

KCS 47 20 35 : 2019

레일용접공사

2019년 4월 8일 개정

<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



국토교통부



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 철도에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
철도건설공사 전문시방서(궤도편)	<ul style="list-style-type: none"> • 일반철도와 고속철도로 분리된 궤도분야의 전문시방서를 통합하고, 기준체계를 명확히 하여 합리적이고 효율적인 시방서(궤도편)로 제정 • 노반·궤도·전기분야 인터페이스를 고려한 시방서와 기술발전 등 기술적 환경변화 대응을 위한 기준을 마련 	제정 (2011.12.)
철도건설공사 전문시방서(궤도편)	<ul style="list-style-type: none"> • 매년 발생되고 있는 상태가 양호한 PC침목을 재 활용하도록 선정기준 및 사용용도 명시 • 레일용접부 초음파탐상지침 추가 	개정 (2013.11.)
철도건설공사 전문시방서(궤도편)	<ul style="list-style-type: none"> • 시험성적서 위·변조 방지를 위해 시험성적서 원본(부분), 시험결과 보고서를 제출토록 개정 	개정 (2015.3.)
KCS 47 20 35 : 2016	<ul style="list-style-type: none"> • 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함 	제정 (2016.6.)
KCS 47 20 35 : 2019	<ul style="list-style-type: none"> • 철도 건설기준 적합성평가에 의해 코드를 정비함 	개정 (2019.04)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 철도건설과

관련단체 : 한국철도시설공단

개 정 : 2019년 04월 08일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국철도기술연구원

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 참고 기준	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 제출물	1
2. 자재	1
2.1 재료	1
2.2 장비	1
3. 시공	1
3.1 레일용접공사 시공	1
3.2 가스압접	5
3.3 플래시벧 용접	7
3.4 테르밋트 용접	9
3.5 엔크로즈드 아크용접	10

부록

I. 레일용접부 초음파탐상 지침	13
1. 목적과 적용 범위	13
2. 장치 및 부속품	13
2.1. 탐상기	13
2.2 탐촉자	13
2.3 대비 시험편	14
2.4 접촉매질	15
3. 탐상준비	15
3.1 용접부 및 탐상면의 손질	15
3.2 주파수 · 리젝션 · 펄스 폭 등의 설정	15

3.3 시간축의 조정	15
3.4 이(2)탐촉자법의 감도조정	15
3.5 일(1)탐촉자법의 감도조정과 거리진폭특성곡선	16
4. 탐상방법	17
4.1 이탐촉자에 의한 탐상	17
4.2 일탐촉자법에 의한 탐상	18
5. 탐상기록	21



1. 일반사항

1.1 적용 범위

(1) 이 기준은 일반철도 및 고속철도의 현장에서 시행하는 레일의 용접작업에 적용한다.

1.2 참고 기준

- KS 한국산업규격
- KRS 한국철도표준규격
- KRSA 공단표준규격
- KRCS 코레일규격

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 제출물

(1) 수급인은 공사감독자에게 시공계획서를 제출한다.

2. 자재

2.1 재료

- (1) 열처리레일: 한국산업표준규격 KS
- (2) 보통레일: 한국산업표준규격 KS
- (3) 단부열처리레일: 한국산업표준규격 KS
- (4) 도상자갈: 코레일규격 KRCS

2.2 장비

- (1) 경도시험기 (브리넬, 쇼어, 비커스)
- (2) 초음파탐상기
- (3) 자분탐상기
- (4) 낙중시험기
- (5) 굴곡시험기

3. 시공

3.1 레일용접공사 시공

3.1.1 시공 일반

- (1) 용접 시 사용하는 레일길이는 10 m 이상의 것을 원칙으로 한다. 또한, 재용 레일을 사용하고자 할 경우에는 굴곡된 것을 사용하지 않도록 하고, 마모단면을 선별하여 비슷한 것끼리 사용하며, 단부의 끝닿음 부분은 충분히 절단한 후 용접한다.
- (2) 살부치기용접은 레일 및 크로싱의 일부 마모 및 결함으로 인하여 열차운행 및 선로보수에 지장이 있어 필요하다고 인정되는 곳에 시행한다.
- (3) 레일 용접부의 재용접은 다음 각 호에 따라 시행한다.
 - ① 최초로 가스압접, 플래시벚용접, 25 mm 테르밋용접 공법으로 용접을 시행한 후에 훼손이나 결함 등이 발생하여 재용접이 필요하다고 인정되는 개소에는 68 mm 테르밋 용접을 시행하며, 용접부 절단길이는 65 mm 이상이어야 한다.
 - ② 68 mm 테르밋 용접을 시행한 개소에 재용접을 시행할 경우에는 용접부의 절단 길이가 200 mm 이상이어야 한다.
- (4) 레일용접 시에는 직경 4 mm 와 5 mm 의 고장력 강용피복 아크용접봉 또는 표면 경화용 피복아크 용접봉을 사용하되 이들의 물리적 성질은 다음 표 3.1-1과 같아야 한다.

표 3.1-1 용접봉의 물리적 성질

종류	인장력 (MPa)	신율 (%)
고장력강용	800 이상	20 이상
표면경화용	800 이상	10 이상

- (5) 용접봉은 피복재가 벗겨지지 않도록 주의하고, 훼손되었거나 습기를 흡수한 것은 사용하지서는 안 되며, 사용 전에 반드시 105±5℃의 온도로 1시간 이상 건조시킨 후에 사용한다.
- (6) 레일을 절단할 경우에는 반드시 수직 고정 장치가 장착된 레일절단기를 사용하여 수직으로 절단한다.
- (7) 살부치기용접을 할 경우에는 모재의 표면을 그라인딩 하고 후로우를 완전히 삭정, 제거한다.
- (8) 레일에 구멍을 뚫을 경우에는 반드시 레일드릴을 사용하고, 천공면을 손줄 및 그라인더 등으로 정리한다.
- (9) 용접시 레일절단이 필요 없는 경우에는 와이어 브러시나 스택 햄머 등으로 레일 단부면 및 용접부 전후 10 cm 구간을 철저히 청소하여 불순물과 녹 등을 완전히 제거한다. 특히 가스압접 시에는 단면용 그라인더로 단면을 다듬질한 후 전면의 거칠기가 50S(KS B ISO 4287)가 되도록 하고, 각의 둘레를 줄로 삭정한다.
- (10) 용접 후 용접개소의 여성부는 모재면(저부는 제외)에 맞추어 다듬질하되, 다듬질 후의 표면 거칠기는 레일 두부의 상면 및 측면에서 50S, 복부 및 기타 부분에서 100S 이내이어야 한다.
- (11) 레일체결장치 해체 등과 같이 용접하기 전에 준비작업으로 행한 궤도의 임시변상(變狀) 및 재료의 이동 등은 용접이 끝난 즉시 감독자 임회하에 원상 복구한다.

