



2023

레이저-아크 하이브리드 용접 지침서

GL-0042-K

한 국 선 급

—Disclaimer :

Although all possible efforts have been made to ensure correctness and completeness of the contents contained in this guidelines, the Korean Register of Shipping is not responsible for any errors or omissions made herein, nor held liable for any actions taken by any party as a result of information retrieved from this guidelines.

This guidelines is non-mandatory, but are intended to provide practical technical materials to ship owners, ship operators, shipyards, designers and manufacturers. It might be amended periodically or upgraded to rules and guidances as future technology develops and matures.

(서식번호 : FI-03-05) (01.04.2018)

“레이저-아크 하이브리드 용접 지침서”의 적용

1. 이 지침서는 선박의 강재 등의 접합에 사용되는 레이저-아크 하이브리드 용접의 승인 및 검사 등에 적용하는 기준을 제시한다.

차 례

제 1 장 일반사항	1
제 1 절 일반사항	1
제 2 장 자동 용접사	3
제 1 절 일반사항	3
제 2 절 기량자격시험	3
제 3 장 용접절차 시방서 및 인정시험	7
제 1 절 일반사항	7
제 2 절 용접절차 인정시험	8
제 4 장 용접시공시험	12
제 1 절 일반사항	12
제 2 절 시험 및 검사	12

제 1 장 일반 사항

제 1 절 일반사항

101. 적용

1. 이 지침서는 선박 구조용 강재 등의 접합에 사용되는 레이저-아크 하이브리드 용접의 승인 및 검사에 대하여 적용할 수 있다.
2. 레이저-아크 하이브리드 용접은 주로 강재의 용접에 적용되지만, 강재 외의 재료를 접합하기 위한 레이저-아크 하이브리드 용접의 승인 및 검사는 우리 선급의 승인을 받아 진행할 수 있다.
3. 이 지침서에서 별도로 제공하지 아니한 사항에 대하여는 **선급 및 강선 규칙 2편**의 규정에 따른다.
4. 국제 또는 국가 표준에서 규정하는 검사 및 시험 요건이 기술적인 관점에서 이 지침서와 동등하다고 우리 선급이 인정하는 경우에는 해당 표준에 따라 승인 및 검사를 진행할 수 있다. 또한 대체되는 표준 또는 규격의 전체가 적용되어야 하며, 교차/혼합 적용은 허용되지 않는다.

102. 일반사항

1. 레이저-아크 하이브리드 용접을 적용하는 조선소/제조자는 다음의 조건을 만족해야 한다.
 - (1) 레이저-아크 하이브리드 용접 공정에 필요한 적절한 설비 및 관리 체계를 구축하여 용접 품질 및 안전에 문제가 없음을 증명하여야 한다.
 - (2) 조선소/제조자는 레이저-아크 하이브리드 용접을 현장용접에 적용하기 전에 자동 용접사(welding operator)의 품질 관리 및 자격관리, 용접절차 인정시험의 승인이 완료되어야 한다.
2. 조선소/제조자는 레이저-아크 하이브리드 용접을 실제 공사에 적용하면서 승인된 용접절차시방서(WPS)에 대한 용접시험 시험을 이 지침서의 **4장**에 따라 실시하여야 한다.
3. 용접 공정 도중 및 완료 후에 중대한 결함이나 손상이 발생되었다면, 그에 대한 알맞은 조치를 취해야 하며 그 조사 결과를 검사원에게 제출해야 한다.
4. 우리 선급의 승인을 받은 용접 절차 및 세부 사항들은 승인된 레이저-아크 하이브리드 용접의 설비 및 품질 시스템으로 관리되는 곳에서 인정된다.

103. 레이저-아크 하이브리드 용접의 상세

1. 레이저와 아크 용접 기술의 조합을 레이저 유형(즉, CO₂, Nd: YAG) 및 아크 용접 공정(MIG/MAG, TIG)을 포함하는 용어인 레이저-아크 하이브리드 용접이라고 한다. 레이저-아크 하이브리드 용접은 레이저 빔과 아크가 하나의 공정 영역에 결합되고 하나의 결합 용융 풀(Melt pool)을 형성하는 과정이다. (**그림 1** 참조)
2. 레이저-아크 하이브리드 용접은 기존 용접 공정보다 입열량이 작고 용접 구역이 좁아 기하학적 공차를 더 엄격하게 적용해야 한다. 따라서 용접할 재료에 대한 모든 기하학적 공차의 엄격한 관리가 필요하다.
3. 유사하게 용접 장비의 위치 선정에도 이러한 엄격한 요구사항이 적용되어야 한다. 경험에 따르면 용접 아크가 홈에 부딪히지 않아 홈이 큰 결함으로 남아있기 때문에 용접 결함이 발생할 수 있다. 이 때문에 용접의 정확한 위치가 루트 측(root side)의 육안검사로 확인될 수 있는 완전 용입 용접만 허용된다.
4. 용접 위치의 정확한 선정을 위해, 용접 장비에는 홈의 위치를 정확히 알기 위한 ‘용접선 추적장치(Seam Tracker)’가 장착되어 있다. 이러한 장치는 표면 특성의 변화에 민감하므로 적절한 관리가 필요하다. (예를 들어, 표면의 빛 반사 등).

