

# KTX 운행현황을 고려한 고속선 레일 연마 기준 정립에 대한 연구

## Study on the Establishment of Rail Grinding Criteria of High-Speed Railway Lines Considering the KTX Operation Circumstances

김만철<sup>1)</sup> 강태구<sup>2)</sup>  
Kim, Man-Cheol Kang, Tae-Ku

### ABSTRACT

The importance of maintenance of rail surface defects is increasing more according to the KTX operation. That is because during high speed operation of rolling stock, rail surface defects may cause shortened fatigue life of rail, acceleration of track degradation and reduced ride comfort. The paper was intended to study the establishment of rail grinding criteria of high-speed railway lines considering the KTX operation circumstances. For this, the specimens of UIC 60 rail on Kyeong-Bu high-speed operation lines were collected and they were analyzed for metallographic structure and tested for the hardness. By analyzing the test results to the factors affecting the RCF causing the defects of rail surface, the study suggested the rail grinding criteria of the domestic high speed railway lines. As the factors affecting RCF, passing tonnage, running speed and track condition are considered.

### 1. 서 론

레일 연마에 대한 개념은 20세기 초반에 도입되었다. 이는 레일 두부 표면 결함을 제거하므로써 많은 비용이 필요한 레일 교환을 피하기 위함이었다. 이후 레일 연마는 50여 년 동안 레일 두부 표면을 제거하기 위한 제한적인 방법으로 적용되어 왔다. 이후 1980년대부터 서부 호주 광산에서부터 기 발생된 레일 두부 표면 결함의 제거뿐만 아니라 레일과 차륜의 접촉을 조절하고 결함 발생을 예방하기 위한 개념이 적용되었다.

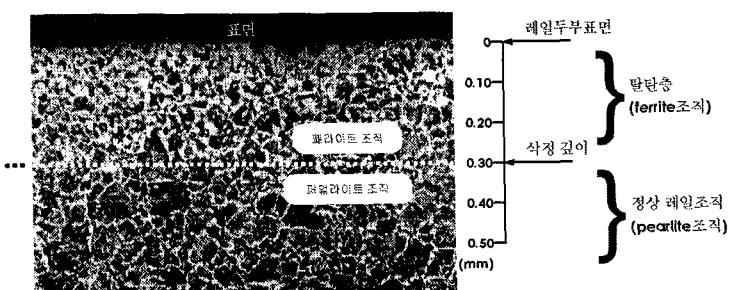


그림 1. 레일 두부 현미경 조직사진(배율 : 100배)

1) 한국철도기술연구원, 궤도토목연구본부 궤도구조연구팀, 정회원

E-mail : [kimmc@krrt.re.kr](mailto:kimmc@krrt.re.kr)

TEL : (031)460-5321 FAX : (031)460-5814

2) 한국철도공사, 시설기술단 선로관리팀, 정회원

E-mail : [kfk891@naver.com](mailto:kfk891@naver.com)

TEL : (031)609-3146 FAX : (042)6094819

레일 두부 표면 결함은 헤드체크(head checks), 스팔링(spalling), 스쿼트(squats), 파상마모(corrugation), 쉐링(shelling) 및 차륜공전(wheel burn) 등이 있다. 이러한 레일 두부 표면 결함은 신재의 경우 탈탄층과(그림 1) 사용재의 경우 RCF(rolling contact fatigue)에 의한 가공경화층에서 쉽게 발생된다. 탈탄층은 레일 제조시 탄소가 가열로 속의 산소와 결합하므로써 경도가 낮고 산화되기 쉬운 금속조직이다. 가공경화층은 반복 하중에 의한 피로층으로 탈탄층과는 달리 경도가 높아져 내마모성 약화되고 취성 성질을 가지고 있다. 두 층 모두 균열이 쉽게 발생하게 된다.

레일 두부 표면 결함에 의해 차량 주행시 충격이 크게 발생하고, 이로 인하여 레일의 내구성 및 피로, 궤도 파괴, 소음, 승차감 등 궤도와 차량 구조물, 사람의 생활 및 환경에 영향을 미치게 된다. 이러한 현상은 차량이 고속화 되면서 더욱더 크게 증가하게 되기 때문에 레일 수명을 연장하고 유지보수 비용을 절감하기 위하여 현재에는 레일 연마가 적극 활용되고 있다.

현재의 레일 연마는 초기연마(preparative grinding), 예방연마(preventive grinding) 및 보수연마(corrective grinding)로 구분할 수 있다. 초기연마는 레일 제작당시의 결함 또는 부설작업시의 결함, 탈탄층을 제거하기 위함이다. 예방연마는 결함제거 정도는 낮으나 주기적인 연마를 통하여 가공경화층을 제거하므로써 결함의 발생을 방지하고, 횡단면 및 종단면의 형상을 유지하므로써 승차감 향상, 레일 및 윤축의 내구연한 연장을 목적으로 하고 있다. 보수연마는 레일 표면 결함의 진행을 제거하기 위한 목적으로 실시한다.

