

유럽 철도망의 차축온도검지장치(HBD) 기술동향 소개



| 최 재 식 |
한국철도공사 연구원
차장

1. 서론

1.1 HBD¹⁾ 필요성

차축베어링 또는 차량브레이크의 이상 과열로 윤활이 충분하지 않으면 차축베어링은 기능을 잃게되며 또한 차축의 불균등한 하중은 차량의 탈선을 초래한다. 지상의 선로변 HBD 시스템의 경제적 효율성은 탈선을 사전에 예방하는 비용으로 비교될 수 있다. 이 자료는 유럽에서 사용되는 HBD시스템에 대한 설치 및 운용사례에 대해 개괄적으로 소개한다

철도는 전세계적으로 안전한 교통수단이나 매년 중대한 사고가 적지만 꾸준히 발생한다. 특히 화물열차의 경우 주

원인은 휠 베어링 및 브레이크 결함에 기인하고 있다. 이러한 알 수없는 영향의 발생은 결함있는 베어링이나 브레이크의 과열과 차축이나 차량바퀴의 파손으로 이어지며 이러한 영향은 차량의 탈선으로 이어지게 된다. 따라서 선로변 HBD의 주요 측정지점은 고온의 차축베어링, 차량바퀴, 디스크브레이크로 초기단계에서 적정거리에서의 온도를 측정, 손상을 식별한다. 통과하는 차축 베어링 박스, 휠, 브레이크 디스크의 온도를 측정하는 비접촉 온도측정원리인 HBD는 기존선과 고속선에 모두 사용될 수 있으며, 과열된 바퀴 베어링으로 인해 탈선을 예방할 수 있으며, 고장없는 선로운영을 가능케 한다.

1.2 적외선기술을 활용한HBD의 기초

1.2.1 비접촉식 온도 측정의 물리적근거

비접촉식 온도 측정의 기초는 절대온도(켈빈온도 0: -273.15℃)를 영점으로 하여 발열체의 온도 상태에 따라 전자기 방사선 방출을 검지한다. 방사선의 강도가 최대가 되는 파장(A)의 강도는 발열체(플랑크의 방사 법칙, 빈의 변위 법칙)의 각각의 온도에 따라 달라진다. 또한 방출 표면의 성질과 특징에 따라 방출 에너지에 영향을 준다. 단지 높은 온도에서(> 500℃) 방사선의 일부가 가시 광선으로 방출된다. HBD의 온도 검지는 적외선 범위(3m~6m의 파장)에서

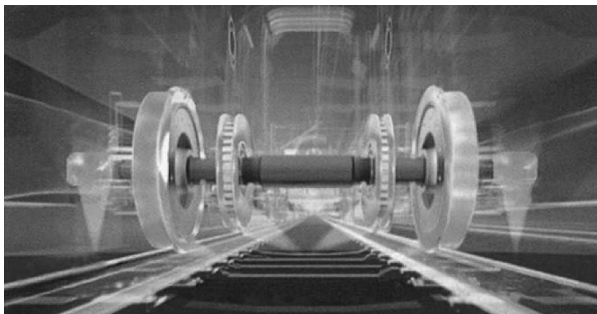
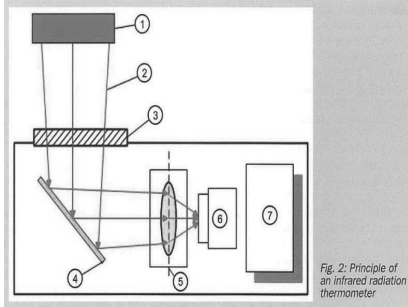


그림 1. 차축베어링,차륜,브레이크디스크의 온도발열상태

1) HBD : Hot Box Detector (차축온도검지장치)



- (1) 동일 차축 베어링, 휠 브레이크 디스크
- (2) 적외선
- (3) 셔터
- (4) 편향 미러
- (5) 광학 시스템
- (6) 적외선 센서
- (7) 전자부품(증폭기)

그림 2. 적외선 측정기의 원리

주로 이루어진다.