- (12) 공사 중에 발생된 철거발생품은 감독자의 지시에 따라 적치 정돈한다.
- (13) 레일 용접 후 또는 크로싱 재생 후에는 용접부의 모든 표면을 깨끗이 청소하고 백등유 등을 발라야 한다.
- (14) 표시는 다음 각 호에 따른다.
- ① 이음용접 시공 후에는 용접부 근처 레일두부 측면의 윗면에서 하방 20 mm 지점에 글자의 윗부분이 일치되도록 스탬프 펀치를 이용하여 용접년도와 용접공 고유번호를 표시한다. 이 때의 표시 양식은 다음과 같다.
 ○○ ○○ ○○
 용접년도 용접공 고유번호
 - ② 글자의 크기는 가로 6.6 mm × 세로 10 mm로 한다.

3.1.2 용접부의 검사

- (1) 용접방법별 검사종별 및 시편은 표 3.1-2와 같다. 다만, 엔크로즈드 아크용접 중에서 레일 및 크로싱의 살부치기용접은 외관검사와 경도시험만을 시행한다.

표 3.1-2 용접방법별 검사종류

용접방법 검사종목	엔크로즈드 아크용접	가스압접용접		테르밋용접	플래시벧용접
외관검사	전수	전수		전수	전수
침투탐상검사	전수		전수	전수	
자분탐상검사	전수	전수			전수
초음파탐상검사	전수		전수	전수	전수
경도시험	5% 이상 (1개소 5점)	5% 이상 (1개소 5점)		5% 이상 (1개소 5점)	5% 이상 (1개소 5점)

주 1) 가스압접용접의 검사종목 중 좌측 난의 자분탐상검사가 곤란한 경우는 우측 난의 침투탐상과 초음파 탐상검사를 실시한다.

- (2) 레일용접부에 대한 외관검사는 다음 각 호에 따른다.
- ① 두부면 요철, 균열
 - ② 굽힘, 비틀림
 - ③ 언더컷, 블로우 홀
- (3) 자분탐상 검사결과 유해한 결함이 없어야 한다.
- (4) 초음파탐상 검사는 다음 각 호에 따른다.
- ① 모든 용접개소에 대하여 레일 용접부의 초음파 탐상을 실시하여 융합불량(불출분, 한용해)과 같은 유해한 결함이 없어야 한다.
 - ② 유해한 결함의 측정위치 및 범위는 다음과 같다.

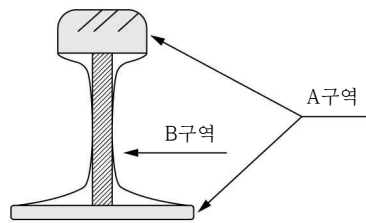


그림 3.1-1 초음파탐상 측정위치

가. 두부와 저부: 2등급 이상의 결함

나. 복부: 3등급 이상의 결함

표 3.1-3 결함의 범위

구역	유해한 결함의 범위
A구역	2, 3, 4등급
B구역	3, 4 등급

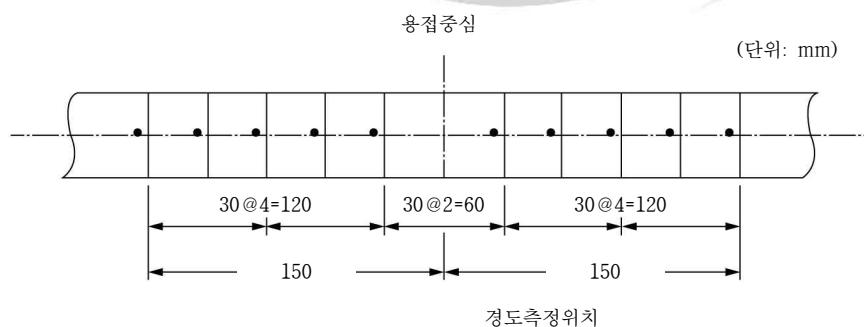
다. 결함등급의 분류는 이 기준 부록 I 을 따른다.

(5) 경도시험은 브리넬 또는 쇼어경도로서 다음 범위 내에 들어야 하며, 경도측정위치는 별표 1과 같다.

표 3.1-4 경도 범위

구분	브리넬 경도(Hb)	쇼어 경도(Hs)
경도 범위	240~340	36~50

별표 1 경도측정 위치



(6) 낙중시험은 다음 각 호와 같이 한다.

- ① 시험편은 지급된 레일(길이 1,500 mm ± 50 mm)의 중앙부를 절단하고 이를 맞대어 용접한 후 소정의 연마 및 열처리를 하고, 교부받고자 하는 용접 공법 종류별로 각각 2개씩 제작한다.

- ② 낙중시험은 용접부를 중심으로 지점간 거리를 914 mm로 하여 중량 907 kgf의 추를 0.5 m 높이로부터 0.5 m씩 낙고를 높이면서 반복 시행하며, 다음 표의 최대 높이에서도 레일 두부 및 레일 저부의 어느 부분에도 파손, 균열, 터짐이 없어야 한다.

표 3.1-5 용접별 낙중시험

레일종류	엔크로즈드 아크용접	가스압접 용접	테르밋 용접	플래시버트 용접
50 kg 신품레일	1.5 m	2.0 m	1.5 m	2.0 m
60 kg 신품레일	2.0 m	3.0 m	2.0 m	3.0 m
50 kg 재사용 레일	1.0 m	1.5 m	1.0 m	1.5 m
60 kg 재사용 레일	1.5 m	2.5 m	1.5 m	2.5 m

- ③ 용접 후의 줄맞춤 및 면맞춤의 틀림은 용접부를 중심으로 1 m 직자에 대하여 레일두부 및 궤간내측부에 한하여 10배 확인이 가능한 레일직진도 검사기로 점검하며, 줄맞춤 및 면맞춤에 대한 틀림값은 다음 표 3.1-6 치수 이내이어야 한다.

표 3.1-6 용접후의 줄맞춤과 면맞춤 기준

구분	레일(mm)	중고레일(mm)
줄맞춤	± 0.4	±0.5
면맞춤	일반 +0.4, -0.1 고속 +0.3, 0.0	±0.5

- ④ 끝다듬 검사는 KS B ISO 4287에 따라 촉감 및 시각 등으로 비교 검사하여 이 기준 1.3.1을 따른다.
 ⑤ 재용접 개소에 대한 용접방법별 검사종목 및 품질기준은 이 기준 2.1을 따른다.
 ⑥ 공사감독자는 공사감독일지와 수급인의 시공기록표를 보관한다.

3.2 가스압접

3.2.1 시공 방법

- (1) 레일맞춤 및 중심을 합칠 때에는 다음에 따른다.

- ① 단면이 오손 또는 변형되지 않도록 레일을 도입한다.
- ② 단면의 직각은 틀림이 없어야 하며 레일 두부면의 차는 0.1 mm 이하로 한다.
- ③ 양 단면을 합칠 때의 틀림은 저부에서 0.2 mm 이내, 복부에서 0.4 mm 이내로 한다.