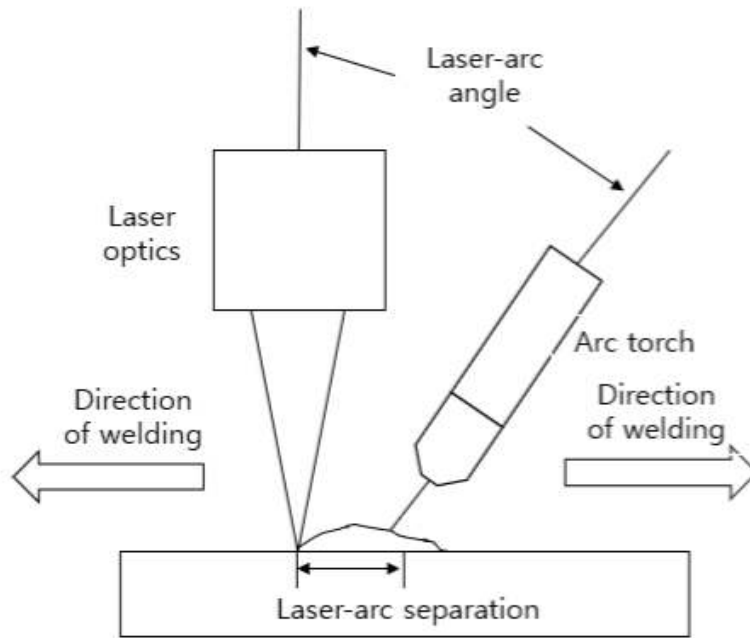


그림 1 레이저-아크 하이브리드 용접의 계략도

제 2 장 자동 용접사

제 1 절 일반사항

101. 적용

1. 이 장의 규정은 레이저-아크 하이브리드 용접이 적용되는 조선소/제조사, 자동 용접사(이하 “용접사”로 표기)의 승인 및 시험 등에 적용된다.
2. 이 장에서 규정하지 않는 요구사항은 선급 및 강선 규칙 2편 2장 5절을 따른다.

102. 일반사항

1. 조선소/제조자는 승인된 설비에 용접사가 용접 작업에 종사하도록 관리해야 한다.
2. 레이저-아크 하이브리드 용접을 시공하는 용접사는 관련 설비의 조작에 숙달된 자이어야 하며, 승인된 용접절차 시방서에 따라 용접을 실시해야 한다. 또한 용접 결함의 유무를 판단하여 승인된 용접절차 시방서에 따라 보수 용접 및 조치를 취해야 한다.
3. 레이저-아크 하이브리드 용접과 같이 완전 기계화 및 자동화 장치를 작동하거나 조정에 책임이 있는 자동용접사는 장치의 작동과 관련된 기량자격을 가진 자이어야 한다. 다만, 장치의 작동이나 조정에 책임이 없는 자동용접사는 기량자격을 보유할 필요는 없지만 종사하는 작업에 대하여 숙련된 자이어야 하며, 생산된 용접부가 요구되는 품질을 만족해야 한다.
4. 3항의 규정에도 불구하고, 검사원이 필요하다고 판단되는 경우 용접사의 자격이 국제 표준을 준수하도록 추가 시험을 요구할 수 있다.

제 2 절 기량자격시험

201. 일반사항

1. 이음의 상세는 승인된 용접절차 시방서 또는 예비 용접절차 시방서에 따른다. 다만, 용접사 기량자격시험과 용접절차 인정시험을 동시에 진행할 수 있다.
2. 검사원은 시험재의 용접 및 시험편의 시험에 입회하여야 한다

202. 시험재

1. 시험재에는 좌우 및 상하에 관한 방향을 표기해야 한다.
2. 시험재는 그림 2에 따라 준비되어야 한다.