본 논문에서는 KTX 운영현황을 고려한 고속선의 예방연마에 대한 필요성을 검토하였고, 초기연마 및 예방연마 기준을 제시하였다. 이를 위하여 국외의 연마 기준을 검토하였으며, 신품 레일과 사용재에 대해서 현미경을 이용하여 레일 두부 상면과, 케이지 코너 및 측면에 대한 조직을 관찰하여 탈탄층 및 가공경화층의 두께를 측정하였다. 또한 레일 두부 표면부터 심부방향으로 깊이별 경도를 측정하여 양호한 레일 조직인 심부의 경도에 대한 변화율을 분석하였다.

## 2. 국내·외 레일 연마 기준

### 2.1 국외 레일 연마 기준

#### (가) 일본

RTRI에서는 레일 연마 기준정립을 위하여 차륜/레일 RCF 시험을 실시하였다. 시험결과에 따르면 레일 연마를 0.1mm/50백만톤으로 실시하였을 경우에 레일의 교환주기인 8억톤 이상에 걸쳐 RCF 결함 없이 레일을 사용할 수 있는 것으로 제시되었다. 일본의 레일 연마 기준은 이러한 RTRI의 차륜/레일 RCF 시험결과에 기초하여 각 운송회사의 환경에 맞게 조정된 것이다. 아래의 표는 일본 고속선과 기존 선의 레일 연마 기준을 정리한 것이다.

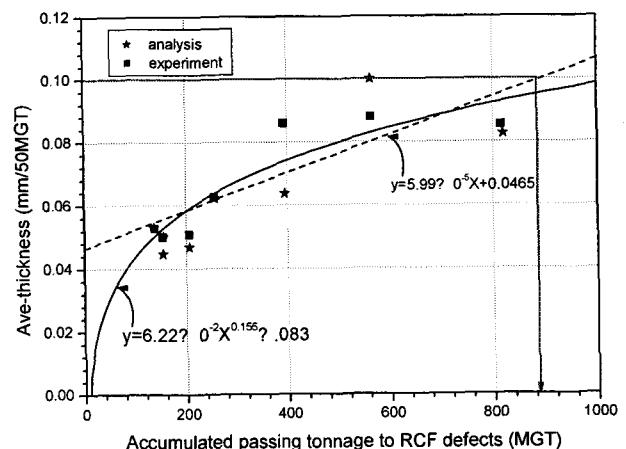


그림 2. RTRT의 차륜/레일 RCF 시험결과

표 1. 일본 고속선 레일 연마 기준

구 분	연 마 주 기	참고문헌
JR East	<ul style="list-style-type: none"> <li>통과톤수 <math>\geq</math> 30백만톤/년 이상 : 2회/년</li> <li>통과톤수 <math>\geq</math> 20백만톤/년 이상 : 1회/년</li> <li>기타 : 1회/2~3년</li> </ul>	新線路 55-11 “レヘル削正効果”
JR Tokai	<ul style="list-style-type: none"> <li>밀집 주거지역 : 2회/년</li> <li>군집 주거지역 : 1회/년</li> <li>기타지역 : 통과톤수 40백만톤 마다 1회</li> </ul>	新線路 53-8 “新幹線におけるレヘル削正手法”
JR West	통과톤수 50백만톤 마다 1회	협회誌 33-12 “新幹線 レヘル削正の考え方”

#### (나) 프랑스

프랑스 철도는 오래 동안 레일 연마를 실시해 왔으나, 주로 80년대 고속선 신설과 더불어 이와 관련한 유지보수 방법이 개발되었다. 현재는 고속선 뿐만 아니라 프랑스 철도의 대부분의 본선에서도 레일 연마는 일상적인 유지보수 과정이 되었다. 2006년 까지는 3년에 1회를 실시하였으나, 2007년 하반기부터 년 1회로 변경하여 시행 예정이다(현재 규정화 작업중). 통과トン수 및 속도에 따라 레일에 미치는 영향이 다르며, 별선별로 통과トン수 차이가 나지만 통과トン수에 따라 다르게 시행할 수 없으므로 단순화하기 위하여 1년 주기로 100% 연마를 하도록 정책화 하였다. 2006년 까지 3년에 1회 실시할 때에는 레일 두부에서 평균 0.30mm 깊이로 연마를 시행하였으나 년 1회로 변경한 후에는 평균 0.2mm의 연마를 시행하고 있다.

#### 2.2 국내 고속선 레일 연마 기준

국내의 고속선에서는 고속철도 개통 당시 프랑스에서 적용하고 레일 연마 기준을 검토하여 다음과 같이 고속철도선로정비지침(제정 2004. 12. 30, 철도시설과-1616호)을 규정하여 적용하고 있다.