- ④ 이음용접 후 레일의 사용방향(좌측 또는 우측)이 레일 두부 상면과 궤간 내측을 직선이 되도록 한다.
- ⑤ 레일의 사용방향(좌측 또는 우측)이 확실치 않은 것은 좌우 방향을 중심으로 맞추고 상하방향은 두부 상면이 직선이 되도록 한다. 단, 오차를 저부에 둔다.
- (2) 레일의 엇갈림, 굴곡 등은 적열(適熱) 중에 교정한다. 교정 도중에 냉각되어 교정이 곤란한 경우에는 재가열한 후에 교정한다.
- (3) 가열 압접이 끝난 후에는 되도록 빨리 트리밍 하되, 트리밍은 적열 중에 시행하고, 깊이 깎여 들어가지 않도록 하며, 여유두께가 1~1.5 mm가 되도록 한다.
- (4) 가압, 가열 및 용접은 다음 표 3.2-1에 의한다.

표 3.2-1 가압 및 가열작업

레일종별	가압력 (tonf)	클램프압력 (tonf)	혼합가스압력 (mmHg)	압축량(mm)	
				HH340 HH370	기타
50N	16~18	20~21	45~60	30 이상	24 이상
60	17~19	20~21	50~65	30 이상	24 이상

- (5) 두부 열처리레일을 용접 후 다음 각 호에 따른 후열처리를 한다.
- ① 후열처리 전에는 후열처리용 버너의 정비, 각종 압력계 및 유량계의 조정 등 사전 준비를 면밀히 시행한다.
- ② 후열처리장치를 사용할 경우에는 가열개시 및 시공시간, 가열범위, 공냉시간, 공냉 범위 등에 유의하고 다음 조건을 표준으로 한다.
- 가. 용접중심부의 두부 표면온도가 600 ℃가 될 때 재가열을 시행하며, 용접 범위를 열처리하여 적당한 온도(레일 두부표면온도 약 1,000 ℃)까지 가열한 후 버너를 끄고 강제공냉한다. 이때 버너의 움직임 폭은 150 mm 범위로 한다.
- 나. 가열조건은 다음 표 3.2-2를 표준으로 한다.

표 3.2-2 가열조건

구분	유량계 입구압력	유량계눈금
산소	5.0 bar (0.5 MPa)	100 ℓ/min
아세틸렌	0.6 bar (0.6 Mpa)	100 ℓ/min

다. 냉각을 시행할 경우에는 용접기 통과 직후 200초(HH340=300초, HH370=480초) 동안 신속히 송풍을 시행한 후 송풍기 스위치를 끄고, 레일두부표면의 온도가 250~300℃가 되면 공냉 헤드와 레일 두부표면간의 거리를 10 mm로 유지한다.

라. 연화부의 범위(쇼어경도 HH370=49, HH340=47 이하)는 20 mm이하이어야 한다.

다.

마. 후열처리 후의 레일두부면 경도는 별표 1에서 정한 위치에서 측정하여 다음 표 3.2-3의 경도가 되어야 한다.

표 3.2-3 레일두부면 경도

경도재질	브리넬경도	쇼어경도	비커스경도
HH370	331~388	49~56	331 이상
HH340	321~375	47~53	311 이상

바. 냉각은 용접기 통과 직후 200초 동안 송풍한 후(HH340=300초, HH370=480초)에 송풍기의 스위치를 끄고 레일두부 표면의 온도가 250~300℃가 되는 것을 확인하며, 그다음 공냉 헤드와 레일두부 표면 간의 거리는 10 mm로 한다.

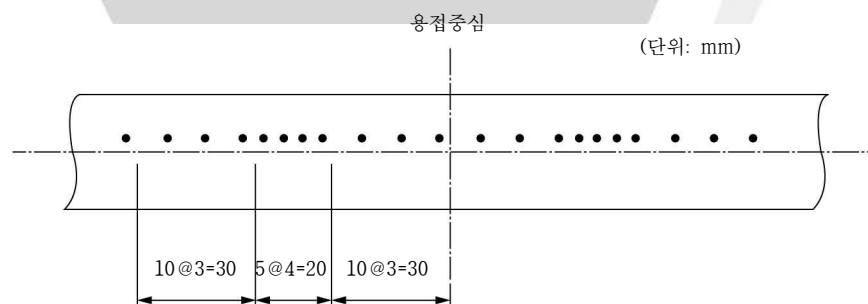
사. 연화부의 범위(쇼어경도 HH370=49, HH340=47 이하)는 20 mm 이하이어야 한다.

아. 후열처리 후 레일두부면 경도는 별표 2에서 정한 위치에서 측정하여 다음 표 3.2-4의 경도가 되어야 한다.

표 3.2-4 레일두부면 경도

경도재질	브리넬경도	쇼어경도	비커스경도
HH370	331 ~ 388	49 ~ 56	331 이상
HH340	321 ~ 375	47 ~ 53	311 이상

별표 2 경도측정 위치



3.3 플래시벧 용접

3.3.1 시공 일반

(1) 레일의 단부 및 측면 처리는 다음에 따른다.

- ① 레일의 단부는 전류의 흐름이 원활하도록 녹 및 기름 등의 불순물을 제거한다.
- ② 용접기의 전극이 접촉하는 레일복부의 양쪽 측면은 전류의 흐름이 원활하도록 연마를 시행하고 양각 문자는 제거한다. 이때 연마면의 위치 및 크기는 감독자의 승

인을 받아야 한다.

- ③ 레일단부의 경사, 요철은 3.0 mm이하가 되도록 한다. 부득이 3 mm를 초과하는 경우에는 수동으로 플래시를 발생시켜 레일 접합면을 가능한 평행하게 한 후 단면의 플래시메탈(flash metal)을 제거한다.

(2) 레일의 맞춤 및 중심 합치기는 다음 각 호에 따른다.

- ① 용접할 레일은 용접기 내로 삽입하여 정확한 위치에 정지한다. 레일의 중심 및 면 맞춤은 정확히 시행하며, 특히 레일공차 등에 의하여 레일면이 다른 경우에는 레일 두부상면 및 궤간선측을 기준으로 하여 조정한다.
- ② 최종적으로 전극과 클램프로 고정시킨 상태에서 레일 단면간의 거리가 3~6 mm가 되도록 조정한다. 레일과 접촉하는 전극면은 불순물이 없도록 사포, 줄, 압축공기 등으로 깨끗이 청소한다.
- ③ 용접기 전극면의 마모상태를 수시로 점검하고 이상 마모 등이 발생할 경우에는 이를 즉시 교환한다.

3.3.2 시공 방법

(1) 용접은 다음 사항에 따라 시공한다.

- ① 용접조건은 용접기의 사양에 따르되 감독자의 승인을 얻은 후에 시행한다.
- ② 용접부에 유해한 결함이 발생한 경우에는 레일절단기로 절단하고 재 용접한다.
- ③ 용접은 다음 표 3.3-1의 조건을 표준으로 시공한다.

