

전기기관차 운영노선 확대에 따른 차륜마모 특성에 관한 연구 A Study on the Wheel Wear of Electric Locomotive on the Main Conventional Line

안춘근*[†], 원시태** , 김원경***

Chun-Kun Ahn*[†], Si-Tae Won** , Won-Kyong Kim***

Abstract In this paper we model 8200 electric locomotives operating domestic routes since 2005 according to the center line of the main line electrification and the opening in line taebaekseon industries including Gyeongbu , Honam expanded to major routes including operating as a rapid replacement cycle wheel that are coming this phenomenon occurred wear properties of the electrical locomotive wheels became necessary for the study. The main route for the rail operating environment and characteristics were analyzed for the multi-faceted , fast wheel replacement cycle is in progress, the reason for the advent of the wheel wear for the operating routes of progression was measured to determine the wear characteristics . The operation of the railway vehicle wheel wear also inevitable and efficient operation of the railway vehicle wheel wear and the need to minimize wear properties of a 8200type electric locomotive wheels to minimize wear and tear considering the wheel of the best maintenance management standards were presented repair method was to be used as the basis

Keywords : Electric Locomotive, Wheel , Wheel Wear, 8200type, Wheel Flange Wear, Wheel change Cycle

초 특 본 논문은 8200 형 전기기관차 운영노선이 2005 년 부터 국내 주요노선 전철화 및 개통에 따라 중앙선, 태백선 등 산업선에서 경부선, 호남선 등 주요노선으로 확대 운영되면서 차륜교환 주기가 급속히 도래되는 현상이 발생하였고 이에 따라 전기기관차 차륜마모 특성에 대한 연구가 필요하게 되었다. 주요 운영노선에 대하여 레일환경과 특성에 대하여 다각적으로 분석하였고, 급속히 진행되는 차륜교환 주기 도래에 대한 원인에 대하여 운영노선에서의 차륜마모진행 과정을 실측하여 마모 특성을 파악할 수 있었다. 또한 차륜마모는 철도차량의 운영상 필연적이거나 철도차량의 효율적인 운영을 위해서는 차륜마모를 최소화 할 필요성이 있어 8200 형 전기기관차 차륜마모 특성을 감안하여 마모를 최소화 할 수 있는 최적의 차륜관리 기준을 제시하였고 유지보수 방법 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다.

주요어 : 전기기관차, 차륜, 차륜 마모, 8200형, 차륜 후렌지 마모, 차륜 교환 주기

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

1.1.1 연구배경

8200대형 신형전기기관차는 8000대형 구형전기기관차 내구연한도래 및 디젤기관차 폐차에 따른 여객 및 화물열차 기관차 대체차량으로 철도공사에서 전략적으로 도입을 추진하였으며 현재 총 보유량은 85량이다

8200대형 신형전기기관차는 기존 산업선인 중앙선, 영동선, 태백선 등에서 여객 및 화물열차에 투입 운영되어 왔으며, 국내 영업노선인 경부선, 충북선, 호남선 등 주요 노선이 전철화됨에 따라 확대 운영으로 본격적으로 주요노선 열차에 투입 운영되기 시작했다.

전철화 확대노선에서 운영을 시작한 8200대형 전기기관차는 기존 산업선 노선에서의 차량운영에서의 차륜마모주기에 비해 현저하게 급속히 도래되는 현상을 보였으며, 그로 인한 차량운영 및 유지보수 등에 많은 문제점을 도출하게 되었다.

따라서 기존산업선(중앙선, 영동선, 태백선)에 비교하여 차륜교환 주기가 단축됨에 따라 전철확대 구간(경부선, 호남선, 충북선)에서의 차륜/마모특성에 대한 연구가 필요하게 되었다.

1.1.2 연구목적

차륜의 마모는 철도차량 운영상 필수적이나 노선별 궤도특성에 따라 철도차량 차륜의 운용시 정비방법 등 유지보수 방법에 따라 차륜 교환 주기에 있어 많은 차이가 발생하고 있다. 노선별 레일특성에 대하여 전기기관차 차륜마모에 대한 다각적인 분석을 통한 레일 및 차륜의 인터페이스 측면에서의 차륜 마모 특성을 파악하고 더 나아가 차륜의 최적 유지보수 도출의 기초자료로 활용하고자 한다.