표 2. 고속선 레일 연마 기준

고속철도 선로정비지침	
제정 2004. 12. 30, 철도시설과-1616호	
제37조 (레일 연마) 레일 연마는 예방연마와 보수연마로 구분하여 실시하여야 한다. 예방연마는 다음 각 호에 해당하는 경우 시행하여야 한다.	
① 탈탄층 제거를 위한 경우 : 선로 신설 및 레일 교환 후 : 1회 (통과トン수 500,000톤 이내 시행)	
② 주기적인 연마 : 3년마다 1회	
2. 보수연마는 다음 각 호에 해당하는 경우 시행하여야 한다.	
① 궤도검축 결과 레일 표면 결함이 발견된 경우	
② 자갈비산 등 이물질의 충격으로 레일 표면결함 및 파상마모가 발생한 경우	

#### 3. 고속선 레일 연마 기준(안)

##### 3.1 측정 방법 및 기준

###### (가) 측정 방법(KS D0216)

- ① 현미경에 의한 측정 방법 : 시험품의 절단면을 부식해서 현미경으로 관찰하여, 유효 탈탄층 및 가공경화층 깊이를 측정
- ② 경도 시험에 의한 측정 방법 : 시험품의 절단면에 대하여 경도 시험을 하여, 유효 탈탄층 및 가공경화층 깊이를 측정

###### (나) 측정 기준

###### ① 현미경에 의한 측정 기준

레일의 생산과 함께 유효 탈탄층 측정이 동시에 이루어지게 된다. 이때 현미경에 의한 조직검사 방법이 사용되고 있으며, 유효 탈탄층 깊이 측정 기준은 다음과 같다. 이러한 측정 기준은 현재 문서로서 규정된 것이 아닌 경험적인 기준으로 적용되고 있다.

- 초석 폐라이트 분율이 50 ~ 70%인 깊이
- 초석 폐라이트가 결정립을 완전히 둘러싸고 있는 범위

###### ② 경도 시험에 의한 측정 기준

경도시험에 의해 유효 탈탄층 및 가공경화층 깊이 측정 기준을 아래와 같이 적용하였다. 이는 레일 연마를 통하여 심부 경도 대비 95 ~ 110%를 유지하므로써 경도의 저하 또는 강화에 의해 레일 RCF에 의한 결함이 발생되지 않도록 하기 위한 것이다.

- 초기연마 : 신재의 경우로 탈탄층에 의한 경도저하 한계를 심부 경도 대비 95% 적용
- 예방연마 : 사용재의 경우 가공경화층에 의한 경도강화 한계를 심부 경도 대비 110% 적용

#### (다) 시편가공

본 연구에서는 다음과 같은 레일 시편 가공에 의한 미세조직 및 경도시험 관찰 방법을 적용하였다.

- 시편 절단 : 조직 관찰을 위한 시편 제작을 위해 레일 헤드부에서 10mm 깊이 방향으로 시편 절단
- 시편 고정 : 에폭시 수지와 고정제를 이용한 cold mounting 기법으로 시편 고정
- 시편 연마 : 샌드페이퍼 gr.2000으로 1차 연마 후, alumina 0.1um powder를 이용하여 최종 연마 실시
- 표면 부식 : Nital (질산 + 메탄올) 5% 용액으로 5초 간 표면 부식
- 조직 관찰 : Optical microscope×100 장비를 이용하여 100배율 조직 관찰
- 조직 관찰 위치
- 현미경에 의한 조직검사 : 상면, 케이지코너와 측면에

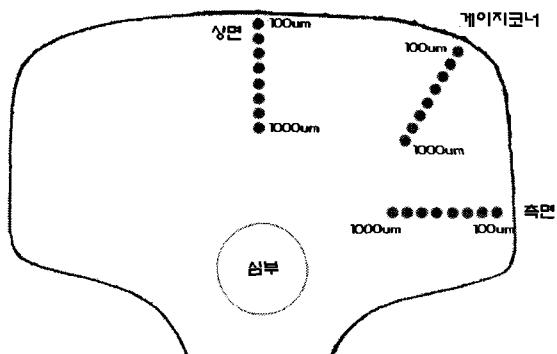


그림 3. 경도시험 위치

표 3. UIC60 레일 시편 현황

번호	상 · 하	위치	연마후운행개월	분소	주행 속도 (km/h)	궤도상태	비고
#15	-	-	0M				신재
#5	하좌	193,521	3M	영동	300		
#6	하우	193,521	3M	영동	300		
#7	상좌	195,409	3M	영동	300		
#8	상우	195,409	3M	영동	300		
#18	상좌	101,940	4M	아산	300		
#19	상우	87,348	4M	아산	300	불량	신휴고가
#23	상좌	133,744	5M	오송	280		
#1	하좌	89,475	10M	아산	230		
#2	하우	89,475	10M	아산	230		
#9	상좌	193,159	10M	영동	300		
#10	상우	193,159	10M	영동	300		
#20	상	195,260	15M	영동	300	불량	설계교
#22	하	132,000	29M	오송	270		
#3	상좌	89,467	33M	아산	230		
#4	상우	89,467	33M	아산	230		

