

철도화차 대차용 마모판 개발

홍재성*(한국철도기술연구원), 함영삼(한국철도기술연구원), 백영남(경희대학교), 이경엽(경희대학교),
김민호(경희대학교)

Development of the wear plate for the railway freight car

J. S. Hong(KRRI), Y. S. Ham(KRRI), Y. N Paik(Kyung-Hee Univ.),
K. Y. Lee(Kyung-Hee Univ.), M. H. Kim(Kyung-Hee Univ.),

ABSTRACT

There are about 13,000 freight cars in Korea. The holding amount of the freight cars are many more than the other types of cars. But the bogie structure has many friction parts, so there are many hold-ups for the maintenance problem on the spot. As seen in Fig. 1 friction parts are organized of 30 parts in case of welding structure bogie. Especially left-right positions of the axle box have severe problems for the wear, they occur the reduction of maintenance period, a lowering of the running safety. Generally the thickness of wear plate is 4.5mm and attached to bogie by way of welding method. At the running situation the friction occurs in wear plate each other. Namely the role of the wear plate reduce the load from the carbody. So we need the wear plate for low-wearing, adequate friction power.

Key Words : Bogie, Wear Plate

1. 서론

국내 화차 보유량은 13,000여대로 다른 차종에 비해 많은 양을 보유하고 있으나 주행장치의 경우 승동부에 마모부가 많은 구조로 되어있어 현장에서는 이에 대한 유지보수 애로사항이 많다. 마모부는 용접구조 대차의 경우 Fig. 1에서 볼수 있듯이 대략 30군데이며 특히 엑슬박스 장치 좌우에 있는 마모부의 마모가 많이 발생되어 보수주기 단축, 주행성능 저하등 문제점이 발생하고 있다. 보통 마모판은 두께 4.5mm의 평판으로 구성되어 있으며 대차에 용접으로 고정되어 주행시 마모판끼리 접촉하여 마찰을 일으키면서 대차에서 발생하는 하중을 받아 감쇄시키는 역할을 한다. 따라서 적절한 마찰력을 가지면서 잘 마모가 되지 않는 제품이 필요하다

2. 국내 마모판 현황

현재 국내에서 용접구조용 화차용 대차에 마모판으로 사용되고 있는 재질은 크게 탄소강재(SM45C)와 스프링강재(SPS5)로서 표면을 고주파 열처리하여 강도를 높였으며 용접을 위하여 강재 테두리는

열처리를 하지 않았다.

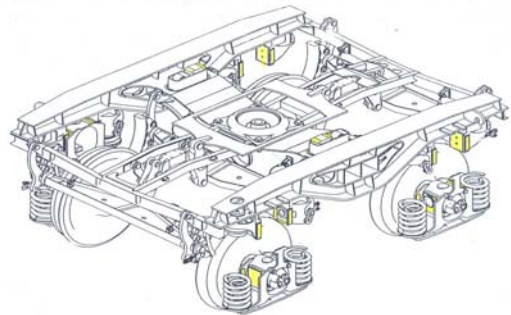


Fig. 1 The positions of wear plates in the bogie

엑슬박스 장치 옆에 장착되어있는 마모판의 경우 대략 수명이 4년 정도로 파악되고 있으며 현장에서 마모판을 교체하기 위해서는 차체에서 대차를 분리하여 대차에 장착되어있는 엑슬박스를 분리한 후 마모가 된 마모판을 뜯어내고 새로운 마모판을 용접 장착하는 과정을 겪어야 하므로 유지보수비용이 상당히 많이 소요된다.

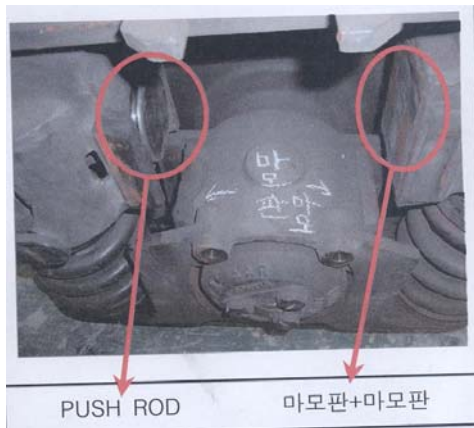


Fig 2 Worn shape of friction part

3. 마모시험

3.1 시험목적

현재 철도화차용 주행 장치의 습동부에 장착되어있는 마모판의 교환주기는 정상수명 10년을 목표로 하고 있으나 대차 조립상태 불량 및 주행 특성 등으로 인해 불균일한 마모형태 등을 일으키며 평균 3~4년에 교환하는 것으로 나타나고 있다. 안정된 마찰계수 및 내마모성이 기존 마모판보다 월등히 우수한 마모판을 개발하는데 그 목적이 있으며 다음과 같은 내용에 대한 연구를 진행하였다. 또한 마모부위를 줄이기 위한 근간으로 Fig 3과 같이 대차에 대해 3차원 형상을 CAD로 구현하였다.