표 3.3-1 플래시벚 표준 조건

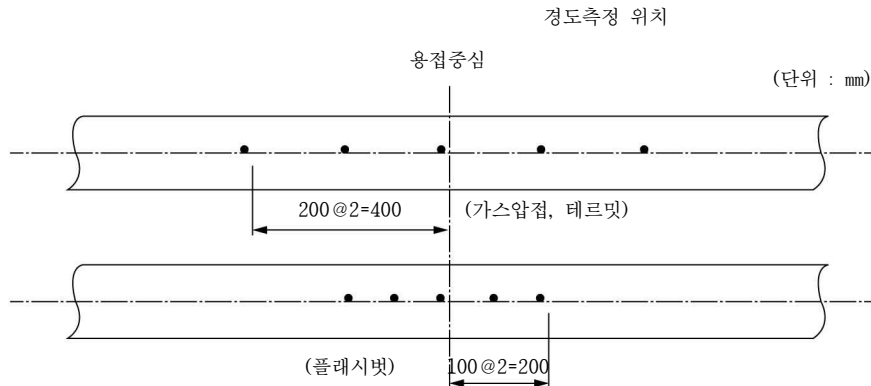
레일종별	예열회수	플래시량 (mm)	가입량 (mm)	용접시간 (sec)
50 N	4	15 ~ 25	14 ~ 28	60 ~ 110
60	6	15 ~ 25	14 ~ 28	70 ~ 120

(2) 트리밍 후 용접부 교정을 실시한다.

(3) 용접 시공 시 준수사항은 다음 각 호와 같다.

- ① 용접 부착물(Burr)은 용접 후 즉시 절단기로 제거하며, 시공시 용접 부착물의 잔여분은 연마기로 제거한다. 이 때 다른 부분이 손상 받지 않도록 하고, 절단기날은 항상 레일두부를 중심으로 좌우 등 간격으로 절단할 수 있도록 조정한다.
- ② 용접개소의 주위상황에 맞게 간이막이를 설치하여 위험요소를 제거하고, 바람 또는 지열로 인하여 용접품질이 영향을 받지 않도록 사전조치한 후 용접을 시행한다.
- ③ 두부 열처리레일을 용접 한 후 후열처리를 하며, 경도측정위치는 별표 3과 같다.

별표 3 경도측정 위치



3.4 테르밋트 용접

3.4.1 시공 방법

(1) 레일의 조정은 다음 각 호에 의한다.

- ① 이음매판을 철거하고 양편으로 2, 3개 정도의 레일 체결장치를 풀어 늦추어 놓을 것
- ② 이음매부의 부식, 후로우 등을 정리한 뒤, 25 mm 용접일 경우에는 유간이 25 ± 1 mm(PLA 경우 25 ± 2 mm), 68 mm 용접일 경우에는 유간이 68 ± 3 mm가 되도록 할 것. 단, 용접 시 적정한 유간이 없는 경우에는 레일을 절단한다.
- ③ 레일단면은 이 기준 1.3.1에 따라 청소를 한다.
- ④ 레일을 1미터 수평 철자로 재어 양측면을 직선이 되도록 하고 레일두부는 이음매부의 중심을 기준으로 해서 1미터 직각자의 한쪽 끝이 일반철도는 1.75 ~ 2.0 mm, 고속선 운행선은 1.2 ~ 1.4 mm, 신설선은 1.0 mm가 낮아지도록 맞출 것(마무리연마 범위는 운행선 60 cm, 신설선 45 cm)

(2) 용접용 형틀의 설치는 다음에 따른다.

- ① 고정 장치는 소정위치에 견고히 고정시키고 형틀은 한쪽에 고정시킨 다음 다른 한쪽을 맞추어 고정시킨다.
 - ② 모래가 이음매부 내로 들어가지 않도록 하며, 용철이 새지 않도록 형틀의 저부, 측면을 빈틈없이 막은 다음 예열 버너로 형틀 내의 모래 등을 청소한다.
 - ③ 도가니는 고정장치 위에 설치하며, 오토탭 프라그는 소정위치에 정확히 거치한다.
- (3) 산소 압력은 5 bar(0.5 MPa), 프로판 압력은 1.5 bar(0.15 MPa)로 조정(PLA 경우 산소 1.5 bar, 프로판 0.4 bar)하여 예열을 시행하며, 이 때 레일두부로부터 버너파이프까지의 간격과 예열시간은 다음 표를 표준으로 한다. 또한, 포장을 제거하지 않은 1회용 도가니를 사용하여 완전 건조 상태에서 작업한다.

표 3.4-1 레일두부로부터 버너파이프까지의 간격

구분	원형 버너파이프	사각 버너파이프
간격(mm)	40	50

표 3.4-2 레일종류 및 용접방법에 따른 예열시간

레일종류	50 kgf/m	60 kgf/m	
용접방법	25 mm 용접	25 mm 용접	68 mm 용접
예열시간(분)	4	5	6

- (4) 예열하는 동안 도가니에 테르밋 용제를 넣고, 예열이 끝난 후에 점화제를 주입하여 용제를 점화시키며, 이 때 반응은 약 40초 내외에 완료한다.
- (5) 용제는 오토탭을 사용하여 자동 탭핑되도록하고, 오토탭의 작동시간은 점화 후 15 ~ 30초를 표준으로 한다. 또한, 표준 작동시간을 벗어난 경우에는 재용접을 원칙으로 하나, 작동시간이 미세하게 벗어난 경우에는 주의깊게 끝 다듬질 검사를 시행하여 결함 유무를 확인하고, 이상이 없을 경우 다음 공정으로 진행한다.
- (6) 25 mm 용접을 할 경우에는 용철이 흘러 주형 내에 들어간지 3분 이후(PLA 경우 5분 30초), 68 mm 용접을 할 경우에는 10분 이후에 몰드 케이스 및 클램프장치를 해체하고, 다시 6분(68 mm 용접 경우 12분)이 경과 레일 상면에서 약 10 mm 까지의 상부 몰드를 제거한다. 이 때 레일 복부 및 저부의 몰드를 제거하여서는 안 된다.
- (7) 트리밍은 적열 중에 전단 잭크를 사용하여 시행하되, 깊이 깎여 드러나지 않도록 하고, 여유 두께가 1 ~ 1.5 mm 가 있어야 한다. 또한, 서냉한 후의 레일 상면은 3.1 시공 일반의 3.1.1의 표면 거칠기 기준을 만족하도록 끝다듬질을 한다. 저부측면의 경우에는 여성부를 레일면과 같게 양쪽 모두 갈아야 한다.
- (8) 두부 열처리 레일을 용접 후 후열처리를 시행한다.

3.5 엔크로즈드 아크용접

3.5.1 시공 일반

- (1) 엔크로즈드 아크용접은 이음용접, 레일 끝닿음 용접 및 크로싱 살부치기용접, 레일두부표면 살부치기용접 등에 적용할 수 있다.
- (2) 이음용접의 경우에는 레일의 단면간 거리는 17 ± 3 mm(두부열처리레일의 경우 14 ± 3 mm, 14 ± 2 mm)를 표준으로 하고, 단면을 맞출 때에는 사용방향에 따라 레일 두부 및 궤간 내측이 직선이 되도록 맞추어야 하며, 냉각 후 수평이 되도록 레일 조정 시 4 ~ 5 mm 정도의 캠버를 붙여야 한다.
- (3) 예열은 다음에 따른다.