대해서 각 4회 조직검사 실시

- 경도시험 : 상면, 게이지코너와 측면에 대해서 최초 100um부터 2,000um까지 9포인트 측정하고, 각 포인트별 3회 실시하여 평균값을 적용

### 3.2 고속선 레일 연마 기준(안)

고속선 UIC60 레일 연마 필요성 검토를 위하여 다음 표와 같이 연마 후 운행개월에 따른 16개(표 3)의 시편을 이용하였다.

표 4. 레일 두부 상면의 조직검사 결과 신재의 유효 탈탄층 및 사용재의 가공경화층 두께

시편 번호	사용 개월 수	1	2	3	4	최대크기 (mm)	평균크기 (mm)	비고
#15	0M	0.13	0.11	0.13	0.11	0.13	0.120	신재
#5	3M	-	-	-	-	-	-	
#6	3M	-	-	-	-	-	-	
#7	3M	0.01	0.05	0.01	0.02	0.05	0.023	
#8	3M	0.02	0.06	0.02	0.05	0.06	0.038	
#18	4M	-	-	-	-	-	-	
#19	4M	-	-	-	-	-	-	
#23	5M	-	-	-	-	-	-	
#1	10M	-	-	-	-	-	-	
#2	10M	-	-	-	-	-	-	
#9	10M	0.03	0.03	-	-	0.03	0.015	
#10	10M	-	-	-	-	-	-	
#20	15M	-	-	-	-	-	-	
#22	29M	-	-	-	-	-	-	
#3	33M	-	-	-	-	-	-	
#4	33M	0.02	0.01	-	-	0.02	0.008	

사용재

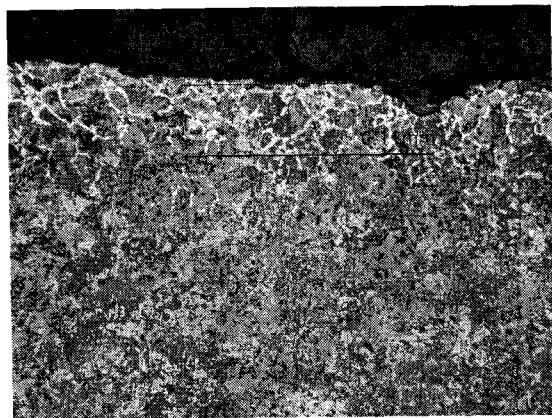
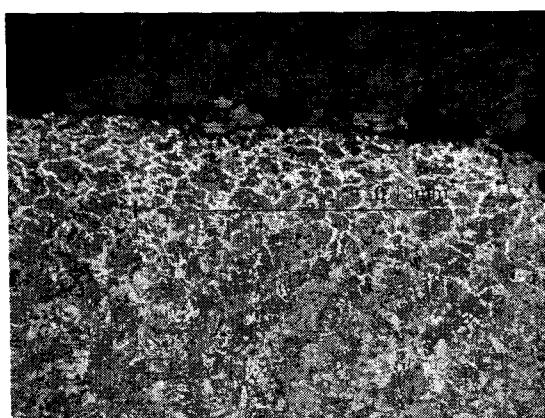


그림 4. 신재의 레일 두부 상면 조직검사 사진 예

(가) 현미경에 의한 측정 결과

상기의 레일 시편에 대한 현미경에 의한 조직검사 결과는 표 4와 같다. 표 4에서 신재의 경우에는 레일 두부 상면, 게이지 코너 및 레일 두부 측면 전체에 걸쳐 유효 탈탄층이 측정이 되었다. 사용재의 경우에는 현미경 조직검사에 의한 방법만으로는 가공경화층이 뚜렷하게 구분되지 않는 것으로 나타났다. 그림 4와 5는 신재 및 사용재의 레일 두부 상면 조직검사 사진 예를 보여주고 있다.