- 기존 제품의 경도, 마모시험을 통한 물성 특성 연구
- 열처리 및 표면처리 방법에 따른 경도, 마모 특성 데이터 확보
- 기존 소재의 물성 특성 및 표면처리 방법에 따른 특성 데이터를 고려한 새로운 마모판 소재의 선택

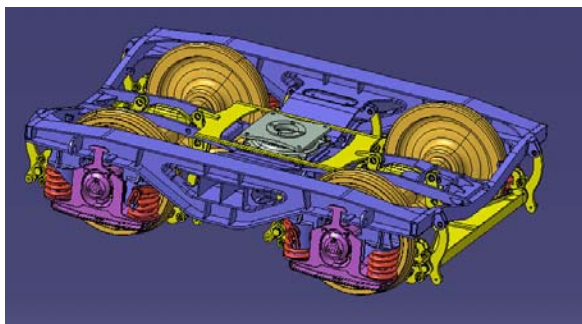


Fig. 3 The shape of welded type bogie

3.2 시험종류

3.2.1 고주파 열처리된 기존 제품의 특성시험

기존의 마모판은 기계구조용 탄소강(SM45C)과 스프링강(SPS5)을 고주파 열처리하여 표면 경도 HRC 55-60 정도의 값을 가진 제품이 주로 사용되고 있다. 두 재질에 대한 일반적인 특성은 다음과 같으며 물성치는 Table 1과 같다.

① SM45C : 이전에 사용되었던 소재로 기계 구조용 강으로 많이 사용되며 매우 저렴한 가격이 특징. 기본적 강도는 낮음.

② SPS5 : 현행 사용되고 있는 소재로 스프링강으로 주로 이용됨. 기본적 강성이 SM45C보다 우수하나 가격이 조금 비쌈.

이들 마모판 소재는 실 사용부에서 발생하는 하중 및 마모 특성, 제강 회사로부터의 수급 용이성, 대차와의 용접성 등을 고려하여 개발되었으며, 부족한 표면 경도 등은 고주파 열처리를 통하여 보완된 형태를 지니고 있다. 따라서 새로운 마모판 소재의 발굴에 앞서 이들 기존 제품의 물성 특성을 파악하여 기본 데이터를 확보하는 것은 매우 중요하다.

Table 1 The property of the material for wear plate

	C	Mn	Si	P	S	Cr
SM45C	0.42~0.48	0.60~0.90	-	-	-	-
SPS5	0.56~0.60	0.65~0.95	0.15~0.35	0.035 이하	0.035 이하	0.65~0.95

3.2.2 마모시험 방법

마모(Wear) 과정이란 크게 나누어 Abrasive, Erosive and Adhesive Process가 함께 진행되어 나타나는 현상이다. 따라서 일반적인 마모 시험 외에 몇몇 시험법에서는 3가지 과정중에 특정 과정만을 부각시킨 시험법이 다수 존재하고 있다. 다음은 산업 및 학계에 자주 사용되고 있는 마모 시험법을 나타내며 본 시험에서는 Pin-on-Disk 방식의 단점을 보완한 Ball-on-Disk 방식을 적용하였다.

① Pin-on-Disk 방식 : 작은 원반형의 마모재를 회전시키고 그 표면위에 Pin 형상의 상대마모재를 고정시켜 접촉함으로써 시간 및 마모 길이에 대한 마모량을 측정하는 방식이다. 가장 일반적으로 쓰이는 마모시험법의 하나이나, 마모 과정이 진행될수록 고정되어 있던 Pin의 편마모, 떨림 등으로 인한 여러 요인이 증가하는 단점이 있다.

② Abrasive Wear Test : 마모재의 표면에 상대마모재로 연삭재를 선택하여 일정 하중 조건 하에서 연삭재가 마모재를 깎아내는 정도를 관찰 시험하는 방식으로 상대마모량 비교에 적합하다. 그러나 마모량의

측정에만 치우친 경향이 있다.

