Journal of Conservation Science
Vol.25, No.4, pp373-381(2009)
Printed in the Republic of Korea

경의선장단역증기기관차의 부식방지를 위한 왁스계 피복제 내후성 시험 연구

송원준*,[1] | 김미현** | 안병찬*** | 정희돈*
(재)포항산업과학연구원*,[1], 국립문화재연구소**, 경주대학교 문화재학부***

A Study on the Testing of Weather Resistance of Anti-corrosion Wax Covering Agents in the Locomotive at Jangdan Station of Gyeongui Line

Won-Joon Song*,[1] | Mi-Hyun Kim** | Byong-Chan Ahn*** | Hee-Don Jeong*
*Research Institute of Industrial Science and Technology, Pohang, 790-330, Korea
**Cultural Heritage Conservation Science Center, National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon, 305-380, Korea
***Department of Cultural Assets, Gyeongju University, Gyeongju, 780-712, Korea

[1]Corresponding Author: wjsong@rist.re.kr, +82-54-279-6340

초 록 야외 전시되는 철제문화재 보존을 위해서 유물 표면을 피복처리 하는 것은 부식방지의 대표적인 방법이다. 근대문화유산 제78호 경의선장단역증기기관차는 보존조치 후 노천에서 전시될 예정이라서 기관차의 재부식 예방에 효과적인 표면 피복재를 내후성 실험을 통해 선별하였다. 실험재료는 기관차 표면 피복에 주로 사용되는 미정질 왁스 2종과 봉밀왁스를 기반으로 제조한 혼합왁스를 선별하였다. 실험방법은 3종의 왁스를 기관차 시편에 각각 피복하고 ISO 4892-1981 기준에 따라 제논아크촉진내후성시험기 속에서 1000시간 내후성 시험을 한 후 그 변화상을 비교 조사하였다. 실험결과 봉밀 왁스는 400시간 이후부터 표면에 백화현상이 발생하면서 노화하였고 미정질 왁스 2종은 800시간 이후부터 변화를 보였다. 시험전과 후 수분접촉각의 변화 역시 봉밀 왁스 보다 미정질 왁스가 적게 나타났다. 따라서 미정질 왁스 중 특히 고온형이 내후성과 수분 차단력이 가장 뛰어난 것으로 확인되어서 이것으로 증기기관차의 표면을 피복하게 되었다.

중심어: 내후성 시험, 증기기관차, 방식처리, 피복재, 미정질 왁스

ABSTRACT To preserve steel cultural properties on display outdoors, the surface of these relics is processed with a covering treatment, which is a typical anti-corrosion method. Since the registered cultural heritage of Korea No. 78 Locomotive at Jangdan Station of Gyeongui Line will be treated by preservation process and displayed in the open outdoor area, effective surface covering agents were selected through testing to prevent the corrosion of the locomotive. The mixed wax are based on two types of microcrystalline wax which is one of regular surface covering agents for locomotives and bee's wax. For the weather resistance test, 3 types of wax were applied to each specimen of the locomotive and the specimens were tested in the Xenon-Arc Accelerated Weathering Tester for 1000 hours in accordance with the ISO 4892-1981 criteria and the test results were compared. As a result, on the surface of the specimen coated with the bee's wax, a whitening event appears after 400 hours which causes aging, and the specimens coated by the microcrystalline wax showed signs of a whitening event after 800 hours. The moisture contact angle with the microcrystalline wax coating was also less

접수 09. 10. 07 / 심사 09. 11. 11 / 승인 09. 11. 26

than with the bee's wax. Therefore, it was found that the high temperature microcrystalline wax is the most effective coating agent in terms of weather resistance and moisture blocking capability and the high temperature microcrystalline wax was adopted for coating the surface of the locomotive.