비접촉방식으로 표면의 방출 방사선을 직접 온도 값에 해당되는 출력 신호를 측정할 수 있는 측정기를 방사선 온도계(pyrometers)라고 한다. 철도 분야에서 특별히 개발된 적외선 스캐너는 매우 빠르게 복사열을 측정한다. 표면온도에 대한 방사선 온도계의 출력 신호에 대한 값은 교정에 의해 이루어진다. 그 때문에 이 해당 출력 신호는 표면 온도에 대한 값에 전자적으로 저장된 보정테이블 값인 공장교정 및 자동보정에 의해 보정된 값을 의미한다. 이를 통해 출력 신호가 온도값으로 변환할 수 있다. 그래서 비접촉식이고 측정범위가 0℃~650℃인 빠르고 특수한 적외선 측정기를 이용하여 대상물의 열 복사를 전기신호로 변환한다. 렌즈, 거울, 적외선검지기로 이루어진 HBD 센서는 카메라와 같은 측정방법으로 구현된다.

적외선 센서는 하나 이상의 픽셀을 가지고 있으며, 차축 박스가 통과할때 복사되는 적외선을 시스템에 의해 검지, 전압으로 변환하여 절대 온도로 표시된다. 이러한 전압은 (비교 표) 이전 보정테이블에 따라 온도 값으로 변환된다. (일부 구형시스템의 경우에는 절대적으로 온도를 측정하지 못하고 대기온도를 좀더 정확하게는 차량의 차가운 바닥쪽을 측정한다)

온도의 측정 및 계산은 수 초 걸리며, 측정 대상의 온도는 고속으로 여러번 검지된다.

: 일반적인 온도 측정 범위

HABD²⁾: 0℃ - 150℃(차축베어링 온도)

HWD³⁾: 80℃-650℃ (휠/브레이크디스크 온도)

* 사용하는 시스템의 모든 관련 구별: 사용 특정 지역의 오염, 대기온도, 눈, 얼음, 습도 등

철도 운영상 온도 검지에 관련된 주요 문제는 다음과 같다.:

- 차량 자체 부품, 제동 스파크에 의한 태양 복사(6,000℃의 표면 온도의 태양에 의한 열소스 교란) 또는 가까운 곳의 표면 열원 측정 방해(차축베어링, 브레이크 디스크).
- 절대적으로 이러한 장애를 최소로 줄이기 위해 사용 중인 모든 시스템(하드웨어와 소프트웨어) 메커니즘의 통합
- 미래의 철도 차량은 차축에 고정 설치된 차축발열검지 장치를 통해 문제없이 차축베어링 온도를 측정할 수 있을 것이다. (참고 DIN EN 15437-2:2009)
- 철도 응용 프로그램 - Axlebox 상태 모니터링 - 인터페이스 및 설계 요구 사항 - 1부: 선로변 장비 및 차축박스, 15437-1:2009 EN 독일 버전

DIN : 독일공업규격, EN : 유럽연합규격

* HABD = 차축검지기

** HWD = 휠 검지기

1.2.2 HBD 구성 및 기능

(1) HBD 구성

HBD의 필수 구조는 그림 3.에 간략한 구성도로 표시되고 다음과 같은 기능 블록으로 구성되어 있다:

- ① 선로내 적외선 측정 시스템 (pyrometers) (침목이나 레일에서)
- ② 선로내 레일 접촉(차축 카운터)
- ③ 선로변 전자랙
- ④ 데이터 전송 및 네트워크
- ⑤ 차량기지에 화면 표시

2) HABD : Hot Axle Box Detector

3) HWD : Hot Wheel Detector

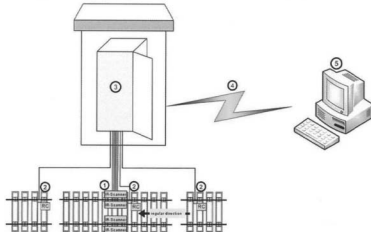


그림 3. HBD 시스템의 원리

(2) HBD 기능

열차는 측정 시스템 활성화를 통해 시스템을 통과 레일 접촉(2) 접근하고 그것은 (어떤 경우에는 측정 시스템도 ‘궤도점유’ 신호, 프랑스 등에 의해 활성화됨)

측정 준비가 되면 바뀌는 차축카운터에 의해, 왼쪽과 오른쪽 차축베어링의 온도 값, 시스템에 따라 바뀌, 디스크브레이크의 온도를 측정하고 차축번호를 할당하는 적외선 측정시스템(1)으로 위험온도의 경우 경보가 발생한다.