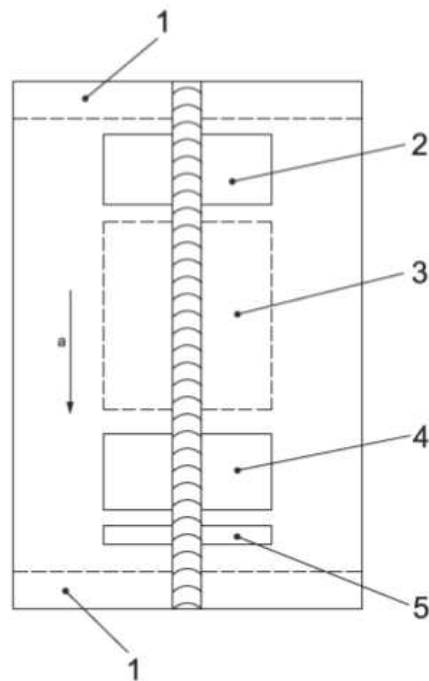


그림 2 용접사 기량자격시험의 시험재

(비고) 전체길이 : 최소 1000mm

1: 식재(50 mm)

2: 각각 1개의 앞면/뒷면(또는 측면) 굽힘시험편

3: 최소 50 mm

4: 각각 1개의 앞면/뒷면(또는 측면) 굽힘시험편

5: 1개의 매크로시험편

a: 용접방향

203. 시험

1. 시험 및 검사

시험재의 시험 종류 및 평가방법은 표 1을 따른다.

표 1 시험 종류 및 평가방법

시험 종류	시험방법 및 평가방법 ⁽¹⁾
외관검사	<ul style="list-style-type: none"> - 시험편을 절단하기 전에 용접부 전장에 걸쳐 실시한다. - 판정기준은 (KS B) ISO 5817의 B등급을 적용한다. 이 경우, 과잉용접(excess weld metal), 과잉용입(excess penetration)은 C등급으로 평가한다.
굽힘시험	<ul style="list-style-type: none"> - 앞면굽힘시험편과 뒷면굽힘시험편을 각각 2개씩 채취하여 굽힘시험을 한다. 두께가 12 mm 이상인 경우에는 4개의 측면굽힘시험으로 할 수 있다. - 시험방법 및 평가방법은 규칙 2편 2장 404.의 굽힘시험을 따른다.
매크로 조직시험	<ul style="list-style-type: none"> - 시험방법은 규칙 2편 2장 404.의 매크로 조직시험을 따른다. - 판정기준은 (KS B) ISO 5817의 B등급을 적용한다. 이 경우, 과잉용접(excess weld metal), 과잉용입(excess penetration)은 C등급으로 평가한다.

(비 고)

(1) 시험편은 그림 2와 같이 채취한다.

2. 재시험

재시험은 선급 및 강선 규칙 2편 2장 503.의 4항을 따른다.

204. 기량자격의 승인범위

1. 용접이음의 형태

어떠한 용접이음으로 승인된 기량자격은 모든 용접이음에 대해 인정된다.

2. 모재

(1) 모재의 승인범위는 선급 및 강선 규칙 2편 2장 502.의 5항을 따른다.

(2) 모재두께는 선급 및 강선 규칙 2편 2장 502.의 6항을 따른다.

3. 용접장비

다음의 변경사항은 새로운 기량자격이 요구된다.

(1) 이음 센서(joint sensor)가 있는 용접기량자격을 이음 센서(joint sensor)가 없는 용접으로의 변경, 다만 그 반대는 허용된다. 이음 센서(joint sensor)란 위치, 높이 불일치 등을 감지하는 장치를 의미한다.

(2) 추가적인 교육(training)이 요구되는 용접기기로의 변경

(3) 승인된 용접기기는 해당 용접기기의 종류에 한해 허용된다. 지그, 고정 장치, 공급 장치 및 기타 보조 장비를 추가하거나 제거하더라도 용접기기의 종류가 변경되는 것은 아니다.

(4) 제어 시스템의 추가, 제거 또는 변경

4. 용접자세

용접자세의 승인범위는 선급 및 강선 규칙 2편 2장 502.의 7항을 따른다.

205. 기량자격의 유지 및 취소

기량자격의 유지 및 취소는 규칙 2편 2장 504.를 따른다.

제 3 장 용접절차 시방서 및 인정시험

제 1 절 일반사항

101. 일반사항

1. 적용

- (1) 이 장의 규정은 레이저-아크 하이브리드 용접의 용접절차 시방서 및 인정시험에 적용한다.
- (2) 이 장에서 규정하지 않는 요구사항은 ISO 15609-6, ISO 15614-14, 선급 및 강선 규칙 2편 2장 4절을 따른다.