Key Words: Weather resistance test, Steam locomotive, Anti-corrosion treatment, Surface covering agent, Microcrystalline wax

1. 서 론

경의선장단역증기기관차는 한국전쟁 당시 연합군의 군수 물자를 싣고 개성역에서 한포역으로 북진하던 중 중공군의 3차공세가 시작되어 급히 후퇴하여 장단역까지 내려왔지만 피폭되어 멈추어 서게 되었다. 휴전이 되며 주변 지역이 비무장지대(DMZ)로 포함되면서 50년 넘게 방치되어 왔다. 그 뒤 2000년 남북 정상회담에서 경의선을 복원하기로 합의하면서 주목받게 된 이 역사적 기념물은 '분단의 비극과 평화의 소중함'을 일깨워주는 상징물로 인정되어 2004년에는 등록문화재 제78호로 지정되었다.[1]

문화재청은 (주)포스코(POSCO)와 '한문화재 한지킴이 운동' 협약을 맺고 장단역증기기관차를 보존조치하기로 결정하였고, (주)포스코는 (재)포항산업과학연구원(RIST)에 보존처리 업무를 연구과제로 위임하여 증기기관차 보존사업을 추진하게 되었다. 길이 15m, 폭 3.2m, 높이 4.7m 규모의 무게 80t이나 되는 철제 증기기관차를 과학적으로 보존처리하기 위하여 DMZ 현장에서 4km 떨어진 임진각 관광지 내에 임시보존처리센터를 설치하고 이곳으로 안전하게 이송하여 처리작업을 진행하게 되었다. 과학적 정밀 조사를 통하여 수립된 최적의 처리 방안에 따라 녹 제거, 방식 처리 등을 수행하였고, 마지막 조치로서 야외에서 보호각 없이 전시될 기관차의 재부식을 최대한 억제하기 위해 표면에 피복제를 도포해야만 했다.

피복제는 녹슨 기관차의 모습을 그대로 보여주면서 투명하고 광택이 심하지 않아야 한다. 수분 차단력이 우수해야 하며 한여름의 더위와 혹한에도 잘 견딜 수 있는 내구력과 함께 피복력도 강하여 유물에 밀착되어 쉽게 벗겨지거나 들뜨지 말아야 한다. 또한 재료 자체는 작업성이 우수해 복잡한 구조물 곳곳에도 간단한 조치만으로 피복이 가능해야 함은 물론 추후 필요시 제거도 가능해야 한다.

세계적으로 야외에서 전시되는 증기기관차의 피복제로는 주로 왁스계 수지가 이용되는 것이 보통이다. 하지만 이들 증기기관차 표면은 대체로 페인트가 두껍게 도포되어 있는데 반해서 장단역증기기관차의 경우 페인트는 이미 모두 탈락한 채 철 녹이 심하게 생성된 상태였다. 이처럼 전혀 다른 기관차 특성을 감안한다면 기존의 왁스계 피복제 가운데 어떤 종류가 적합한지, 수분 차단력은 어느 정도 발휘할 수 있는지 그리고 국내 환경에 내구성이 있는지 등을 확인해서 기능이 뛰어난 것을 찾아 적용해야 할 필요가 있다.

이 글은 국내 최초로 진행한 장단역증기기관차의 보존조치를 위해 실험한 왁스계 피복재 3종의 내후성을 시험한 결과를 소개한 것이다.

2. 연구방법

2.1. 시편 제작

시편은 장단역증기기관차를 감싸고 있는 철제 방열판에서 떨어진 파편을 이용하였다. 파편은 표면과 뒷면 모두 산화철 또는 수산화철 부식이 심하게 슨 상태였다.

실험재료는 야외 전시중인 증기기관차의 표면 보호피복제로 많이 사용되는 미정질[微晶質, Micro crystalline] 왁스 2종과 봉밀 왁스[蜂蜜, Bee's Wax] 1종 등 모두 3종을 선정하였다. 미정질왁스 2종은 녹는점이 68~77℃인 일반 왁스(이하 MC-일반형으로 칭함)와 녹는점이 101℃인 고온 왁스(이하 MC-고온형으로 칭함)이며, 봉밀 왁스 1종은 봉밀 왁스에 카나보 왁스, 다마수지, 송정유 그리고 라벤더 오일(Carnauba Wax, Dammar resin, Turpentine Oil, Lavender Oil)을 혼합 제조한 제품(이하 MCC로 칭함)이다. 봉밀 혼합왁스는 국내 야외 금속문화재에도 적용된 예가 있다.[2] 봉밀 왁스는 녹는점이 86℃라고 하지만 연질(軟質)이라서 다마 수지를 첨가해 표면의 경도를 보강함으로서 피복 후 먼지가 붙지 않도록 조제했다고 알려져 있다. 미정질 왁스의 일반적인 물성은 Table 1과 같다.[7]