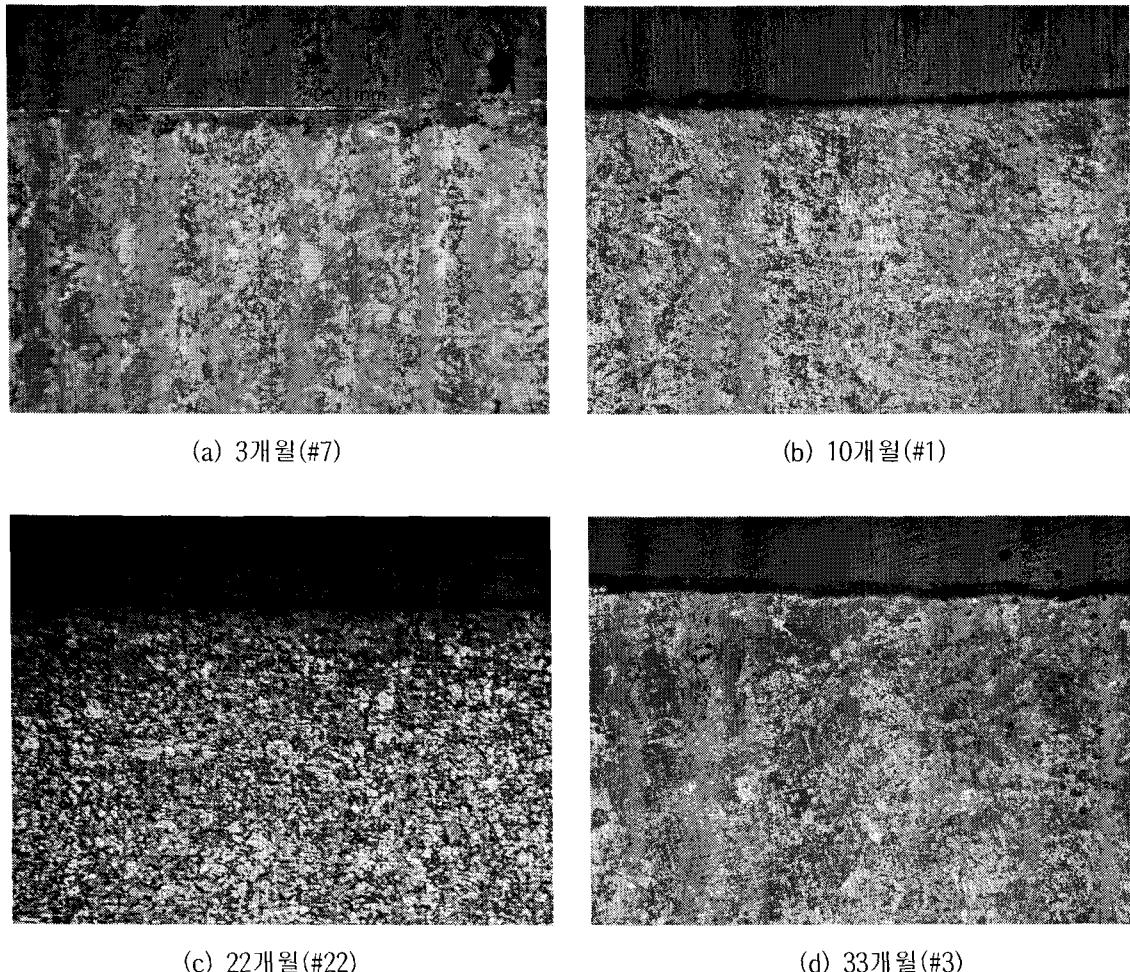


그림 5. 사용재의 레일 두부 상면 조직검사 사진 예

표 5. 레일 두부 상면 경도시험 결과

측정위치 (um)	Micro Vickers Hardness (Hv)								
	#15(신재)	#7(3M)	#18(4M)	#19(4M)	#1(10M)	#10(10M)	#20(15M)	#22(29M)	#3(33M)
100	272.3	341.2	331.7	334.8	352.1	359.7	362.2	344.7	351.8
200	283.4	325.6	319.2	325.1	344.2	331.6	348.6	330.2	336.9
300	299.4	321.1	318.2	320.5	326.3	326.1	341.2	335.7	342.1
400	305.2	309.8	309.8	317.5	321.1	318.9	319.6	319.6	315.8
500	308.2	306.2	312.9	304.2	309.8	315.2	324.8	313.4	321.6
600	315.6	309.7	313.1	304.9	316.4	311.4	316.1	315.6	302.6
800	311.3	314.2	304.8	310.7	315.5	308.9	311.5	308.2	309.8
1000	307	311.1	309.6	309.5	311.7	314.7	304.6	303.4	314.5
심부	310.3	312.8	312.2	311.6	314.2	313.9	306.1	305.5	301.8

#### (나) 경도 시험에 의한 측정 결과

UIC60 레일에 대한 경도 시험 측정 결과 신재의 경우에는 레일 두부 상면, 케이지 코너 및 레일 두부 측면 모두 유효 탈탄층에 의해서 심부 대비 경도가 저하된 것으로 나타났다. 사용재의 경우에는 차륜과 접촉이 이루어지는 레일 두부 상면에서의 경도가 가공경화에 의해서 가장 크게 나타났으며, 케이지 코너에서도 경도가 증가된 것으로 나타나고 있다. 그러나 차륜과 접촉이 이루어지지 않는 측면의 경우에는 신재와 유사한 낮은 경도를 보여주고 있다. 따라서 사용재의 가공경화층 깊이 산정을 위해서 심부 경도 대비 그 값이 가장 크게 나타나고 있는 레일 두부 상면의 심부 대비 경도비를 기준으로 하였다. 표 5는 경도가 가장 크게 변화된 레일 두부 상면의 경도 측정 결과를 정리한 것이다.