2. 제출서류

- (1) 용접절차 인정시험을 하고자 하는 조선소 또는 제조자는 용접절차 인정시험을 실시하기 전에 용접절차 시방서(WPS)를 우리 선급에 제출하여 검토를 받아야 하며, 이 시방서는 예비 용접절차 시방서(pWPS)로 간주된다.
- (2) 제출된 시방서에서 기재된 항목이 변경되거나 검사원이 특별히 요청하는 경우에는 변경된 시방서를 다시 제출해야 한다.

102. 용접절차 시방서

1. 용접절차 시방서의 요구사항은 ISO 15609-6을 따른다.

2. 용접절차 시방서에는 ISO 15609-6의 요구사항 외에도 다음의 용접변수를 기재해야 한다.

- (1) 장비 식별(레이저 발전기, 아크 용접 장비, 레이저 아크 용접 장비[로봇, 이동 카트 등])
 - (가) 모델
 - (나) 일련번호
 - (다) 장비 제조사
 - (2) 모재의 두께에 따른 다음 항목(승인 희망 최대두께를 포함한 대표적인 두께의 분류)
 - (가) 홈 모양 및 치수 [홈 각도, 루트 간격, 비정렬 등에 대한 표준 공차]
 - (나) 덧붙이 용접(build-up weld) 절차
 - (다) 레이저빔 용접 조건(레이저의 종류, 출력, 빔 직경, 레이저 초점 위치 등)
 - (라) 아크 용접 조건(극성, 전류, 전압, 입열량 등)
 - (마) 레이저 및 아크 토치 구성(토치 시퀀스, 레이저/아크 토치 진/후진 각도, 레이저/아크 토치 틸트 각도, 토치 간 거리 등)의 배열
 - (바) 용접속도
 - (사) 적용하는 경우, 예열 처리의 상세
 - (아) 적용하는 경우, 용접 후 열처리 상세(예: 용체화 열처리, 시효, 응력제거)
 - (자) 적용하는 경우, 용접 전후 및 도중에 실시하는 냉각률 관리 방법의 상세(예: 기체, 액체 환경)
 - (3) 용접 후 (기계적) 처리 방법: 변형된 부위를 교정하는 방법, 토우부 제거 방법 또는 용접부의 기타 처리 방법
3. 예비용접절차 시방서에 따라 용접한 시험재가 시험에 불합격한 경우, 조선소 또는 제조자는 예비 용접절차 시방서를 수정하여 새로운 예비 용접절차 시방서를 작성하고 그에 따라 시험을 하여야 한다.
4. 용접절차 시방서는 제품용접을 위한 근거로 사용되어야 하며, 예비 용접절차 시방서에 따른 시험결과가 적합한 경우, 우리 선급은 예비 용접절차 시방서를 용접절차 시방서로 승인할 수 있다. 우리 선급이 용접절차 시방서를 승인한 경우, 승인 범위는 205.에 따른다.

제 2 절 용접절차 인정시험

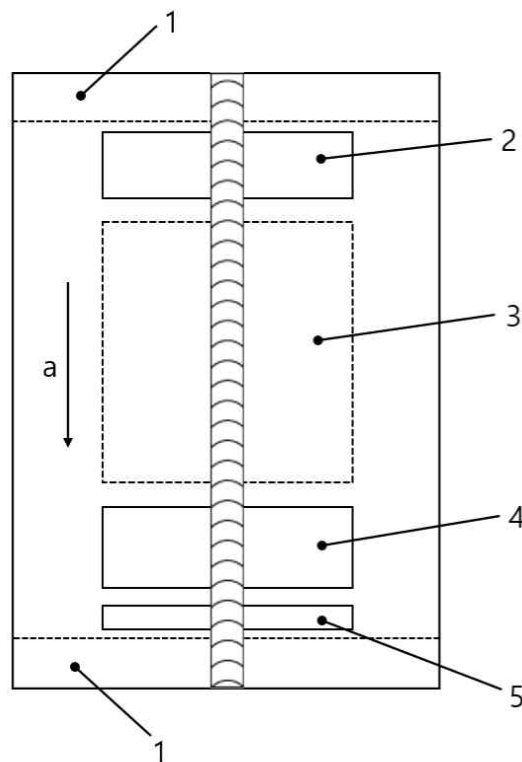
201. 일반사항

1. 용접절차 인정시험이 요구되는 경우, 시험재의 용접은 실제 시공과 동일한 환경에서 실시되어야 하며 또한 예비 용접절차 시방서에 기재되어 있는 용접조건 내에서 실시하여야 한다.
2. 용접절차 인정시험(시험재의 용접 및 시험편에 대한 시험)은 우리 선급 검사원의 입회하에 실시하여야 한다.
3. 실제 용접시공에 있어서 가용접 및/또는 용접의 멈춤 및 재시작 부위가 본용접에 포함되는 경우, 시험재의 용접에서도 이들이 포함되어야 한다.
4. 재료의 사용조건을 고려하여 우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우에는 이 규정과 다른 시험조건의 시험 또는 이 절에 규정하지 아니한 시험을 요구할 수 있다.
5. 이 절에서 제시되지 않은 시험재 및 시험편에 대한 인정 시험의 경우, ISO 15614-14에서 제시된 조건에 따라 시험재, 시험편이 준비되어야 한다.