- ① 이음용접시 모재를 예열할 경우에는 레일 단면의 양측 약 150 mm를 균등 가열하고, 레일 저부는 500 ℃가 되도록 가열하며, 예열이 레일단면 전체에 미치도록 한다. 레일 끝닿음 용접 및 크로싱 살부치기용접에서 모재를 예열할 경우에는 레일 두부에 필요한 길이만큼 120 ~ 180 ℃가 되도록 가열한다.
- ② 용접봉 직경에 따른 사용전류의 표준은 다음 표 3.5-1과 같다.

표 3.5-1 용접봉 직경에 따른 사용전류

용접봉 직경	전류
4 mm	130 ~ 170 A
5 mm	200 ~ 250 A

- (4) 이음용접을 할 경우에는 중앙부에 V자형으로 특수 가공된 동판을 레일 밑바닥 면에 붙인 후 그 위에 용접을 시행한다. 또한, 레일 끝닿음 용접 및 크로싱 살부치기용접을 할 경우에는 레일 저부 양측을 버팀쇠로 고정시켜야 하고, 용접을 개시 할 때 아크는 이 버팀쇠에서 발생시켜야 하며, 두부 양측에 자석으로 동판을 붙인 다음 용접을 시행한다.

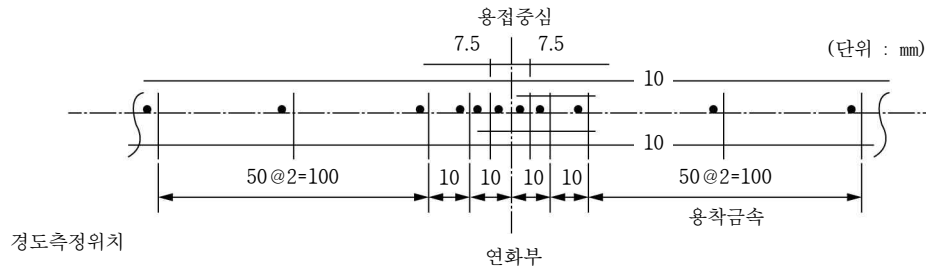
3.5.2 시공방법

- (1) 엔크로즈드 아크용접방법은 다음 각 호에 의한다.
 - ① 운봉법은 원형운봉 또는 반원형운봉을 이용할 것
 - ② 용접선과 용접봉 간의 각도는 70 ~ 80°를 유지할 것
 - ③ 용접은 비석법으로 시행하되 1차 용착두께는 2.5 ~ 3.0 mm 이하, 용착폭은 8 mm 이하, 용입은 1.5 mm 이상으로 할 것
 - ④ 용접부의 초과두께는 1 ~ 2 mm 정도로 할 것
 - ⑤ 용접진행방향에 따른 용접방법은 후퇴법으로 할 것
 - ⑥ 용접봉은 포장을 개봉하지 않은 것을 사용하고, 개봉한 것을 사용할 경우에는 건조실에서 105±5 ℃로 1시간 이상 건조시킨 뒤에 사용할 것
- (2) 이음용접을 시행할 때는 다음 각 호에 의한다.
 - ① 저부용접은 동판위에 용접을 하여 레일저부를 만들 것
 - ② 복부 및 두부 용접은 수냉장치된 치구로 둘러싸인 공간을 용접하되 매 1층 용접이 끝나면 쇄슬로 슬래그를 제거한 다음에 용접을 할 것
 - ③ 용접이 끝나면 치구를 제거하고 버팀쇠를 토치램프로 절단 할 것
- (3) 레일 끝닿음 용접 및 크로싱 살부치기용접에 사용하는 표면경화용 용접봉과 고장력강용 용접봉은 60~70 % : 30~40 % 의 비율로 사용한다.
- (4) 후열처리는 다음에 따른다.
 - ① 후열처리의 범위는 레일 끝닿음 및 크로싱 살부치기용접의 경우에는 용접 부위 끝에서 100 mm 이상, 이음 용접의 경우에는 접합부를 중심으로 양쪽으로 각 50

mm 이상으로 하고, 600 ~ 700 ℃로 20분간을 표준으로 한다.

- ② 후열처리를 시행한 후에는 석면포를 덮어 반드시 20분 이상 서냉한다.
- ③ 두부 열처리 레일의 두정면 경도 측정위치는 별표 4와 같다.

별표 4 경도측정위치



(5) 서냉이 끝나면 이 기준 3.1.1에 따라 끝다듬질을 한다.

(6) 레일두부표면 살부치기용접 절차는 다음호와 같다.

- ① 예비연마: 결함의 폭, 깊이, 주행면의 위치 및 통과조건을 감안하여 레일연마 단면을 정한 후 예비연마를 시행한다.
- ② 자분탐상검사 또는 침투액수평분할탐상: 레일표면의 결함상태를 확인하고, 결함이 발견될 경우 연마를 다시 시행하여 결함이 발견되지 않도록 한다.
- ③ 예열: 레일온도가 350 ~ 400 ℃ 이내로 가열 한다.
- ④ 용접방법: 테두리선을 먼저 작업한 다음 좌, 우로 이동서 용접을 시행한다.
- ⑤ 초벌다듬기 연마: 주행면을 기준으로 금속부의 초과 두께가 0.54 mm 를 넘지 않도록 연마한다. 단, 마감연마 시 초과 두께가 0.3 mm 이하로 내려가지 않도록 연마한다.
- ⑥ 마감연마: 용접 후 레일두부의 최종단면을 복구한다. 마감연마는 레일 온도 50 ℃ 이하에서 하며 지나치게 연마되지 않고 평평하게 유지되도록 한다. 이 때 틸새 게이지로 측정한 초과 두께는 곡선부를 포함하여 0.1 ~ 0.2 mm 사이에 한다.
- ⑦ 후열처리: 용접부 끝에서 100 mm 이상을 600 ~ 700 ℃로 20분(표준)간 후열처리를 한 후 석면포를 덮어 20분 이상 서냉한다.
- ⑧ 끝다듬: 서냉이 끝나면 이 기준 3.1.1에서 정한 바에 의하여 끝다듬 손질을 한다.

부 록

부록 I. 레일용접부 초음파탐상 지침

1. 목적과 적용 범위

- (1) 이 지침은 레일용접 개소의 용접결함 검출을 목적으로 하며, 용접시공 시의 '레일 용접부의 비파괴 검사방법' 중에 초음파탐상에 적용한다.
- (2) 초음파탐상은 펄스반사법에 의한 기본 표시의 포터블 초음파 탐상기를 사용하며, 탐촉자의 수동 주사에 의한 직접 접촉법으로 한다.

2. 장치 및 부속품

2.1. 탐상기

A-scope 표시의 펄스 반사식 초음파 탐상기를 사용한다.

