

전동차용 집전장치 습판체 마모시험 평가

An evaluation on a wearing test for EMU's panto shoes

정 종덕* 한 석윤** 김 원경** 이 수길*** 홍 용기** 정 래훈****

Chung Jong-Duk Han, Seok-Youn Kim, Won-kyung Lee, Soo-Gym Hong, Yung-Ki Jung, Rae-Hoon

This paper describes the result of wearing test on the Sangju test track. The purpose of the test is to evaluate an amount of wearing for EMU's panto shoes.

Panto shoes are affected in wearing by environment owing to expose the vehicle. Especially, the rainy season, they are found easy to get an increase in wearing of panto shoes. To evaluate an amount of wearing, we carried out running test for 5 months under the ground line conditions.

1. 서론

전동차용 집전장치는 차량의 대형화와 고속화로 대전류 집전이 용이한 집전장치가 요구되고 있으며, 본 구조에 적합한 습판체 재질의 검토와 사용환경에 따른 마모특성을 고찰하고자 한다.

습판체의 마모도를 분석하기 위해 표준전동차에 습판체를 장착하여 상주시험선에서 실차 시험을 약 5개월 동안에 걸쳐 수행하였다. 습판체의 마모량을 분석하기 위하여 시험기간을 2단계로 나누어 시험을 수행하였다. 1차 시험기간 동안에는 동계소결합금으로 습판체의 마모도 한계범위까지 시험을 수행하였으며 2차 시험기간 동안에는 M1-car 전위에는 동계소결합금을 후위에는 카본재질을 사용하여 마모량을 측정하였다.

국내 전동차의 운행조건은 노선별로 상이하여 지상과 지하를 운행하고 있어 본 연구를 통하여 집전장치의 습판체 재질이 환경과 운행조건에 따라 어떤 재질이 적합하는지도 함께 검토하고자 한다.

* 한국철도기술연구원 선임연구원

** 한국철도기술연구원 책임연구원

*** 한국철도기술연구원 주임연구원

**** 승림카본금속(주) 차장

2. 집전장치 습판체 마모시험

2.1 개요

습판체 마모도 분석하기 위해 시험기간을 2단계로 나누어 시험을 수행하였다.

1차 시험기간 동안에는 동계소결합금으로 습판체의 마모도 한계범위까지 시험을 수행하였으며 2차 시험기간 동안에는 M1-car 전위에는 동계소결합금을 후위에는 카본재질을 사용하여 마모량을 측정하고자 하며, 아울러 습판체의 사용기간, 운행거리와 구간에 어떤 재질이 적합하는지도 함께 검토하고자 하고자 한다.

1) 습판체 재질

- 1차 사용기간 : 동계소결합금
- 2차 사용기간 : 동계소결합금(M1-car 전위), 카본(M1-car 전위)

2) 습판체 사용기간

- 1차 사용기간 : 80일(2001년 3월 30일~7월 19일)
- 2차 사용기간(마모도 분석을 위한 사용일수) : 54일(7월 26일~9월20일)

3) 운행거리

- 1차 운행거리 : 21,255km(습판체 완전 마모)
- 2차 운행거리 : 21,213km(습판체 일부 마모)

4) 시험조건

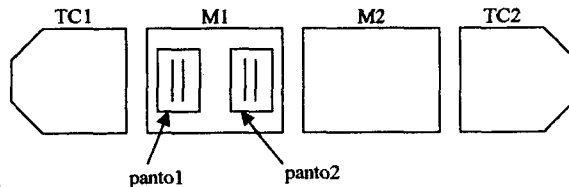
- 가선조건 : DC 1,500V, Over head catenary wire
- 운행구간 : 상주시험선 지상구간
- 환경조건 : 1차 사용기간(습도가 높음/우기), 2차 사용기간(건조)