시료제작 방법은 절단기를 이용하여 크기 가로 4㎝, 세로 4㎝의 철편으 로 절단한 뒤 표면에 생성된 철 부식을 스테인리스 솔로 제거하였다. 시료표면은 옥시수산화철계열

Table 1. Qualities of the wax which is used in experiment.

Name	MC- normal	MC- high temp.
Melting point(℃)	68~77	101
Oil Content(wt.%)	10 ↓	14.1
penetration(0.1㎜)	70 ↓	8
specific Gravity	0.82～0.85	0.935
Flash Point(℃)	200 ↑	310
UV Absorbance	-	passed

Table 2. Sample list which is used from experiment.

Sample name	Method of application
Raw Sample	-
MC-normal	Coating and Heating
MC-high temp.	Coating and Heating
MCC	Coating and Heating
MCC+MC-high temp.	Coating and Heating

인 침철석(*Goethite*, α-Fe00H)과 인철석(*Lepidocrocite*, γ-Fe00H) 등을 제거하고 산화철계열인 자철석(*Magnetite*, Fe_3O_4)은 가능한 많이 남겨 증기기관차의 녹을 제거한 상태와 유사하게 만들었다.[3]

녹을 제거한 철편 시료에 3종의 왁스와 MC-고온형과 봉밀 왁스를 1:1로 혼합한 왁스 1종 등 모두 4종의 왁스 피복제를 각각 가열 용융시켜 피복하는 방법으로 앞면과 뒷면 모두 적용하여 시편을 제작하였다.

모든 시료는 피복 후 코팅 두께와 상태를 동일하게 만들고 시편에 잔존할 수 있는 수분제거를 위해 공업용 드라이어를 이용해 재 가열하며 같은 조건이 되도록 조정하였다. 대조군로 코팅처리하지 않은 맨 철편 1점도 첨가하여 시료의 종류는 총 5종이 되었다(Table 2). 시편의 수량은 종류별로 각각 5개씩 제작하였다.

2.2. 실험방법과 조건

내후성에 대해 정의하자면 "재료나 상품이 기상의 영향을 받아 원치 않는 형태로 변형되는 것"이라고 말할 수 있다. 즉 기후환경에 의해 재료나 상품이 원래의 성능이나 목적을 수행하지 못하는 상태로 변하게 되는 것이다.[5] 물성변화를 측정하는 방법은 문화재 보존처리 재료에 적용되면서 재료의 형태 변형뿐만 아니라 색상변화 등 항목도 추가되어 재료의 안정성을 판단하는데 중요한 기준으로 활용된다.

노천에 서있는 증기기관차용 코팅재의 내후성에 가장 중요한 영향을 미치는 요소는 수분과 태양광(특히 UV) 그리고 온도변화라고 할 수 있다. 이러한 환경의 영향을 조사하는 시험은 실험실에서 수행하는 촉진내후성시험과 야외에서 직접 수행하는 폭로시험으로 나눠진다. 야외 시험은 환경조건을 제어하기가 어렵고 오랜 기간이 소요되므로 본 실험은 실내에서 그 결과를 빠른 시간 내에 확인할 수 있는 제논아크 촉진 내후성시험을 채택하였다.

Table 3. Condition of Xenon-Arc Accelerated Weathering Tester.