2.2 탐촉자

- (1) 주파수 2 MHz, 진동자 크기 10 mm × 10 mm , 공칭 굴절각 45°의 사각 탐촉자를 사용한다.
- (2) 정밀도가 높게 결함의 위치를 찾기 위하여 KS B 0831에 규정된 초음파 탐상 시험용 표준 시험편(STB-A1)을 사용하여 탐촉자의 입사점, 굴절각을 정확히 측정한다.

① 입사점의 측정

STB-A1 시험편의 100R 곡면을 향하여 초음파를 입사한다. 탐촉자를 전후로 이동(전후 주사)시켜 곡면으로부터의 에코 높이가 최대가 되는 위치에서 고정한다. 이때, 100 R의 중심을 나타내는 표시(silt의 곡면측)에 대응시켜 탐촉자 측면의 입사점 눈금을 0.5 눈금 단위로 읽는다. 이 값이 사용 탐촉자의 입사점이다.

※ 반드시 탐촉자 밑면에 썰기를 부착한 후 사용한다.

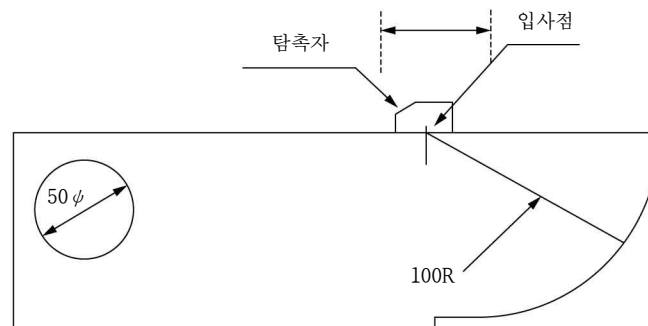


그림 1 입사각 측정방법

② 굴절각의 측정

STB-A1 시험편의 45° 부근에서 50φ 구멍을 향하여 탐촉자를 전후 주사하여 에코가 최대가 되는 위치를 구한다. 이때 ①에서 측정한 입사점에 대한 표준 시험편의 각도 눈금을 0.2° 단위로 읽는다. 이 값이 사용 탐촉자의 굴절각이다.

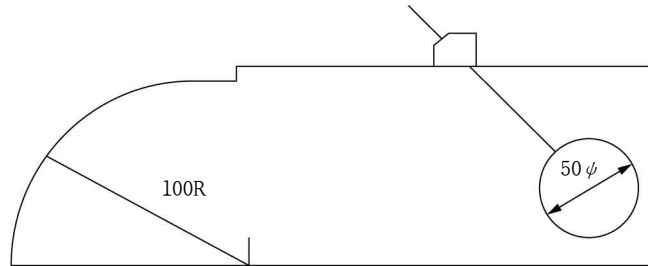


그림 2 굴절각의 측정방법 (STB-A1)

2.3 대비 시험편

- (1) 대비 시험편(RW1-60형 · 레일 용접부 탐상용)은 JIS E 1101-1990에 규정된 60 kg 레일을 가공한 것을 사용한다. 이에 대한 형상 및 크기는 그림 3과 같다

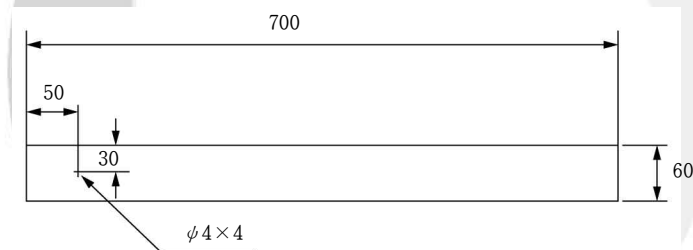


그림 3 레일 용접부 탐상용 대비 시험편 (단위 mm)

2.4 접촉매질

- (1) 접촉매질은 원칙적으로 글리세린, 기계유를 사용한다.

3. 탐상준비

3.1 용접부 및 탐상면의 손질

- (1) 두부 및 저부 측면의 덧살이 잘 제거되었는지를 확인한다. 탐상에 지장을 줄 수 있는 단이 용접부 표면에 존재할 경우는 그 부분을 매끄럽게 마무리한다.
- (2) 테르밋 용접부에 있어서는 특히 저부 측면의 덧살하부에 주의하여야 한다.
- (3) 탐상면이 되는 두부면(용접부 양측 약 200 mm의 범위), 두부측면(용접부의 양측 약 100 mm) 및 저부측면(용접부 양측 약 150 mm)에 대해서는 스패터, 녹, 페인트, 스케일 등을 제거하고, 탐촉자의 안정된 접촉과 주사를 할 수 있도록 평활하게 한다.

3.2 주파수 · 리제션 · 펄스 폭 등의 설정

주파수는 2 MHz, 리제션 및 DAC는 '0' 또는 'off', 펄스폭 및 파형은 '보통'으로 한다.

3.3 시간축의 조정

실제로 사용하는 탐상기와 탐촉자의 조합에 의해 일탐촉자법으로 조정한다.

- (1) 대비 시험편(RW1-60형)의 결함 수직거리(탐상면에서 중심까지의 깊이)가 20 mm인 표준구멍을 직사에 의한 에코가 시간축 눈금 5에, 결함 수직거리가 140 mm인 표준구멍을 직사에 의한 시간축 눈금 35에 위치하도록 측정 범위 및 원점을 조정한다.
- (2) 수직 결함 거리 40 mm, 60 mm, 80 mm, 100 mm의 표준구멍으로부터의 직사에 의한 에코가 각각 시간축 눈금 10, 15, 20, 25 및 30이 되는지를 확인한다.

3.4 이(2)탐촉자법의 감도조정

- (1) 두부를 탐상할 경우는 대비시험편 두부 상면의 표준구멍(A1)으로부터의 반사 에코높이가 80%가 되도록 감도를 조정한다. 이 때의 에코 위치는 시간축 눈금 7 ~ 8부근이 된다. 또한, 이 감도를 H2 기준 감도라 한다. 또한, 저부를 탐상할 경우에도 저부하면의 표준구멍(A2)으로부터의 반사 에코 높이가 80%가 되도록 감도를 조정한다. 이 때의 에코 위치는 시간축 눈금 18 부근이 된다. 또한, 이 감도를 B2 기준감도로 한다.
- (2) 게인을 조정하여 H2 또는 B2 기준 감도에서 6dB만큼 감도를 내려 이 때의 에코 높이가 40%임을 확인한다. 또한 기준감도에서 12 dB 내렸을 경우의 에코 높이가 20%, 18 dB 내렸을 경우의 에코 높이가 10% 정도임을 확인한다.