5) 습판체 재질

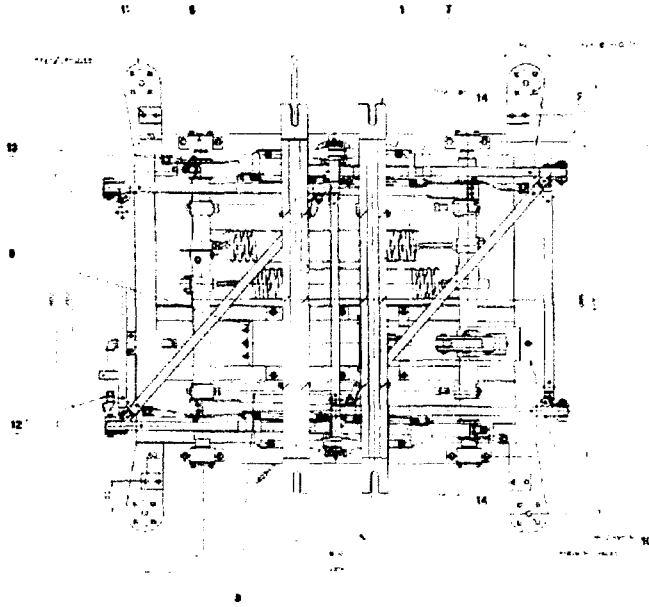
- 1차 사용기간 : 동계 소결 합금(SPC 2H)
- 2차 사용기간 : 동계소결합금(SPC 2H) : 1SET 와
카본(Metallized Carbon, BH424C) : 1 SET

5) 집전장치 구성도(2 세트/1편성)

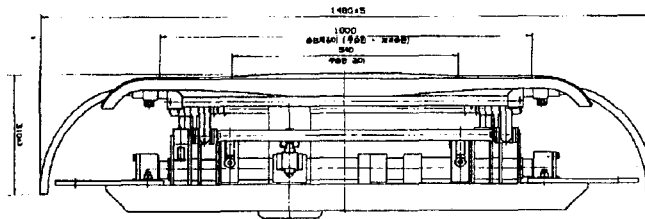
- 구성도



- 평면도



- 정면도



2.2 습판체 마모량 과대 원인분석

2.2.1 원인분석 및 내용

습판체의 마모의 원인을 파악하고자 서울시 지하철공사의 마모량과 비교하여 과대마모가 일어나는 원인을 찾고자함

가. 집전장치의 습판체 마모량 비교

구 분	1일평균 운행거리	사용일	총운행거리	비 고
표준전동차 실차 마모량	265.7km	80일	21,255km	- 재질 : 동일 (동계소결합금)
지하철공사 마모량 기준	402.5km	227일	91,367km	-표준전동차 판토 습판체 사용기간은 (2001.3.30~7.19일)

나. 집전장치 습판체 마모 원인 분석

1) 환경조건(기후조건)

판토의 재질이 동계소결합금으로 비가내릴 경우, 습판체의 마모량이 과다하게 마모됨

가) 표준전동차(상주공장)

전구간이 지상구간으로, 비가 올 경우 습판체 마모량이 큼

나) 지하철공사(본선)

대부분 지하구간으로 환경의 영향을 받지 않음

2) 운전시력 및 가선상태

가) 표준전동차

- 영업선과 달리 상주시험선은 단선으로 왕복주행을 함으로 습판체와 가선에 열이 항상 존재함

- 가선상태가 영업선에 비하여 떨어지며(Trolley wire 지그 재그로 제대로 되어 있지 않음)

나) 지하철공사(본선)

- 영업 운행시력(2분30초)이 있어 가선 및 판트의 열이 거의 존재하지 않음

- 가선상태가 양호하며, 유지보수를 지속적으로 있음

2.2.2 고찰 결과

가. 판트의 습판체 과다 마모가 발생하는 원인은, 상주시험선이 지상구간으로 환경의 영향(비가 왔을 경우 심함) 및 온도(습판체와 가선 접촉으로 인한 열 발생후 표준전동차가 계속 주행)의 영향으로 판트 습판체의 마모가 크게 발생하는 것으로 판단됨.