Contents	Experimental condition
Xenon-Arc Lamp	1800W
Irradiance range W/m^2	0.35W/m^2
Wavelength	295-1,000㎚
Temperature	Light Cycle 35~65℃ Dark Cycle 25~50℃
RH(%)	50%± 5%
Water spray/ Light	18min/102min

실험에 사용된 제논아크 촉진 내후성 시험기(Xenon-Arc Accelerated Weathering Tester, Q-panel, USA)는 코팅 금속편의 내후성을 알아보기 위한 실험기기로 야외 환경에 노출된 금속이나 코팅재의 내후성과 관련된 ISO 4892- 1981, ISO 11341, ASTM G26-88의 규격을 만족하는 조건으로 제작되었다.[4] 시험조건을 간단하게 요약하면 Table 3과 같다.

시험기 안에서 시편은 수평으로 장착되어 윗면이 시험조건에 직접 노출되게 된다. 빛 조사량의 변화 사이클을 통해 밤과 낮의 일조량 변화상을 적용하였고 동시에 물 분무와 상대습도 조절을 통해 강우(降雨) 환경을 재현하면서 수분에 의한 재부식 손상을 예측하고자 하였고, 온도 변화를 주어 철편의 열팽창수축에 따른 왁스 코팅재의 손상을 촉진시키는 환경조건을 만들었다.[5]

촉진 내후성시험 시간은 총 1,000 시간으로 정했고 매 200시간마다 1회씩 시편 1개를 취하여 그 변화상을 정밀관찰하였다.

코팅재의 수분 차단효과는 내후성 시험전과 시험후 시편 위에 물방울을 떨어뜨려 수분 접촉각을 측정한 뒤 비교하는 방법으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 표면 육안 관찰

제논아크 촉진 내후성 시험이 진행되는 동안 시편에 도포된 왁스 피복재가 변화되는 양상을 면밀히 조사하였다.

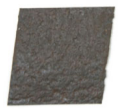
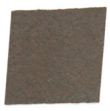
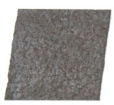
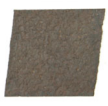
Sample Name	Experimental condition	200hr	400hr	600hr	800hr	1000hr
Raw Sample	Before weathering					
	After weathering					
MC-normal	Before weathering					
	After weathering					
MC-high temp.	Before weathering					
	After weathering					
MCC	Before weathering					
	After weathering					
MCC + MC-high temp.	Before weathering					
	After weathering					

Figure 1. Photographs before and after weathering.

태양의 자외선에 의한 광 노화는 피복재의 변색뿐만 아니라 왁스의 화학변화도 야기해 수산기(-OH)의 증가로 인한 수분 흡수를 촉진시키고 그에 따라 산소 등 각종 이온화된 부식인자들의 침투가 증가되는 등 방식(防蝕) 기능에도 큰 영향을 미치게 된다.[8]

내후성 시험 전・후의 시료 표면을 육안 관찰하여 시편

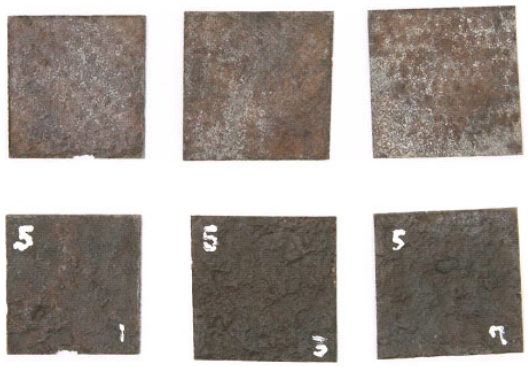


Figure 2. Photographs MCC+MC-일반형 Sample of front & reverse side comparative before and after weathering.

의 변화 상태를 우선 파악하였으며 모든 시편의 시험 전후 상태를 Figure 1로 나타내었다.

우선 피복 처리하지 않은 철편은 내후성 시험이 진행되는 동안 황갈색의 수산화철 부식생성물이 점차 증가하다가 1,000시간 경과 후에는 전면을 두껍게 덮어버렸음을 알 수 있다.

