS)
18. 한진중공업(주) 품질관리 기준(HSQS)
19. 삼성중공업(주) 품질관리 기준(SHQS)

이 논문은 선박검사기술협회 자체연구개발 사업으로 이루어진 것임을 밝힙니다.