나. 이러한 점을 고려했을 때, 동결소결합금은 환경의 영향을 많이 받으므로 습판체 제작사에서 환경의 영향을 적게 받을 수 있는 재질에 대한 자료 및 재질을 입수하여 실제 상주시험선에 습판체를 부착하여 마모량 시험이 되도록 할 것

3. 습판체 마모현상 분석

3.1 시험 대상

- 동계주습판(SPC 2H)
- 카본주습판(Metallized Carbon, BH424C)

3.2 주습판 재질별 특성비교.

구 분	비중 (g/cc)	비저항 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	경도	굴곡강도 (Kg/cm ²)	충격강도 (Kgf · cm/cm)
동계주습판	7.20	20~25	40 HB10/500	-	1.400
카본주습판	2.40	300	75 HS	650	-

3.3 주습판의 재질별 마모량 비교

가. 동계주습판

구 분	증량변화(g)			두께변화(mm)		
	사용 전	사용 후	마모량	사용 전	사용 후(최소)	마모량
동계 1	558.2	476.3	81.9	13.21	11.98(8.02)	1.23(5.19)
동계 2	557.4	462.7	94.7	13.32	12.08(9.39)	1.24(3.93)
동계 3	560.1	480.1	80.0	13.15	11.89(8.90)	1.26(4.25)
동계 4	558.5	481.3	77.2	13.40	12.08(8.39)	1.32(5.01)
동계평균	558.6	475.1	83.5	13.26	12.00(8.67)	1.26(4.59)

나. 카본주습판

구 분	중량변화(g)			두께변화(mm)		
	사용 전	사용 후	마모량	사용 전	사용 후(최소)	마모량
카본 1	241.5	192.8	48.7	20.29	15.21(13.20)	5.08(7.09)
카본 2	239.6	199.2	40.4	20.12	16.06(14.15)	4.06(5.97)
카본 3	242.2	229.0	13.2	20.19	18.20(16.60)	1.99(3.59)
카본 4	239.6	228.5	11.1	20.26	18.56(16.89)	1.70(3.37)
카본평균	240.7	212.2	28.3	20.22	17.01(15.21)	3.20(5.00)

3.4 주습판의 마모비교

가. 동계주습판의 마모특성

주습판전면에 걸쳐 균일한 마모특성이 나타나고 있으나 양단에 국부 마모가 형성되었으며, 본 국부마모 원인 및 동계주습판의 일반적인 마모특성은 다음과 같다.

● 가선영향

국부마모는 가선의 편위이상으로 생성되었다, 즉 집전체 중심을 기준으로 양단의 일정한 마모형상은 가선이 어느 한 방향으로 치우쳐 있을 때 전동차의 왕복운전으로 발생된다. 또한, 신설된 가선은 상대편 재질이 동계주습판 또는 카본습판이든 초기마찰계수 증가로 마모율이 높게 나타나고 있으며, 가선과의 접촉안정이 유지기까지는 일정한 시간이(약 1개월 이상) 요구된다.

● 환경영향

동계주습판에는 가선과의 마찰계수를 낮추기위해 전도성 윤활유를 함침시켜 사용하고 있으나, 우기시에는 수분이 가선에 형성된 윤활성분을 세척시켜 마찰계수가 증가되고 또한 수분(O₂)이 습판체를 구성하고있는 동(Cu)성분을 산화시켜 마모를 촉진시킨다.