철도차량 운영측면에서는 차륜 수명주기 연장이 필요하며, 차륜에 대한 검사 및 정비방법 등 최적의 유지보수로 차륜교환에 소요되는 인건비, 재료비등 유지보수 비용절감을 절감시키는 것은 필수적이라 할 수 있겠다.

† 교신저자: 한국철도공사 연구원 품질인증센터 (railman95@korail.com)

* 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도차량시스템공학과

** 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과 (stwon370@seoultech.ac.kr)

*** 한국철도기술연구원 시험인증안전센터 (wkkim@krri.re.kr)

2. 본 론

2.1 8200대형 전기기관차 차륜마모 특성에 대한 현차 실험

2.1.1 실험 전 차량 및 운영노선 특성분석

1) 8200대형 전기기관차 차륜교환 주기

(1) 산업선

8200대형 전기기관차가 도입 이후 2006년까지는 산업선인 중앙선, 태백선, 영동선에서 무궁화 여객열차와 일반 화물열차에 충당 운영되어 차륜 교환주기 약 7년, 주행거리는 100만 킬로미터 도달 후 교환되었다.

(2) 주요노선(경부선, 호남선)

8200대형 전기기관차는 전철화 확대된 2006년 이후 국내 주요노선인 경부선과 호남선에서 여객열차와 화물열차에 충당되어 운영 후부터는 급속한 차륜마모 현상이 발생되었으며 차륜교환주기는 약 5년 주행거리는 60~70만 킬로미터로 짧게 변경되었다.

Table 1 노선별 차륜교환주기

구 분	차륜 교환주기		비 고
	사용년수	주행거리	
산 업 선	7년	100만 킬로미터	
주요노선	5년	70만 킬로미터	

2) 운영노선 궤도특성

(1) 레일

8200대형 전기기관차 운영노선에 부설되어 있는 레일은 50kg 레일과 60kg 레일로 두 종류의 레일에 대한 화학적 성분과 기계적 성질은 약간의 차이가 있었으나 주요노선과 산업선에서 레일별 설치현황을 조사 분석한 결과 레일별 설치 비율은 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 2 레일별 화학성분

구 분	C	Mn	Si	P	S
50kg 화학성분	0.63~0.75	0.70~1.10	0.15~0.30	0.030이하	0.025이하
60kg 화학성분	0.60~0.80	0.70~1.20	0.15~0.58	0.025이하	0.025이하

Table 3 레일별 기계적 성질

구 분	인장강도(N/mm ²)	연신율	경도(HB)
50kg 기계적 성질	800이상	10%이상	235이상
60kg 기계적 성질	880이상	10%이상	260~300

Table 4 노선별/레일별 부설현황

(단위:%)

구 분	주요노선		산 업 선			비고
	경부선	호남선	중앙선	태백선	영동선	
50kg 레일	78	77	61	87	88	
60kg 레일	21	22	37	12	9	
기 타	1	1	1	1	3	

(2) 구매 및 운행곡선

주요노선과 산업선에서의 구매와 운행곡선을 비교 분석한 결과 산업선에서의 구매와 운행곡선 비율이 상대적으로 높아 산업선에서 차륜마모의 환경적인 요인을 주요노선에 비하여 더 높게 제공하였다.