또한 사용재의 가공경화층에 영향을 주는 요인으로 누적 통과トン수 및 주행속도, 궤도 상태를 고려하여 그 영향을 분석하였다.

##### ① 누적 통과トン수 및 속도 영향 검토

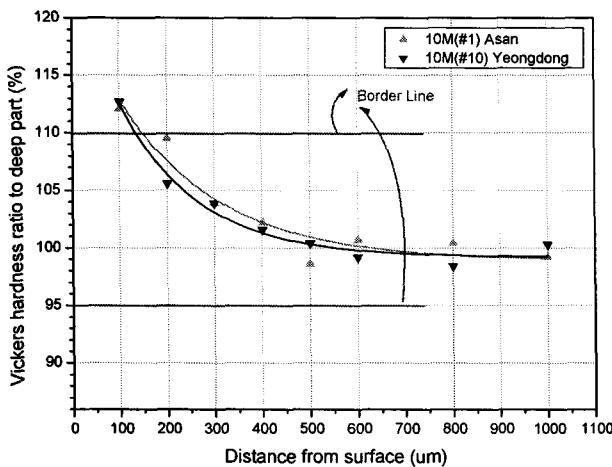


그림 6. 통과トン수에 따른 레일 두부 상면 심부 대비 경도 비교

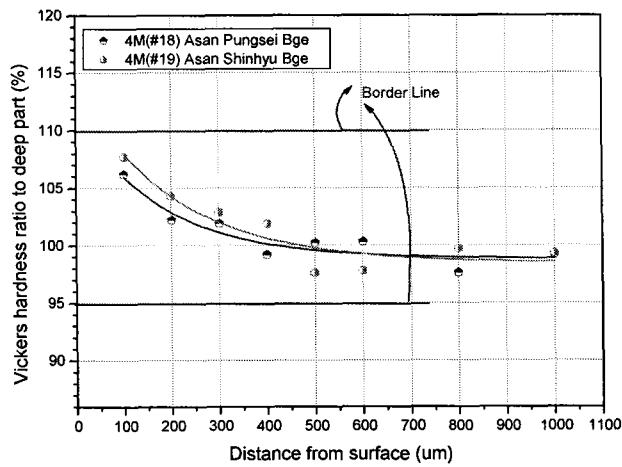


그림 7. 궤도상태에 따른 레일 두부 상면 심부 대비 경도 비교

누적 통과トン수 및 속도에 대한 영향을 검토하기 위하여 궤도상태가 비슷하고 연마 후 사용 기간이 10개월로 같지만 누적 통과トン수와 속도가 다른 광명 ~ 대전 구간 시편(#1)과 대전 ~ 동대구 구간 시편(#10)에 대해 레일 두부 상면의 각 포인트에서 측정된 심부 대비 경도비를 그림 6에서 비교하였다. 광명 ~ 대전 구간 시편(#1)의 주행속도는 230km/h이고 대전 ~ 동대구 구간 시편(#10)의 주행속도는 300km/h로 200km/h 이상의 고속주행구간이지만 70km/h의 속도차이가 있다. 광명 ~ 대전 구간 및 대전 ~ 동대구 구간의 10개월에 대한 통과トン수는 아래와 같으며, 약 4.7백만톤 차이가 있다. 이는 현재의 광명 ~ 대전 구간의 약 연 20백만톤의 약 1/4에 해당하는 양이다.

- 광명 ~ 대전 구간 : 17ton/축×46축/1회×70회/일×30일/1개월×10개월 ≈ 1,642만톤
- 대전 ~ 동대구 구간 : 17ton/축×46축/1회×50회/일×30일/1개월×10개월 ≈ 1,173만톤

그림 6에서 속도가 크지만 누적 통과トン수가 작은 시편(#1)과 속도가 작지만 누적 통과トン수가 큰 시편(#10)의 심부 대비 경도비가 비슷하게 나타나고 있다. 이는 가공경화층 형성에 영향을 주는 두 요인이 서로 상쇄되어 나타나는 결과로 해석된다.