③ Ball-on-Disk 방식 : Fig. 4에서 볼수 있듯이 Pin-on-Disk 방식의 단점을 일부 개선한 마모 시험법으로 상대마모재로 Pin을 Ball로 대체하여 사용하는 방식이다. 접촉 면적이 최소화 되므로 다소의 진동에 의해 Ball이 흔들리더라도 비교적 안정적으로 마찰력, 마찰계수 등을 얻을 수 있다. 마모재의 상대적 비교를 위해서 상대 마모재인 Ball의 재질을 가장 강한 경도를 가지고 있는 TiN 코팅층의 경도에 맞추어 고경질일 지르코니아 볼을 사용하였다.



Fig 4 Tester machine

④ 경도 시험(KS B 0806, 로크웰 경도시험법)

소재의 표면이 나타내는 경도 측정을 위해 현재 실용화되고 있는 시험법에는 압입자를 사용한 압입 경도시험법, 시료 표면에 동적인 하중을 주어 그 반발 정도를 측정하는 동적 경도시험법, 그리고 압자로 표면을 긁어 그 자국을 조사하는 긁기 경도시험법 등이 있다. 평탄한 면을 가진 시료의 경도 시험에는 로크웰 시험법, 브리넬 시험법, 비커즈 시험법 등을 주로 사용하며, 본 연구에서는 KS B 0863에 의거하여 로크웰 시험법으로 마모판 소재의 경도를 측정하였다.

3.2.3 열처리 및 표면처리 방법에 따른 경도, 마모 특성 데이터 확보

일반적으로 경도가 우수한 재질일수록 내마모특성은 우수하나, 하중에 대한 취성 파괴 경향 또한 증가

하므로 강도적 측면에서 마모판 소재에 부적합 할 수 있다. 또한 화차와의 용접성을 고려하지 않을 수 없으므로 경우에 따라서는 소재의 표층 혹은 일부분만을 경화처리 해야 하는 경우도 발생한다. 따라서 이를 위한 소재의 열처리 및 표면처리법에 대한 연구는 매우 중요하다고 할 수 있으며, 본 연구에서는 소재에 다음과 같은 방법을 사용하여 열처리 및 표면처리를 행하고 그에 따른 물성 특성의 변화를 살펴보았다..

① 침탄 처리

침탄처리는 보통 탄소함량 0.2% 이하의 저탄소강의 표면처리에 많이 사용되는 방식이며, 조건에 따라 중탄소강의 영역까지 확장이 가능하다. 침탄 운반재의 종류에 따라 목탄 등을 사용하는 고체침탄, 메탄 혹은 프로판 가스를 침탄 운반재로 사용하는 기체 침탄 등이 있으며 820℃-950℃, 30분-16시간 처리하는 것이 일반적이다. 침탄 처리 후 용접이 어려워지는 특성을 고려하여 용접부에는 침탄 방지제를 사용하였다.

② Quenching & Tempering

금속의 조직을 경화시키는 일반적인 방법 중의 하나로써 공정 단가가 저렴한 것이 장점이다. 소재의 재질에 따라 차이는 있으나 보통 850 - 900℃에 달하는 조직 변태 온도 이상으로 가열 후 급냉하는 과정을 거친다. 경우에 따라 소재의 연성을 일부 되살리기 위해 450℃정도로 소려 공정을 거치기도 한다.

③ 고주파 열처리

표면 경화처리의 한 방법으로 코일에 흐르는 고주파 전류에 의해 코일 내부에 위치한 소재 표면에 와전류가 형성되어 강의 표면을 급속히 가열하여 오스테나이트화 한 다음 급랭에 의해 표층에서의 마르텐사이트 변태를 유도하는 방법이다. 주로 10 - 500kHz 범위의 고주파를 사용한다.

④ 용사 코팅

용사 코팅이란 분말 혹은, 선형재료를 고온열원으로 부터 용융 액적으로 변화시켜 고속으로 기체에 충돌, 급냉 응고시켜 적층한 피막을 형성하는 기술이다. 재료의 가열, 용융을 위해 에너지 밀도가 높은 연소화염, Arc 및 플라즈마 등의 열원을 필요로 한다. 본 연구에서는 표층의 내마모성 향상을 위해 텅스텐 카바이드나 크롬-몰리브덴과 같은 피막을 0.5-1.5mm 코팅하여 물성을 측정하였다.