Table 5 노선별 구매현황

(단위:%)

구 분 (구매)	주요노선		산 업 선			계
	경부선	호남선	중앙선	태백선	영동선	
5%이하	41.5	45.6	46.1	26.4	32.5	
10%이하	56.5	34.9	40.3	13.2	24.5	
15%이하	1.5	19.5	11.1	15.7	23.1	
20%이하	0.5)	0	1.9	17.5	13.0	
20%이상	0	0	0.6	27.2	6.9	

Table 6 노선별 곡선현황

(단위:%)

구 분	주요노선		산 업 선			계
	경부선	호남선	중앙선	태백선	영동선	
400R 이하	2.8	4.9	16.3	36.6	29.2	
500R 이하	2.7	4.6	4.9	5.7	3.9	
600R 이하	17.3	11.6	9.3	1.8	2.6	
700R 이하	1.5	0.9	0.5	0.3	0.1	
800R 이하	6.8	9.3	3.1	0.9	1.4	
900R 이상	68.9	68.7	65.9	54.7	62.8	

(3) 운행속도

8200대 전기기관차의 주요노선과 산업선에서 운행속도 조사 분석한 결과 주요노선인 경부선과 호남선에서 구매와 운행곡선 비율이 높은 산업선에 비하여 월등히 높은 운행속도를 확인할 수 있었다.

Table 7 노선별 운행속도 현황

(단위:%)

구 분	주요노선		산 업 선			계
	경부선	호남선	중앙선	태백선	영동선	
90km/h 이하	1.6	1.7	7.5	21.4	37.4	
110km/h 이하	11.7	6.2	6.2	78.6	62.6	
130km/h 이하	5.7	5.3	1.9	0	0	
130~150km/h 이하	81.0	86.8	84.4	0	0	

2.1.2 실험방법 및 절차

8200대형 전기기관차인 경부선, 호남선을 운행하는 무궁화열차 대하여 차륜마모 즉 림의 두께(DT), 후렌지두께(FT), 후렌지높이(FH)에 대하여 각 차량의 8개 차륜에 대한 마모특성을 비교 분석하였다.

경부선은 서울과 부산, 호남선은 서울과 목포 및 광주까지 운행하는 여객열차로 차륜마모 특성은 차량사업소 입고 시 림의두께, 후렌지두께 및 높이 세가지 부분에 대하여 측정을 시행하고 기록하였다.

8200대형 전기기관차의 차륜에 대한 신뢰성 있는 마모특성 실험을 위하여 시험대상차량 20량에 대하여 한국철도공사 수색차량사업소에 배치하여 운영토록 하였다. 차륜마모 시험기간은 2008.9월부터 2010년 5월까지 약 2년동안 진행되는 동안 3개월 주기의 데이터를 분석하였다.

또한 실험을 진행하는 동안 차륜마모의 특성 중 주원인인 후렌지 마모에 따른 현상에 대하여 후렌지 원형 확보를 위한 최적 관리주기에 대하여 실험을 동시에 진행하였다

차륜 후렌지 관리는 철도공사 규정상 원형 32mm에서 사용을 시작하여 25mm에 도달 시 다시 원형으로 삭정을 하여 관리토록 되어 있으나 25mm 도달 전 26mm, 28mm, 30mm 도달 시 삭정을 시행하여 차륜 후렌지 마모 측정치를 측정 기록하였다.

2.1.3 시험차량

차량마모 특성연구를 위하여 대상차량은 한국철도공사 수색차량사업소에 배치한 8201호부터 8220호까지를 대상으로 20량에 대하여 진행하였으며 실험에 사용된 차륜형상에 대한 주요 제원 아래와 같다.