##### ② 궤도상태에 대한 영향 검토

궤도상태에 대한 영향을 검토하기 위하여 주행속도가 230km/h이고 연마 후 사용 기간이 4개월로 같지만 궤도상태가 다른 구간에서 채취한 광명 ~ 대전 구간 시편(#18, #19)에 대해 레일 두부 상면의 각 포인트에서 측정된 심부 대비 경도비를 그림 7에서 비교하였다. #18 시편은 풍세교 구간에서 채취한 것으로 시편 #19이 채취된 신휴고가 구간에 비해 궤도상태가 양호한 것으로 나타나고 있다. 그림 7에서 궤도상태가 불량한 #19의 시편의 상부 경도가 상대적으로 양호한 구간에서 채취한 시편 #18의 경도에

비하여 표면에 가까울수록 크게 나타나고 있는 것으로 분석되었다. 이는 궤도상태 불량에 따라 충격량이 크게 발생되어 가공경화를 유발한 것으로 판단되며, 이러한 현상은 사용 개월이 늘어남에 따라 더욱 가속화 될 것으로 예측된다.

### ③ 고속선 레일 연마 기준 정립 방안

상기에서 분석한 것처럼 고속선에서 레일 두부의 가공경화층 형성에 영향을 미치는 주요 인자로 누적 통과トン수, 주행속도와 궤도상태 등을 고려할 수 있다. 따라서 레일 연마 기준을 단순히 누적 통과トン수로만 기준으로 하는 것은 불충분하며, 가공경화층 형성에 영향을 미치는 주요 요인들을 포함한 기준이 정립되어야 할 것이다. 그러나 현실적으로 많은 요인들에 대한 영향을 정량적으로 분석하여 유지관리 기준을 정립하는 것은 어려우므로 유지관리 효율화를 위해서 사용 개월 수를 기준으로 하는 것도 적정한 것으로 판단된다.

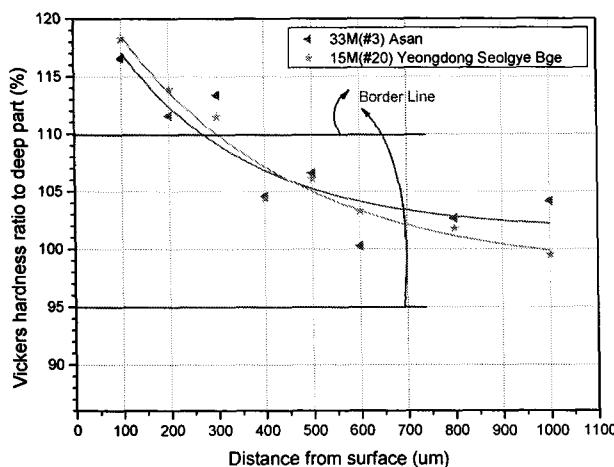


그림 8. 사용 개월 수 및 주행속도에 대한 영향 검토

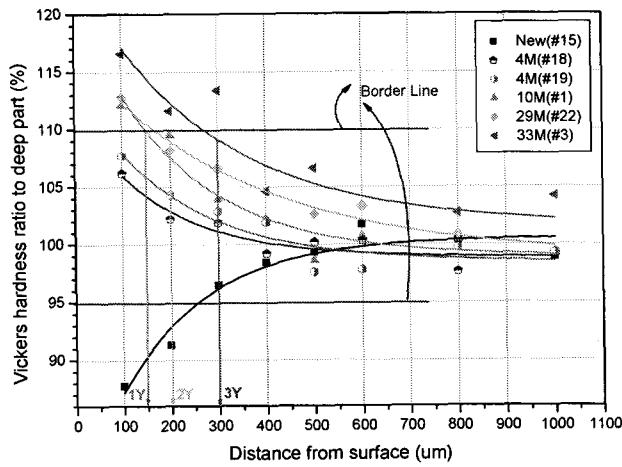


그림 9. 사용 개월 수에 따른 레일 두부 상면 심부 대비 경도 비교

그림 8은 사용 개월이 15개월로 KTX 운행빈도가 적고 궤도상태가 불량하지만 주행속도가 300km/h 구간에서 채취한 시편(#20, 대전 ~ 동대구 구간)과 사용 개월이 33개월로 KTX 운행빈도가 많고 궤도상태가 양호하만 주행속도가 230km/h 개소에서 채취한 시편(#3, 광명 ~ 대전 구간)에 대해 심부 대비 각 포인트에서 측정된 경도를 비교한 결과 거의 유사하게 나타났다. 이러한 결과는 상기에서 분석한 것처럼 누적 통과トン수, 주행속도와 궤도상태에 영향을 받으므로 각 요인들에 대한 정량적 분석을 수행하기 어려운 경우 유지관리 효율화를 위하여 사용 개월 수로 레일 연마 기준을 정립하는 것도 타당하다는 것을 다시 한 번 보여주는 것이다.