3.5 일(1)탐촉자법의 감도조정과 거리진폭특성곡선

- (1) 결함수직거리 140 mm 인 표준구멍의 직사에 의한 에코가 최대가 되는 위치에서 에코높이가 60 % 가 되도록 감도를 조정한다. 이 때의 에코 선단위치를 눈금 상판에 플롯트한다. 또한, 이 감도를 H 기준 감도로 한다.
- (2) 게인을 조정하여 H 기준감도상에서 6 dB 만큼 감도를 내리고 이 때의 에코높이(에코 선단 위치)를 눈금상판에 플롯트한다. 또한, 6 dB만큼 감도를 내려 같은 형태로 플롯트한다. 에코 높이가 5 % 를 넘을 때까지 이를 반복한다.
- (3) 탐촉자를 이동하여 (2)에서 설정한 각 감도에 대하여 결함수직거리가 다른 표준 구멍의 직사에 의한 에코 높이를 눈금상판에 플롯트한다.
- (4) 결함 수직거리가 다른 표준구멍에 대해 에코 높이의 플롯트 점을 각 감도별로 직선으로 연결하여 시간축상 눈금 35 이상은 45까지 직선을 연장한다. 또한, 시간축 눈금 5 이내는 5 눈금의 에코높이의 플롯트 점과 같은 높이의 선으로 한다. H기준 감도의 선을 H선, H선에서 6 dB 낮은 선을 A선, A선에서 6 dB 낮은 선을 B선, B선에서 6 dB 낮은 선을 C선, C선에서 6 dB 낮은 선을 D선, D선에서 6 dB 낮은 선을 E선으로 한다. 이와 같이 하여 구해진 곡선군을 거리진폭 특성곡선이라 하며, 그 작성 예는 그림 4와 같다.

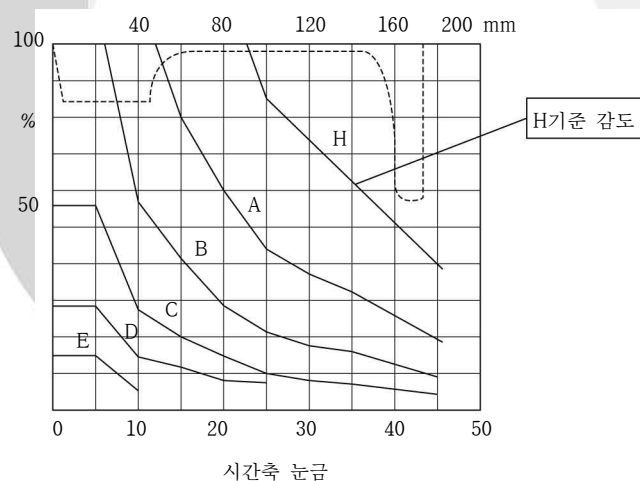


그림 4 거리진폭 특성곡선의 일례

4. 탐상방법

레일용접부의 초음파 탐상은 이(2)탐촉자법과 일(1)탐촉자법에 의한 사각탐상을 병행하여 용접부의 양측에 대하여 실시한다.

4.1 이탐촉자에 의한 탐상

(1) 탐상의 범위

탐상면은 두부 및 저부 양측면으로 하고, 탐상의 범위는 용접부 양측 0.5 skip내로 한다.

(2) 탐촉자의 주사

송신용 탐촉자로부터의 초음파 빔 중심이 직사이며, 용접부의 전체를 덮듯이 다소의 목돌림 및 좌우주사를 병행하여 0~0.5 스킵(skip)거리의 범위를 레일길이방향으로 주사한다. 이때, 수신용 탐촉자를 송신용 탐촉자의 이동과 역방향으로 이동시켜 송신과 수신용 탐촉자에서 반사되었을 경우에 수신되는 기하학적 위치에 항상 대응시킬 필요가 있다.

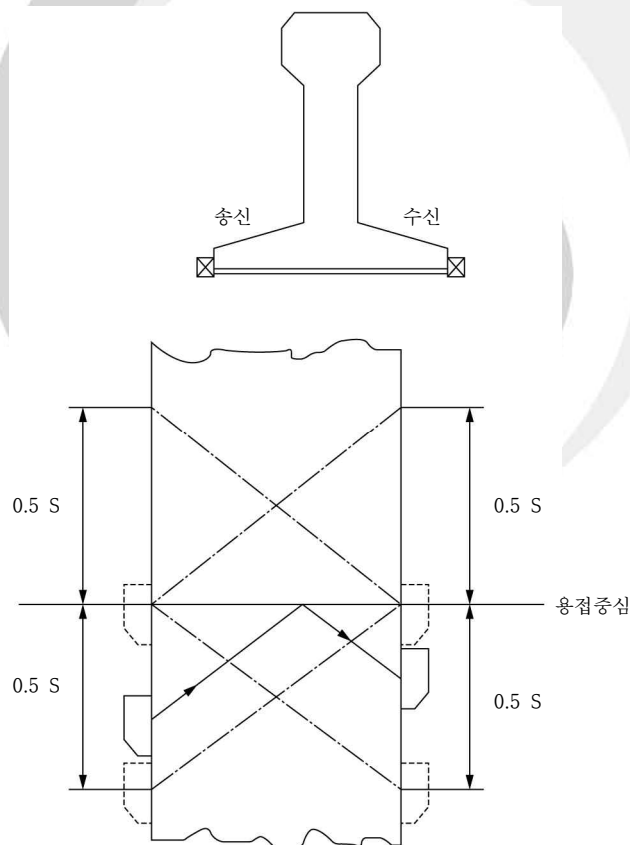


그림 5 이 탐촉자법에 의한 용접저부의 탐상

(3) 시간축의 확인

저부의 용접부를 사이에 두고 송신용 탐촉자와 수신용 탐촉자를 대칭시켜 구해진 투과에코가 나타나는 위치가 UIC 60 레일의 경우에는 시간축 눈금이 16부근임을 확인한다.

(4) 탐상감도의 설정

탐상의 기본감도는 두부를 탐상할 경우는 H2 기준감도, 저부를 탐상할 경우에는 B2 기준감도로 한다. 대비 시험편의 표준구멍(A1 및 A2)의 반사에코 높이가 80%가 되는 감도이다.

(5) 결함 에코의 등급분류

결함에코는 최대 에코 높이를 기준으로 표 1과 같이 4개의 등급으로 분류한다. 용접부의 양측 탐상으로 동일 결함으로부터의 에코를 구하여 그 결함등급이 다를 때에는 하위의 급으로 한다.

표 1 이탐촉자법에 의한 결함의 등급분류

최대 에코 높이	등급
10% 초과 ~ 20% 이하	1
20% 초과 ~ 40% 이하	2
40% 초과 ~ 80% 이하	3
80% 초과	4

(6) 결함 위치의 측정

송수신용 탐상면에 대한 탐촉자와 용접부 중심의 거리 및 굴절각으로부터 결함과 탐상면의 수직거리 및 결함과 용접부 중심과의 거리를 구하여 결함의 위치를 정한다.

4.2 일탐촉자법에 의한 탐상

(1) 탐상의 범위

탐상면은 두부상면, 두부 양측면 및 저부 양측면으로 하고 용접부 양측의 0.5 스킵(skip) 거리에 60 mm를 더한 범위로 한다.

(2) 탐촉자의 주사

탐촉자의 주사는 초음파 빔이 직사이며, 전 용접부를 덮도록 다소의 목돌림 및 좌우 주사를 병행한 전후주사를 한다.