○ 최소한의 수신정보 리스트

- 알람 형태 (예: 고온 알람, 저온 알람 ⇒ 단순, 위험 알람)
- 온도 측정값

- 측정 장소 (베어링, 휠, 브레이크 디스크)
- 알람 발생한 차축 번호
- 차량의 측정온도(대기온도)
- 열차의 진행방향

시스템의 구축 종류에 따라 추가 정보를 수집 및 보고할 수 있으며, 각각의 열차에 특정 알람을 생성하는 온도 값 생성이 가능하며, 알람의 종류에 따라 열차편성 방법은 사전에 규정된다. 각각의 알람에 대한 조치는 각 나라마다 다를 수 있다. (프랑스에서 열차에 위험알람 신호발생시 열차는 자동으로 정지된다.)

2. 현재 유럽에서 사용되는 다양한 측정 형태 및 시스템 운영사례

2.1 유럽에 설치된 HBD 종류

현재 유럽에서 사용, 운영 중인 HBD를 볼때, 최근 다섯가지 시스템은 유형의 어느면에선 거의 차이가 없지만, 다른 측면에서는 상당히 차이가 있다.

제작사	국가	제품명	규격	비고
Ansaldo STS	이탈리아	HBD50	1Pixel IR	
ÖBB	오스트리아	TK99	2Pixel IR	
Progress Rail	미국	FÜES	2Pixel IR	
SST	독일	PHOENIX MB	8Pixel IR	
VAE	오스트리아	HOA400	1Pixel/진동거울 IR	

* 비고 : Progress Rail은 예전에 GTES의 새로운 이름 (GTES:General Electric Transportation Systems)

2.2 적외선검지장치 시스템의 분류

현재, 세계적인 적외선 측정 시스템은 세 가지 범주로 나눌 수 있다

2.2.1 단일 빔 시스템

이 시스템 유형의 모든 적외선 스캐너는 하나의 스캔 포인트를 가집니다. 전체 시스템은 한 지점에 여러 적외선 스캐너로 구성될 수 있습니다.

제품명	제작사	비고
HOA50	Ansaldo STS	

2.2.2 듀얼 빔 시스템

이 시스템 유형은 차축 베어링 측정을 위한 두 개의 독립적인 스캔 포인트와 적외선 스캐너를 포함합니다. 두 개의 적외선 스캐너가 바퀴와 브레이크 디스크 온도를 각각 측정한다.

제품명	제작사	비고
TK99	ÖBB	

2.2.3 다중 빔 시스템

시스템의 모든 적외선 스캐너는 여러 스캔 포인트 (열차 진행 방향으로 몇 픽셀로 된 사각형의 라인스캐너)가 있다. 전체 시스템의 여러 스캔 포인트는 각각 여러 적외선 스캐너로 구성되어 있다. 라인 센서 시스템은 적절한 베어링 온도를 측정하기 위해 최신 소프트웨어를 광범위하게 이용한다. 더욱 확대된 스캔 영역은 측정범위 밖의 베어링 온도 상승으로부터의 위험을 줄여준다.

HOA400 시스템은 라인스캐너가 없다. 이 경우 라인 스캔 (검색)은 기계적인 진동 거울에 의해 이루어진다.

제품명	제작사	비고
FUES	Progress Rail (예전 GTES)	
PHOENIX MB	SST Signal & SystemTechnik GmbH	
HOA 400	VAE	