● 재질혼용

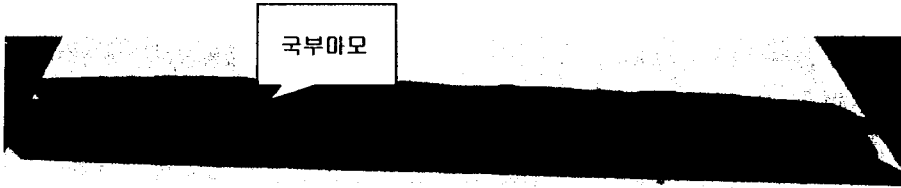
재질 및 물리적특성이 상이한 습판체를 같은 편성의 전동차에 혼용 사용시 저항이 낮은 습판체쪽으로 전류가 편중되어 마모를 가중되었다.

나. 카본주습판의 마모특성

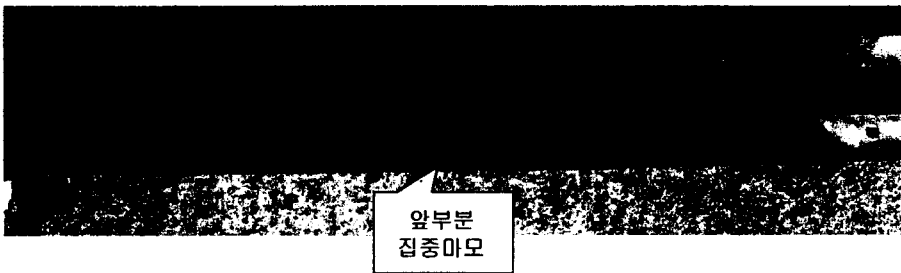
집전장치의 주습판 마모특성은 집전시의 Arc에 의한 전기적 마모와 가선과의 마찰로 발생하는 기계적 마모 특성으로 구분된다. 본 카본습판은 동계주습판과의 혼용사용으로 기계적인 마모특성이 나타나고 있다. 그림 및 마모량 비교표 같이 습판체의 진행방향으로 앞부분만 집중 마모가 되었으며, 이는 기계적 마모의 대표적인 현상이다.

3.5 시험품 사진

가. 동계주습판



나. 카본주습판



3.6 고찰결과

본 시험결과 주습판의 마모량은 동계주습판의 경우 마모량의 변화는 14.94% (83.5g/558.6g)이고 카본주습판의 경우에는 11.84% (28.3g/240.7g)으로 카본 주 습판의 마모가 적음을 알 수 있었으며 편마모가 일어나지 않음을 알 수 있었다. 주습판의 마모특성은 차량운행환경과 밀접한 관계가 있다.

동계주습판의 경우, 우기시에는 수분이 가선에 형성된 윤활성분을 세척시켜 마찰계수가 증가되고 수분(O₂)이 습판체를 구성하고 있는 동(Cu)성분을 산화 시켜 마모를 촉진시킨다. 따라서 습판체의 재질을 선정할때에는 지하구간에서는 동계재질이, 지상구간에서는 카본재질을 사용하는 것이 좋을 것 같다.

4. 결론

습판체의 과다 마모가 발생하는 원인은 상주시험선이 지상구간으로 환경의 영향과 습판체와 가선 접촉으로 인한 열이 발생후 방열이 되지 않는 조건에서 전동차 운행이 계속되어 습판체의 마모가 크게 발생하는 것으로 판단된다.

습판체의 마모특성은 차량운행환경과 밀접한 관계가 있으며 특히 동계주습판의 경우, 우기시에는 수분이 가선에 형성된 윤활성분을 세척시켜 마찰계수가 증가되고 수분(O₂)이 습판체를 구성하고 있는 동(Cu)성분을 산화 시켜 마모를 촉진되어 과다 마모의 원인이 되었음을 알 수 있었다.

본 시험결과 주습판의 마모량은 동계주습판의 경우 마모량의 변화는 14.94% (83.5g/558.6g)이고 카본주습판의 경우에는 11.84% (28.3g/240.7g)으로 카본 주 습판의 마모가 적음을 알 수 있었으며 편마모가 일어나지 않음을 알 수 있었다.