⑤ 이온 플레이팅

아크 등의 열원을 사용하여 코팅에 사용될 금속을 직접 증발시켜 고진공 챔버 내에서 음극으로 인가된 모재 표면에 코팅막을 형성하는 기술로, 플라즈마 발생 기술과 함께 사용하면 작업 수율이 올라갈 수 있다. 본 논문에서는 절삭 공구의 내마모성 향상에 많이 쓰이는 질화티타늄 층을 표면에 형성시켜 표면

경도를 향상시켰다.

3.2.4 새로운 마모판 소재 조사 및 분석

새로운 마모판 소재의 선택은 앞서 진행되는 여러 물성 특성 데이터를 기반으로 수행될 수 있으나, 그 외에도 다음과 같이 마모판이 실제 사용되는 부위에서의 특수성을 고려하여 선택하려 한다. 대차용 마모판 소재로서 요구되는 성질을 간략히 요약하면 다음과 같다.

- ① 대차에 용접이 쉽게 가능한 재료
- ② 적절한 강도, 내마모성을 갖춘 재료
- ③ 제강회사로부터 자재 공급이 용이한 재료를 대상으로 선택

4. 시험결과

4.1 시험시편 선정

1) 시편의 구분

Ball-On-Disk타입의 시험기의 모습이 Fig 3에 나타나 있다. 시험시편에 대한 구분을 다음과 같이 하여 시험을 진행하였다.

- 소재별 구분 : SM45C, SPS5의 2종
- 표면처리별 구분 : Q & T(경도별 3종), 고주파열처리(경도별 3종), 플라즈마코팅(TiN, CrN 2종), 플라즈마용사코팅(TiC, CrC 2종)

4.2 시험결과

현재 무작위로 시편을 선정하여 마모 시험을 수행하고 있으므로 소재별, 표면처리별 일반적 경향을 뽑아내기에는 아직 이른 단계이다.

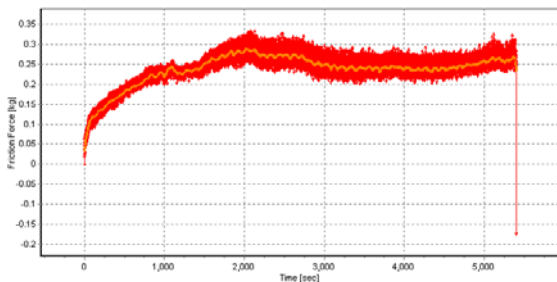


Fig 5 Test result of wear plate for friction power

그러나 마모 시험 후 약 1시간 전후를 경과하여 마모 관련 인자들이 Fig 5와 Fig 6에서 볼수 있듯이 마찰력과 마모량에 대해서 수렴하고 있는 모습을 볼수 있었다. 아직 시험이 전체적으로 완료되지 않았지만 시험한 결과의 한 예를 Table 2에 나타내었다.

향후 실험이 완료된 후 이러한 인자를 조합 분석하여 각 조건별 마모 경향 정도를 파악할 수 있을 것으로 예상된다.

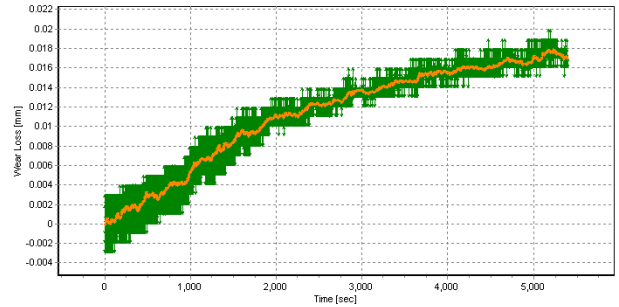


Fig 6 Test result of the wear plate for wear quantity

Table 2 Test result of the wear quantity in case of high frequency tempering (SPS5, 27,000 rotation)

침탄경도(H _{Rc})	마찰력(N)	마찰계수	마모량(mm)
39±3	0.4222	0.69754	0.0162046
47±3	0.2594	0.42858	0.0066791
55±3	0.2792	0.46128	0.007839

5 결론

여러 경우에 대하여 현재 시험이 진행중에 있으며 지금까지의 시험결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 침탄처리로 경도만 다른 SM45C의 마모측정을 9,000회 회전하였을 때 마찰력과 마찰계수의 변동은 크지 않으나, 마모량은 경도 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다.
- 2) 고주파열처리로 경도만 다른 SPS5 소재의 마모측정을 27,000회 회전하였을 때 경도 증가에 따라 전반적인 결과가 감소경향을 보이고 있다.

참고문헌

- (1) 최정영, 재료특성 열처리 & 시험, 골드
- (2) 이재훈, 열처리 실험, 태훈출판사