(3) 시간축의 확인

측정 범위 및 원점의 위치가 거리 진폭 특성곡선 작성 시와 같게 되도록 대비 시험편의 결함 수직거리 20 mm 및 140 mm의 표준구멍을 사용하여 시간축을 확인한다.

(4) 탐상감도의 설정

탐상의 기본감도는 H기준 감도로 한다. 대비 시험편 표준구멍의 에코높이가 거리진 폭특성곡선의 H선에 맞는지를 확인한다.

(5) 탐상감도의 변경

(4)에서 설정한 기본감도로 탐상하고 검출된 결함 에코높이가 100%를 넘을 경우는 100% 이하가 될 때까지 탐상감도를 6 dB 스텝으로 내린다. 기본 감도보다 6 dB 내렸을 때의 탐상감도를 A감도, 12 dB 내렸을 때의 탐상감도를 B감도, 18 dB 내렸을 때의 탐상감도를 C감도라 한다. A감도에 대한 특성곡선은 A선, B감도에 대한 특성곡선은 B선, C감도에 대한 특성곡선은 C선이다.

(6) 결함 에코 높이의 영역구분

탐상감도와 대응하는 특성곡선보다도 18 dB 낮은 곡선을 넘고, 12 dB 낮은 곡선 이하의 범위를 영역 I, 6 dB 낮은 곡선 이하에서 영역 I 을 넘는 범위를 영역 II, 탐상감도곡선에서 영역 II를 넘는 범위를 영역 III, 영역 III(탐상감도의 곡선)을 넘는 범위를 영역 IV로 한다. 기본감도(H 기준감도)로 탐상하였을 경우 및 B감도로 탐상하였을 경우의 영역구분을 그림 6(a), (b)에 나타내었다.

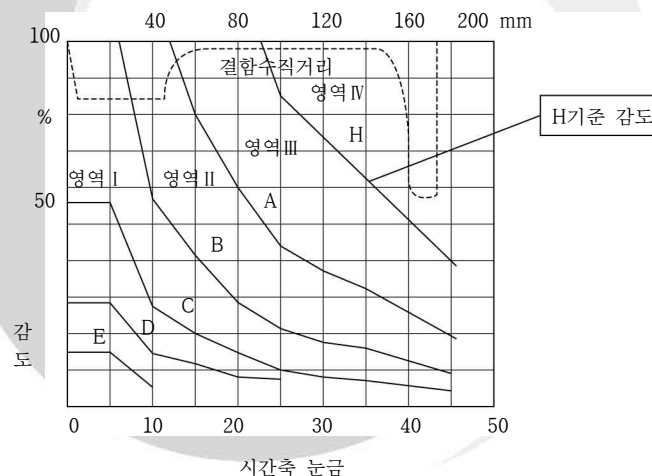


그림 6(a) H기준 감도에 대한 영역구분

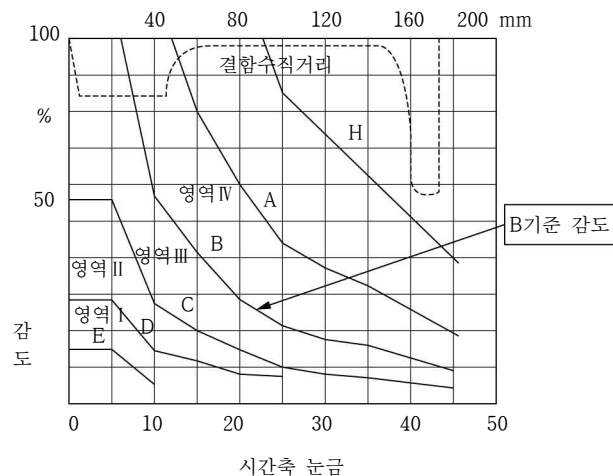


그림 6(b) B기준 감도에 대한 영역구분

(7) 결함에코의 등급분류

결함에코는 최대 에코 높이의 출현 영역에 따라 표 2와 같이 4등급으로 분류한다. 두 방향 이상에서 탐상하였을 경우에 동일 결함 에코의 등급이 다를 때는 하위의 등급을 적용한다.

표 2 일탐촉자법에 의한 결함의 등급분류

최대 에코 높이 출현 영역	등급
영역 I	1
영역 II	2
영역 III	3
영역 IV	4

(8) 결함 위치의 측정

시간축상에서 에코의 위치, 탐촉자와 용접부 중심의 거리(입사점에서 용접중심까지의 거리) 및 굴절각으로부터 결함과 탐상면의 수직거리 및 결함과 용접부 중심의 거리를 구하여 결함의 위치를 정한다.

5. 탐상기록

검사를 한 후에는, 별지 1의 양식에 다음의 사항을 기록한다.

- (1) 공사건명 및 검사건명
- (2) 탐상검사 시행개소명
- (3) 탐상검사 년월일
- (4) 탐상검사 기술자명
- (5) 탐상기형식 및 번호(또는 관리번호)
- (6) 탐촉자의 성능(굴절각, 입사점, H, H2, B2 기준감도)
- (7) 용접부 번호 또는 기호
- (8) 레일의 종류
- (9) 용접의 종류
- (10) 결함의 위치
- (11) 결함의 크기(결함 에코 높이, 결함 등급, 탐상감도)



집필위원

성명	소속	성명	소속
황선근	한국철도기술연구원	신지훈	한국철도기술연구원

자문위원

성명	소속	성명	소속
박성현	서현기술단	신순호	(주)KRTC
성덕룡	대원대학교	이기승	서현기술단

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
이용수	한국건설기술연구원	정혁상	동양대학교
구재동	한국건설기술연구원	구자안	한국철도공사
김기현	한국건설기술연구원	김석수	(주)수성엔지니어링
김태송	한국건설기술연구원	김재복	(주)태조엔지니어링
김희석	한국건설기술연구원	소민섭	희명정보통신(주)
류상훈	한국건설기술연구원	여인호	한국철도기술연구원
원훈일	한국건설기술연구원	이성혁	한국철도기술연구원
주영경	한국건설기술연구원	이승찬	(주)평화엔지니어링
최봉혁	한국건설기술연구원	이진욱	한국철도기술연구원
허원호	한국건설기술연구원	이찬우	한국철도기술연구원
		최상철	(주)한국건설관리공사
		최찬용	한국철도기술연구원

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
김현기	한국철도기술연구원	최상현	한국교통대학교
이광명	성균관대학교	정광섭	포스코건설
신수봉	인하대학교	손성연	씨앤씨종합건설(주)
이용재	삼부토건(주)		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
임종일	철도건설과	홍석표	철도건설과
문재웅	철도건설과		



KCS 47 20 35 : 2019

레일용접공사

2019년 04월 08일 개정

소관부서 국토교통부 철도건설과

관련단체 한국철도시설공단
34618 대전광역시 동구 중앙로 242 한국철도시설공단
Tel : 1588-7270
<http://www.kr.or.kr>

작성기관 한국철도기술연구원
16105 경기도 의왕시 철도박물관로 176 한국철도기술연구원
Tel : 02-460-5000
<http://www.krri.re.kr>

국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>