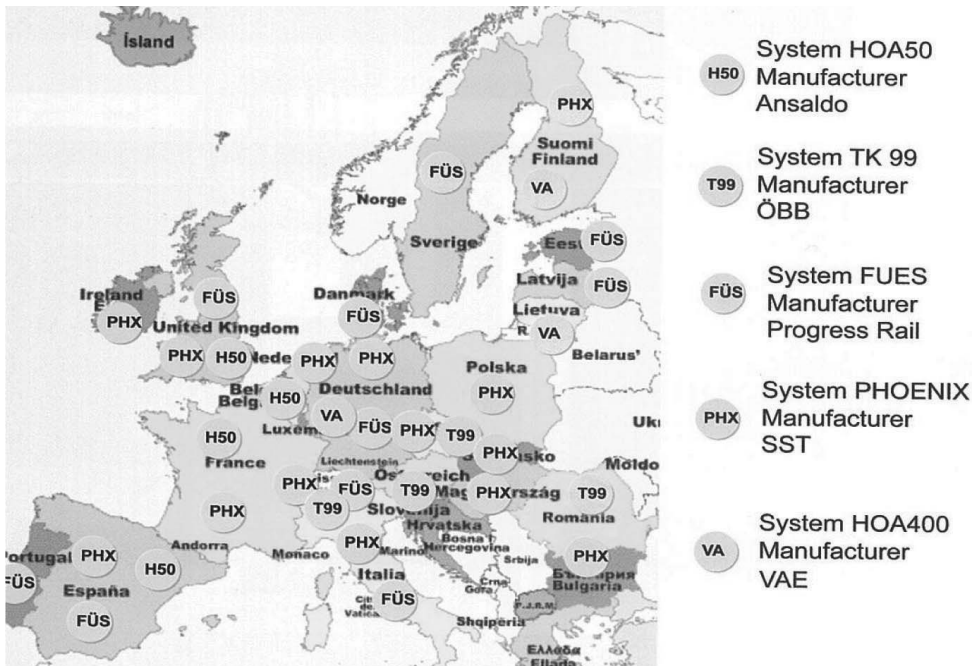


그림 4. 유럽의 HBD 시스템 설치현황

3. 유럽에서 운영중인 HBD 장치 설치현황

지난 몇 년 동안 여러 유럽 국가들은 기존의 HBD의 교체 및 철도 네트워크내에서 이러한 시스템의 정밀도를 높이기 위해 모두 개량하였다. 그림4는 2010년 유럽에서 다양한 HBD 설치현황을 나타낸다.

모든 HBD시스템의 중요한 매개변수는 가용성, 안정성, 거짓 경보 속도와 수명이다. 이러한 데이터의 특정 지식은 시스템의 추가 개선을 달성하기 위해 시스템의 모든 제조업체에 대한 가치이다. 또한 적절한 통계의 평가는 사업자의 몫으로 남겨져 있다. 일반적으로 그것은 신뢰성과 의미있는 가치를 얻기 힘들다. 명시된 매개 변수는 HBD시스템, 운영자에 의해 경보 임계값의 사양, 경보 생성(특별 알고리즘), 운영자에 의해 경보장치의 적절한 조치뿐만 아니라 유지보수에 의해 온도의 측정 등 전반적인 과정의 결과로 구성된 전체 시스템으로 구성된다.(HBD, 데이터 전송, 신호제어실) HBD시스템의 기능은 여기에서 전체과정중의 단지 일부분이다. 따라서 이것의 고장원인은 검색할 수 있는 전반적인 과정에서 어느 시점에서 결정되지만 확인되지 않은 경보(‘거짓 경보’)의 경우 때로는 원인을 밝히기가 매우 어렵다.

4. 유럽 규정에 의한 차량 및 핫 박스 검지기에 요구되는 새로운 EN 15437-1의 조정

새로운 “EN 15437-1 철도응용- 차축베어링박스 상태모니터링 - 인터페이스 및 설계 요구 사항 - 1 부: 선로변장비 및 차량 차축박스” 이 표준은 인터페이스 궤도측 차축베어링박스 검지기 및 철도 차량 사이에 대한 최소한의 요구 사항을 정의한다. 차축 베어링 온도의 측정에 대해서만 요구 사항이 설명되어진다. 휠 온도와 브레이크 디스크의 온도 검지는 이 표준에 적용되지 않는다. 이 인터페이스를 정의하기 위해서는 차량과 HBD시스템 모두 설명해야 한다.

4.1 차량의 목표지점

한편 요구사항은 이러한 차량의 크기와 대상 역(TA)의 위치로 차량에 부착 될 것이다.