202. 맞대기용접 이음시험

1. 시험재

- (1) 시험재는 실제 시공에 사용하는 재료와 동일하든지 또는 이와 동등한 것으로 한다.
- (2) 시험재의 모양은 그림 3에 따른다. 시험재의 치수는 요구되는 시험을 모두 할 수 있을 만큼의 크기이어야 하며, 용접 길이는 최소 1000 mm, 폭은 최소 400mm이어야 한다.



(비고) 1: 삭제(50mm)

- 2: 1개의 가로방향 인장시험편, 각각 1개의 앞면/뒷면(또는 2개의 측면) 굽힘시험편, 1개의 매크로시험편 및 1개의 경도시험편
- 3: 샤르피 V-노치 충격시험, 추가 시험편
- 4: 1개의 가로방향 인장시험편, 각각 1개의 앞면/뒷면(또는 2개의 측면) 굽힘시험편
- 5: 1개의 매크로시험편 및 1개의 경도시험편
- a: 용접 방향

그림 3 용접절차 인정시험의 시험재(맞대기 용접)

2. 시험 및 검사

시험재의 시험 종류 및 평가방법은 표 2를 따른다.

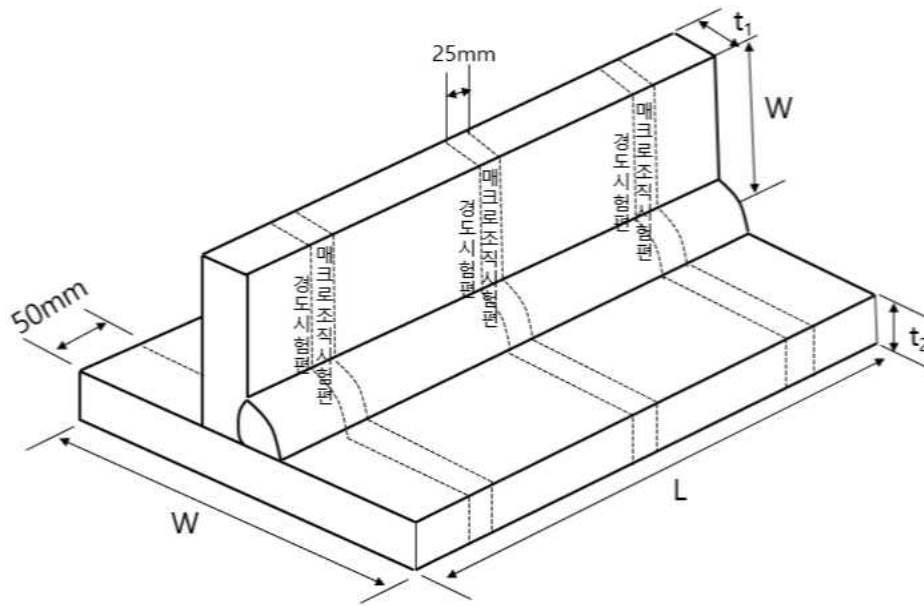
표 2 시험 종류 및 평가방법

시험 종류	시험방법 및 평가방법 ⁽¹⁾
외관검사	<ul style="list-style-type: none"> - 시험편을 절단하기 전에 용접부 전장에 걸쳐 실시한다. - 판정기준은 (KS B) ISO 5817의 B등급을 적용한다. 이 경우, 과잉용접(excess weld metal), 과잉용입(excess penetration)은 C등급으로 평가한다.
인장시험	<ul style="list-style-type: none"> - 가로방향 시험편 2개를 채취하여 인장시험을 한다. - 시험방법 및 평가방법은 규칙 2편 2장 404.의 인장시험을 따른다.
굽힘시험	<ul style="list-style-type: none"> - 앞면굽힘시험편과 뒷면굽힘시험편을 각각 2개씩 채취하여 굽힘시험을 한다. 두께가 12 mm 이상인 경우에는 4개의 측면굽힘시험으로 할 수 있다. - 시험방법 및 평가방법은 규칙 2편 2장 404.의 굽힘시험을 따른다.
샤르피 V-노치 충격시험	<ul style="list-style-type: none"> - 시험편 채취 위치는 그림 3를 따르며, 시험재로부터 채취하는 시험편의 수 및 노치의 위치는 규칙 2편 2장 404.의 충격시험을 따른다. - 시험방법 및 평가방법은 규칙 2편 2장 404.의 충격시험을 따른다.
매크로 조직시험	<ul style="list-style-type: none"> - 시험방법은 규칙 2편 2장 404.의 매크로 조직시험을 따른다.
비파괴시험	<ul style="list-style-type: none"> - 시험편을 절단하기 전에 용접부 전장에 걸쳐 실시한다. - 방사선 투과검사 또는 초음파 탐상검사에 의한 내부결함 탐상과 액체침투 탐상검사에 의한 표면결함 탐상검사를 실시하여야 한다. - 판정기준은 (KS B) ISO 5817의 B등급을 적용한다. 이 경우, 과잉용접(excess weld metal), 과잉용입(excess penetration)은 C등급으로 평가한다.
경도시험	<ul style="list-style-type: none"> - 시험편 채취 위치는 그림 3을 따르며 시험편 2개를 채취하여 경도시험을 한다. - 시험방법 및 평가방법은 규칙 2편 2장 404.의 경도시험을 따른다.