제논아크 촉진 내후성 시험기의 환경은 물이 분무될 때에는 시편 표면에 수분이 잔류하지만 분무 이후에는 곧 온풍기가 가동되어 시료 표면의 수분을 제거하기 때문에 시료에 잔류하는 수분의 양은 그리 많지 않다고 판단된다. 이처럼 새로운 수산화철 녹이 다량 생성된 점으로 보아 안정된 녹으로 알려진 마그네타이트를 표면에 남겨 놓는다고 하더라도 증기기관차는 피복처리 없이 야외 환경에 노출된다면 곧 부식될 것임을 알 수 있다.

모든 왁스 피복 시편은 내후성 시험 이 진행되는 동안 수산화철 부식이 생성되어 약간 황갈색을 띄게 되었고, 특히 시차를 두고 표면이 하얗게 변하는 백화현상이 나타났다. 이러한 백화현상은 MCC, MCC+MC-고온형이 400시간 후에, MC-일반형, MC-고온형은 800시간 후부터 확인되었다. 모든 종류의 왁스가 부식 생성을 완전히 방어하지는 못했지만 백화현상은 미정질 왁스가 봉밀왁스에 비해 약 2배정도 안정성이 있음을 확인할 수 있었다.

내후성 시험을 거친 시료의 앞면과 뒷면을 비교 관찰하였다. 앞・뒷면이 동일하게 피복된 시편이지만 결과는 크게 다르게 나타났다(Figure 2). 그 가운데 변화 정도가 심한 MCC를 예로 들면 앞면의 경우 시험 후 400시간 만에 백화현상이 나타났지만 뒷면은 초기 상태에서 거의 변하지 않았다. 따라서 증기기관차의 경우에도 태양광과 빗물에 직접 노출된 면과 노출되지 않은 면의 내후성 차이가 크게 다를 것으로 예상되며, 왁스계 피복재의 가장 큰 노화원인은 태양광(UV)과 수분의 영향으로 볼 수 있겠다.

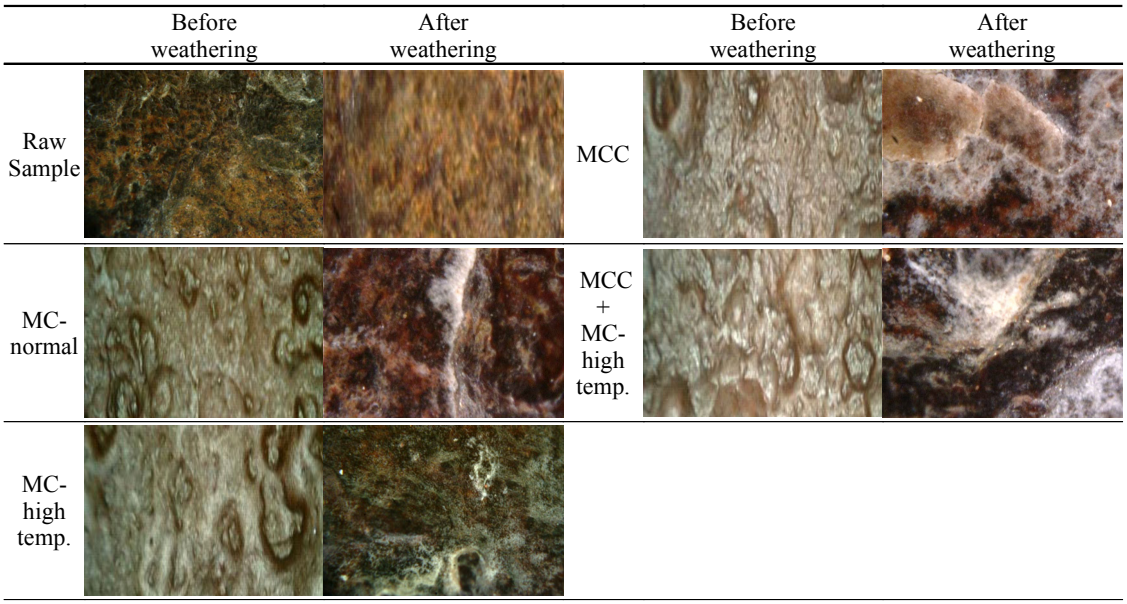


Figure 3. Stereoscopic microscope observation before and after weathering.