따라서 현재의 고속선 현장조건에서는 레일 두부 가공경화층 형성에 영향을 미치는 인자들에 대한 정량적 분석이 어려우므로 본 연구에서는 누적 통과トン수가 일정한 시편들만을 고려하여 사용 개월 수로 심부대비 경도비를 분석하여 적정 경도를 유지할 수 있도록 레일 연마 타당성 검토 및 기준을 정립하고자 하였다. 그림 9는 통과トン수가 일정한 광명 ~ 대전 구간에서 채취한 시편에 대해 심부 대비 각 포인트에서 측정된 경도비를 비교한 것이다. 신재의 경우에는 유효 탈탄층에 의해서 레일 표면에 가까울수록 경도가 저하되는 것으로 나타났으며, 사용재의 경우에는 연마 후 사용 개월이 경과할수록 심부 대비 경도가 증가하는 것으로 나타났다.

#### (다) 고속선 UIC60 레일 초기연마 및 예방연마 필요성 검토

전술한 바와 같이 고속선 UIC60 레일의 신재 및 사용재의 경우 경도가 유효 탈탄층 및 가공경화에 의해 저하되거나 강화되는 것으로 나타났다. 이러한 경도 변화가 발생한 조직은 쉽게 레일 결함을 유발하므로 적정값으로 유지하는 것이 레일의 내구성 향상 및 유지보수 효율화를 위하여 필요하다. 이는 고

속선의 경우 레일 결함은 큰 충격을 유발하기 때문이다.

#### (라) 고속선 UIC60 레일 초기연마 및 예방연마 기준(안)

신재의 경우에는 현미경에 의한 유효 탈탄층 깊이와 경도시험 결과를 기초하여 초기연마 기준을 정립하였으며, 사용재의 경우에는 경도시험 결과에 기초하여 예방연마 기준을 정립하였다. 예방연마 기준 정립 목표로 신재의 경우 탈탄층에 의한 경도저하 한계를 심부 경도 대비 95% 이상, 사용재의 경우 가공경화층에 의한 경도증가 한계를 심부 경도 대비 110% 이하로 유지하므로써 레일의 RCF 결합 발생 억제하는 것으로 하였다.

##### ① 초기연마 : 신재

초기연마의 경우에는 레일 제작시 또는 부설시 발생한 결함 제거를 목적으로 하고 있으므로 이러한 결합의 정도를 고려하여 현재 적용하고 있는 바와 같이 연마깊이를 0.3mm로 하는 것이 적절하다고 판단된다. 이는 심부 경도 대비 95% 이상을 확보할 수 있는 깊이이며, 현미경에 의한 조직검사 결과 최대 유효 탈탄층 깊이를 훨씬 초과하는 양이다.

##### ② 예방연마 : 사용재

가공경화에 의한 경도 증가를 심부 대비 110% 이하를 유지하도록 레일 예방연마 기준을 설정하였으며(그림 7), 이에 기초한 연마 기준은 다음 표와 같다.

표 6. 고속선 UIC60 레일 예방연마 기준(안)

연마주기(년)	연마깊이(mm)
3	0.30
2	0.20
1	0.15

## 4. 결론

경부고속선(UIC60 레일)에 대해 레일연마를 초기연마 및 예방연마로 구분하여 각각의 필요성을 검토하였다. 이를 위하여 신품 레일과 사용재에 대해 현미경을 이용하여 레일두부 상면과, 케이지 코너 및 측면에 대한 조직을 관찰하였으며 경도 측정 또한 병행하였다.

고속선(UIC60) 레일의 신재 및 사용재의 경우 경도가 유효 탈탄층 및 가공경화에 의해 저하되거나 강화되는 것으로 나타났으며, 이러한 경도 변화가 발생한 조직에서 쉽게 레일결함이 유발되므로 적정 값으로 경도를 유지하는 것이 필요하다. 이는 고속선의 경우 레일 결함은 큰 충격을 유발하기 때문이다.

현미경에 의한 조직검사 결과는 신재의 경우에 레일 두부 상면, 케이지 코너 및 레일 두부 측면 전체에 걸쳐 유효 탈탄층이 측정이 되었지만, 사용재의 경우에는 가공경화층이 뚜렷하게 구분되지 않는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 신재의 경우 탈탄층에 의한 경도저하 한계를 심부 경도 대비 95% 이상, 사용재의 경우 가공경화층에 의한 경도증가 한계를 심부 경도 대비 110% 이하로 유지하므로써 레일의 RCF 결합 발생을 억제하도록 고속선에서의 초기연마 및 예방연마의 적정 깊이 및 주기를 설정하여 제안하였다.

## 참고문헌

1. A. M. Zarembksi(2005), The art and science of rail grinding, Simmons-Boardman Book, Inc.
2. M. Ishida(1999), "Experimental study on the effect of preventive grinding on RCF defects of Shinkansen rails", IHHA'99 STS-Conference, pp. 511 ~ 516.
3. S. Kumar(2006), A study of the rail degradation process to predict rail breaks, Lulea University of Technology