(비 고) (1) 시험편은 그림 3과 같이 채취한다. (2) 용접의 멈춤 및 재시작이 포함되어야 하며, 추가 시험(매크로 조직시험 및 경도시험)이 요구된다. 매크로 조직시험은 용접이 정지된 위치의 끝점, 경도 시험은 재시작 위치에서 각각 시험편을 채취해야 한다.	

203. T-이음 완전 용입 용접 시험

1. 시험재

- (1) 시험재는 실제 시공에 사용하는 재료와 동일하든지 또는 이와 동등한 것으로 한다.
- (2) 시험재의 모양은 그림 4에 따른다. 시험재의 치수는 요구되는 시험을 모두 할 수 있을 만큼의 크기이어야 하며, 용접 길이는 최소 1000 mm이어야 한다.



(비 고)

1. 시험재의 길이는 다음에 따른다

(1) 자동용접의 경우: 너비(W) : $3 \times t$. 단 150 mm 이상

길이(L) : 1000 mm 이상

2. 시험재의 웹 및 플랜지의 판두께 t_1 및 t_2 는 실제공사에 사용되는 보통의 판두께의 것으로 한다.

3. 시험재에는 가용접을 하여도 좋다.

4. 필릿의 각장은 실제공사에서 사용되는 보통의 것으로 한다.

그림 4 용접절차 인정시험의 시험재(T-이음) (단위 : mm)

2. 시험 및 검사

시험재의 시험 종류 및 평가방법은 표3을 따른다.

표 3 시험 종류 및 평가방법

시험 종류	시험방법 및 평가방법 ⁽¹⁾
외관검사	<ul style="list-style-type: none"> - 시험편을 절단하기 전에 용접부 전장에 걸쳐 실시한다. - 판정기준은 (KS B) ISO 5817의 B등급을 적용한다. 이 경우, 과잉용접(excess weld metal), 과잉용입(excess penetration)은 C등급으로 평가한다.
매크로 조직시험	<ul style="list-style-type: none"> - 시험방법 및 평가방법은 규칙 2편 2장 405.의 매크로 조직시험을 따른다.
비파괴시험	<ul style="list-style-type: none"> - 시험편을 절단하기 전에 용접부 전장에 걸쳐 실시한다. - 방사선 투과검사 또는 초음파 탐상검사에 의한 내부결함 탐상과 액체침투 탐상검사에 의한 표면결함 탐상검사를 실시하여야 한다. - 판정기준은 (KS B) ISO 5817의 B등급을 적용한다. 이 경우, 과잉용접(excess weld metal), 과잉용입(excess penetration)은 C등급으로 평가한다.

경도시험	<ul style="list-style-type: none"> - 시험편 채취 위치는 그림 4를 따르며 시험편 3개를 채취하여 경도시험을 한다. - 시험방법 및 평가방법은 규칙 2편 2장 405.의 경도시험을 따른다.
<p>(비 고)</p> <p>(1) 시험편은 그림 4와 같이 채취한다.</p> <p>(2) 용접의 멈춤 및 재시작이 포함되어야 하며, 추가 시험(매크로 조직시험 및 경도시험)이 요구된다. 매크로 조직시험은 용접이 정지된 위치의 끝점, 경도 시험은 재시작 위치에서 각각 시험편을 채취해야 한다.</p>	

204. 재시험 및 인정시험 기록서

재시험 및 인정시험 기록서는 **선급기술규칙 2편 2장 4절 406.**을 따른다.