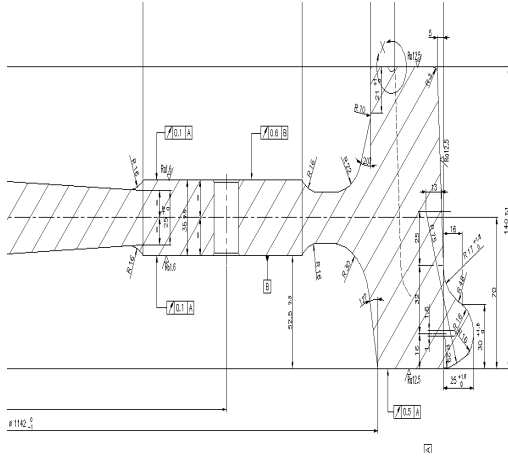


Fig. 1 윤축형상

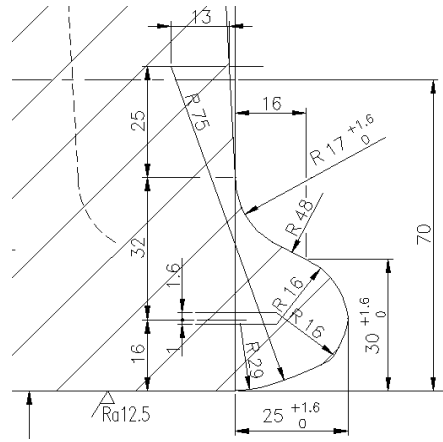


Fig. 2 차륜답면 형상

2.1.4 실차시험 결과

8200대형 전기기관차 차륜마모 특성 연구를 위하여 측정은 시험 차량별 총 6~8차에 걸쳐 림의두께, 후렌지 두께, 후렌지 높이를 약 3개월 간격으로 아래표와 같이 차호별 측정하였다.

측정결과 속도가 빠른 주요노선에서는 기존 산업선 운행시보다 차륜교환의 주원인으로 후렌지의 급속한 마모특성을 발견할 수 있었으며, 후렌지의 원형 확보를 위하여 차륜삭정 횟수가 많아지고 이에 따라 차륜교환 주기가 빨라 졌음을 확인할 수 있었다.

또한 일정한 후렌지 두께에서 부터는 마모가 빨리 진행되는 특성이 있었으며 후렌지의 효율적 관리기준 즉 원형확보 기준을 다시 정하면 일정부분 차륜의 마모주기를 연장할 수 있었다.

8200호 차륜측정 내역

차호 측정일	삭정 및 NIC삭정	총 두께 후렌지길이	상								비고	
			구분	L측				R측				
				1	2	3	4	1	2	3		4
2009년 9월	삭정 : 3회 05.01.03 07.03.05 08.02.29 08.09.04	519,354	DT	28	32	34	33	27	31	34	33	
			FT	25	28	27	28	27	27	26	26	
			FH	26	25	26	26	26	26	25	27	
2009년 12월	삭정 : 4회 05.01.03 07.03.05 08.02.29 08.09.04	549,535.0	DT	29.0	25.0	25.0	24.0	23.0	25.0	25.0	24.0	
			FT	29.0	29.0	29.0	30.0	26.0	28.0	29.0	27.0	
			FH	29.0	28.0	28.0	28.0	28.0	27.0	28.0	28.0	
2009년 3월	삭정 : 4회 05.01.03 07.03.05 08.02.29 08.09.04	552,865.8	DT	23	25	25	24	23	25	25	24	
			FT	29.0	29.0	29.0	30.0	29.0	29.0	29.0	27.0	
			FH	28	28	28	28	28	27	28	28	
2009년 6월	삭정 : 4회 05.01.03 07.03.05 08.02.29 08.09.04	553,698.8	DT	29.0	25.0	25.0	24.0	23.0	25.0	25.0	24.0	
			FT	29.0	29.0	29.0	30.0	29.0	29.0	29.0	28.0	
			FH	25.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	25.0	25.0	
2009년 9월	삭정 : 4회 05.01.03(재 침) 07.03.05(재 침) 08.02.29(재 침) 08.09.04(재 침)	58,329	DT									
			FT									
			FH									
2010년 1월	삭정 : 4회 05.01.03(재 침) 07.03.05(재 침) 08.02.29(재 침)	58,329	DT	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	
			FT	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	
			FH	25.0	25.0	26.0	26.0	26.0	25.0	26.0	26.0	
2010년 5월	삭정 : 4회 05.01.03(재 침) 07.03.05(재 침) 08.02.29(재 침)	58,329	DT	54	54	54	54	54	54	54	54	
			FT	31	31	31	31	31	31	31	31	
			FH	27	27	27	27	27	27	27	27	