4.2 HBD의 온도 측정 구역

HBD가 설치되어 고정된 경우, 최소한의 위치 영역이 이 영역 내에 온도를 적어도 하나의 개별 측정을 취할 수 있도록 트랙의 중심 라인에 관한 온도 측정 영역 TMZ으로 정의되어진다.

두 지역 (HABD의 영역을 측정 차량 및 고정온도에 대상 지역을 이동) 기차의 움직임으로 인해 상호 상대적인 움직임, 표준 바퀴의 최대 횡측운동 미만의 트랙위치로 상대 집합을 ± 오차범위한계를 10mm를 확보한다.

전체 시스템 “차량 - HBD시스템”의 목적은 차량의 대상 영역의 열 방사선(온도 값) 중 적어도 하나의 개별적인 측정을 취할 수 있다는 것이다.

차량 중심축에서 목표지점은 적어도 50mm(열차운행방향의 횡측면)이다. 구역에 따라 1,120mm에서 1,040mm의 영역 내에 있는 차량에 그 목적을 위해 시각적으로 접근할 수 있어야 한다. (그림 5 참조)

HBD시스템은 궤도중심축에서 1,040mm에서 1,120mm 구역안에서 이와같은 방법으로 설계해야 한다. 이것은 적어도 한 개의 온도포인트를 측정할 수 있다. 차량의 횡운동과 궤도중심에서 50mm 넓은 목표지점의 운동에 기인하는 문제들은 만약 차량의 횡방향이 ±10mm이상의 어떤 이유가 있든지 간에 단일빔시스템의 경우에 일어날 수 있다.

기본적으로 기하학적 측정의 요구사항들은 차량과 HBD 시스템간에 표준이 확정되어야 한다. 예를 들면 발전기, 배기파이프에 위치한 열원이 없는 차량의 금지된 구역은 목표

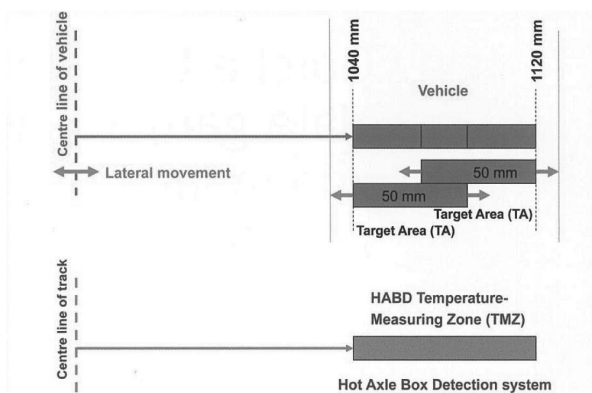


그림 5. HBD 차량과 온도검측 목표지점

구역내에서 온도측정에 혼선을 주거나 온도측정이 불가능할 것이다. HABD 설치, 정확한 온도측정, 온도알람 임계설정값들은 순전히 유익한 부록예시내에서 제공된다.

새로운 DIN EN 15437-1:2009은 차량 제작사 및 HBD 시스템의 제작사 모두 최소 요구 사항을 확인한다.

5. 결론

현재 우리나라 경부고속철도에 적용된 HOA50S나 HOA90S는 이제는 오래된 방식으로 현재는 많이 사용되지 않는 기술들이 사용되었다. 또한 최근에는 측정 가능한 열차의 속도도가 최고 500km/h까지 향상되었으며 IT기술의

발달로 신호변조방식이 아날로그방식(Chopper Disk 사용)에서 디지털처리방식(Chopper Disk 없음)으로 개선되었다는 것을 알 수 있었다. 현재 우리나라에서 국가연구개발사업으로 HBD 국산화개발이 진행중에 있는데 개발자들은 최근에 설치된 국외 제품들에 대한 고급사양 및 기능들을 면밀히 검토하여 설계에 반영할 필요가 있으며, 특히 우리나라 철도현실에 맞도록 운전자 요구사항을 충분히 수렴하여 신뢰성 및 유지보수측면에서 뛰어난 제품이 만들어 질 수 있도록 노력해야 할 것이다. ☺

References

* RTR EUROPEAN TECHNOLOGY REVIEW Special
Wayside Train Monitoring System-an actual overview 2011