205. 승인된 용접절차 시방서의 허용범위

1. 조선소/제조자가 실시한 인정시험은 해당 조선소/제조자의 기술 및 품질 관리 하의 작업장 또는 현장에 설치된 동일한 유형의 용접기에 대해 유효하다.
2. 공칭 입열량의 상한은 용접절차 인정시험에 사용된 입열량보다 15 % 더 큰 것으로 한다. 입열량의 하한은 용접절차 인정시험에 사용된 입열량보다 15 % 낮은 것으로 한다.

* 공칭 입열량

$$Q_{nom} = \frac{(P + U \times I)}{\nu} 10^{-3}$$

Q_{nom} : 공칭 입열량, kJ/mm

P : 레이저 출력, kW

U : 아크 전압(가능한 한 아크 근처에서 측정), V

I : 용접 전류, A

ν : 이송 속도, mm/sec

3. 시험재로 수행된 WPS의 두께 승인범위는 아래 표를 따른다. 판 두께가 다른 조합의 경우, 별도의 인정시험이 필요하며 인정시험은 해당 조합에만 적용된다.

표 4 두께의 승인범위(맞대기, T-이음)

시험재의 두께, t(mm)	승인범위, T(mm)
$t < 5$	$T = t$
$t \geq 5$	$0.8t \leq T \leq 1.0t$

4. 상기 항 외의 허용범위에 대해서는 **선급기술규칙 2편 2장 4절 407.**을 따른다.

제 4 장 용접시공시험

제 1 절 일반사항

101. 일반

1. 적용

- (1) 이 장의 규정은 레이저-아크 하이브리드 용접을 직접 선박에 실시함과 동시에 해당 용접부의 건전성 및 기계적 성질을 확인하기 위한 시험에 적용한다.
- (2) 이 장에서 규정하지 않는 요구사항은 선급기술규칙 적용지침 2편 2장 103.을 따른다.

제 2 절 시험 및 검사

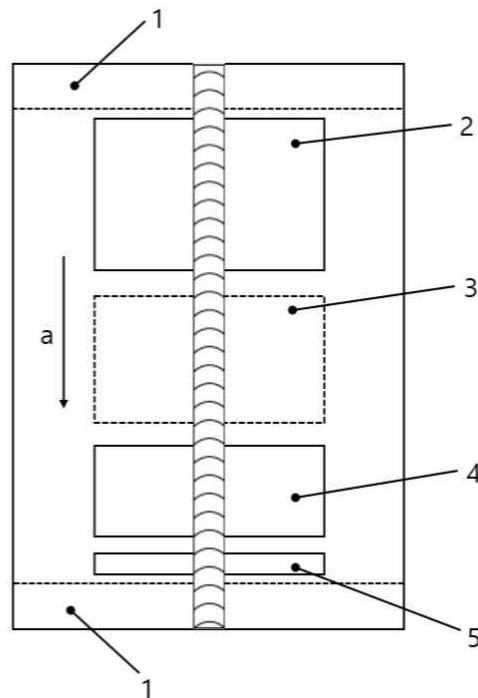
201. 비파괴 검사

비파괴검사는 다음의 세 가지 구간에서 실시하며 선박의 용접 이음부의 외부 및 내부 품질을 확인해야 한다.

- (1) 용접의 시종단부(종단부의 보수 용접 부위를 포함)
- (2) 검사원이 필요하다고 판단하는 부위
- (3) 레이저-아크 하이브리드 용접 이음부 매 200m가 되는 부위

202. 시험 종류

시험 종류 및 평가 방법은 표 5 및 표 6을 따르며, 각 선박마다 동일한 유형의 용접기에 대해 1회 실시한다.



(비고) 1: 삭제(50mm)