8202호 차륜측정 내역

차호 측정일	삭정 및 NIC삭정	총 두께 후렌지길이	상												비고	
			구분	L측						R측						
				1	2	3	4	1	2	3	4					
2008년 9월	삭정 : 2회 08.04.18 05.11.07	629,747	DT	28	32	27	26	24.5	32	25	25					
			FT	25	28	24	24	24	25	26	24	23				
			FH	29	29	29	30	29	28	30	28					
2008년 12월	11/26 NIC	679,240.0	DT	54	54	54	54	55	54	54	54					
			FT	32	32	32	32	32	32	32	32					
			FH	25	25	25	25	25	25	25	25					
2009년 3월	75,034.4		DT	53	53	54	54	53	53	54	54					
			FT	32	32	32	32	32	32	32	32					
			FH	26	26	26	26	26	26	26	26					
2009년 6월	79,419.0		DT	53	54	53	54	53	54	54						
			FT	31	31	31	32	31	32	31	31					
			FH	25	25	25	25	25	25	25	25					
2009년 9월			DT	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0					
			FT	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0					
			FH	27.0	27.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0					
2010년 1월			DT	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0					
			FT	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0					
			FH	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0					
2010년 5월	229,464		DT	52	52	52	52	52	52	52	52					
			FT	30	31	30	30	30	31	31	31					
			FH	26	26	27	27	28	27	28	28					

Fig. 3 차륜마모 측정표

3. 결 론

8200대형 전기기관차가 기존 산업선 운행에서 주요노선인 경부선, 호남선 운행시 급속한 차륜마모 특성을 파악하기 위하여 대상차량 20량에 대하여 주기적인 차륜 마모진행에 대한 측정된 데이터를 기초자료로 하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전기기관차 주요노선 운행시 발생하는 급속한 차륜마모 현상은 차륜 답면의 마모보다는 레일과 차륜의 사행동등으로 횡압에 의한 차륜 후렌지 부분이 급속한 마모가 진행되는 특성이 있었다. 또한 마모된 후렌지 원형을 확보하기 위하여는 후렌지 두께1mm 확보시 차륜두께가 약 3mm가 얇아짐에 따라 차륜교환 주기가 단축되었다.

2. 차륜마모는 차량운행 조건에서 레일의 조건(50kg레일, 60kg레일), 궤도의 구배 및 곡선에 따라 차륜마모의 진행에 어느 정도 차이는 있겠으나 차륜마모의 직접적인 원인을 제공하는 후렌지 마모에 대해서는 일반차량 운영노선의 차량 운행속도 인자가 가장 큰 것으로 나타나는 특성과 결론을 얻었다. 따라서 향후 일반차량의 속도 향상 시 후렌지 마모의 감소를 최소화하는 연구가 필요할 것으로 보인다.

3. 철도공사 규정상 후렌지는 25mm까지 사용후 원형으로 삭정토록 되어있으나 후렌지 두께 28mm에서부터 25mm까지 3mm는 28mm까지 도달하는 것에 비교하여 급속한 후렌지 마모가 진행되는 특성을 알았다

따라서 차륜 후렌지가 28mm도달시 원형으로 확보하여 관리한다면 8200대 전기기관차의 주요노선에서의 후렌지 마모는 필연적이나 효율적인 차륜관리로 후렌지 마모를 감소시켜 차륜교환 주기를 연장할 수 있는 최적 유지보수 방안이라는 결론을 얻었다.

참고문헌

- [1] 경부고속열차의 기존선 주행시 차륜마멸특성에 관한연구(논문)
- [2] 차륜답면 형상에 따른 실험적 차륜마모 특성 연구(논문)
- [3] 도시철도 차량 차륜 플랜지의 마모패턴에 관한 연구(논문)
- [4] 전동차 차륜 마모에 따른 차륜/레일 기하학적 접촉 특성 변화 분석(논문)
- [5] 차륜 답면과 레일의 경계영역에서의 마모 특성(논문)
- [6] 한국형 고속철도 차량의 차륜과 레일간 상호작용 현상 연구(논문)
- [7] 차륜 답면 형상이 새마을호 차륜의 차륜마모에 미치는 영향(논문)
- [8] 철도공사 차량분야, 시설분야, 및 전기분야 기술 자료집