2: 추가 시험편

3: 샤프피 V-노치 충격시험편

4: 각각 1개의 앞면/뒷면(또는 2개의 측면) 굽힘시험편

5: 1개의 가로방향 인장시험편,

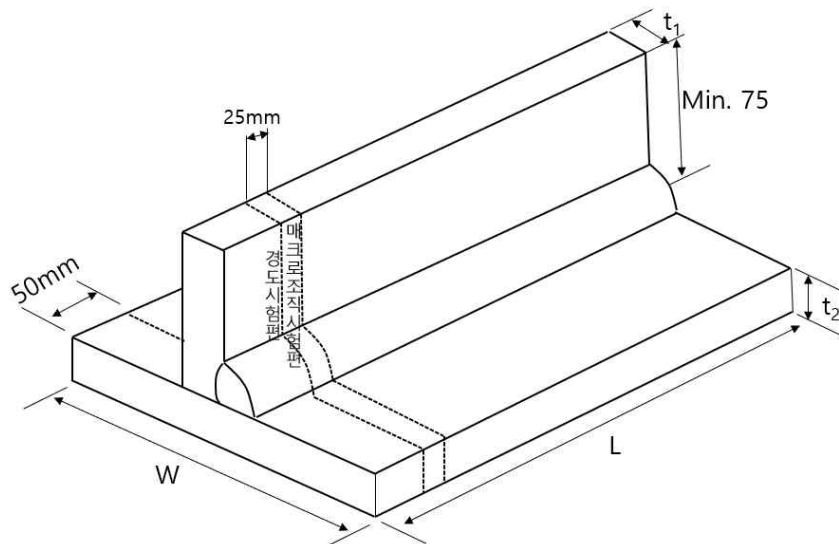
a: 용접 방향

* 길이 : 최소 500mm, 폭 : 최소 400mm

그림 5 용접시공시험의 시험재(맞대기 용접)

표 5 시험 종류 및 평가방법(맞대기 용접)

시험 종류	시험방법 및 평가방법 ⁽¹⁾
외관검사	<ul style="list-style-type: none"> - 시험편을 절단하기 전에 용접부 전장에 걸쳐 실시한다. - 판정기준은 (KS B) ISO 5817의 B등급을 적용한다. 이 경우, 과잉용접(excess weld metal), 과잉용입(excess penetration)은 C등급으로 평가한다.
인장시험	<ul style="list-style-type: none"> - 가로방향 시험편 1개를 채취하여 인장시험을 한다. - 시험방법 및 평가방법은 규칙 2편 2장 404.의 인장시험을 따른다.
굽힘시험	<ul style="list-style-type: none"> - 앞면굽힘시험편과 뒷면굽힘시험편을 각각 1개씩 채취하여 굽힘시험을 한다. 두께가 12 mm 이상인 경우에는 4개의 측면굽힘시험으로 할 수 있다. - 시험방법 및 평가방법은 규칙 2편 2장 404.의 굽힘시험을 따른다.
샤르피 V-노치 충격시험	<ul style="list-style-type: none"> - 시험편 채취 위치는 그림 5를 따르며 3개(1조)를 채취하여 충격시험을 한다. - 시험재료로부터 채취하는 노치의 위치는 규칙 2편 2장 404.의 충격시험을 따른다. - 시험방법 및 평가방법은 규칙 2편 2장 404.의 충격시험을 따른다.
(비 고) (1) 시험재는 요구되는 시험을 실시할 수 있을 만큼의 크기이어야 한다.	



(비 고)

1. 시험재의 길이는 다음에 따른다

(1) 자동용접의 경우: 너비(W) : 150 mm이상

길이(L) : 150 mm이상

그림 6 용접시공시험의 시험재(T-이음)

표 6 시험 종류 및 평가방법(T-이음)

시험 종류	시험방법 및 평가방법 ⁽¹⁾
외관검사	<ul style="list-style-type: none"> - 시험편을 절단하기 전에 용접부 전장에 걸쳐 실시한다. - 판정기준은 (KS B) ISO 5817의 B등급을 적용한다. 이 경우, 과잉용접(excess weld metal), 과잉용입(excess penetration)은 C등급으로 평가한다.
매크로 조직시험	<ul style="list-style-type: none"> - 시험방법 및 평가방법은 규칙 2편 2장 405.의 매크로 조직시험을 따른다.
경도시험	<ul style="list-style-type: none"> - 시험편 채취 위치는 그림 6을 따르며 시험편 1개를 채취하여 경도시험을 한다. - 시험방법 및 평가방법은 규칙 2편 2장 405.의 경도시험을 따른다.
(비 고) (1) 시험재는 요구되는 시험을 실시할 수 있을 만큼의 크기이어야 한다.	

인 쇄 2023년 12월 1일
발 행 2023년 12월 1일

레이저-아크 하이브리드 용접 지침서

발행인 이 형 철
발행처 한 국 선 급
부산광역시 강서구 명지오션시티 9로 36
전화 : 070-8799-7114
FAX : 070-8799-8999
Website : <http://www.krs.co.kr>

신고번호 : 제 2014-000001호 (93. 12. 01)

Copyright© 2023, KR

이 지침의 일부 또는 전부를 무단전제 및 재배포시 법적제재를
받을 수 있습니다.