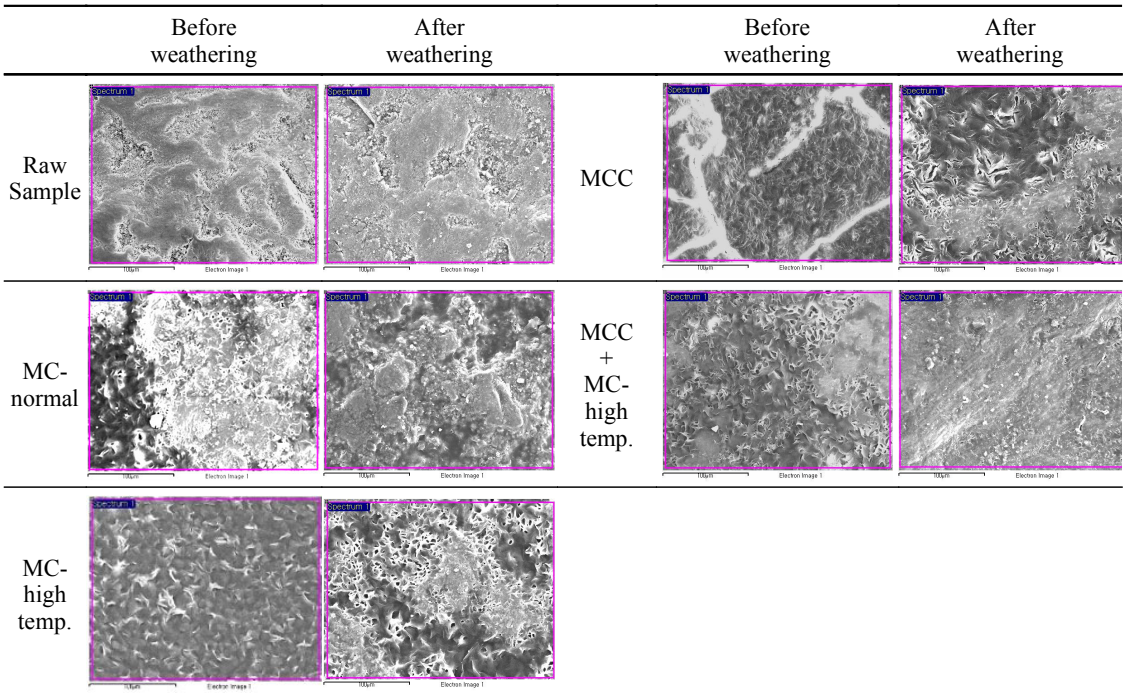


Figure 4. SEM observation before and after weathering.

3.2. 표면 현미경 관찰

시험 1,000시간 후 시편의 변화 정도를 관찰하기 위해 시험 전 시편의 특정지점을 디지털 현미경(모델명: DG-2)을 통해 200배 확대영상으로 관찰하였다(Figure 3).

녹제거 철편의 경우 내후성 시험 1,000시간 경과 후에는 모든 면에 새로운 수화물 부식이 발생해 *Magnetite* 층위까지 덮고 있음을 확인할 수 있었다.

왁스 피복 시편 4종의 표면을 200배로 관찰해 본 결과, 시험 전에는 왁스의 종류나 피복 방법과는 관계없이 모두 전면에 두껍게 밀착한 상태였지만 시험 후에는 시편별로 변화가 심했다. 변화된 상태는 백화현상이 발생했고 붉은색의 산화철 부식이 다수 관찰되었다. 전체적인 변화정도를 비교하면 MCC가 가장 심했고, MCC+MC-고온형, MC-일반형 그리고 변화가 가장 적은 것은 MC-고온형 순서로 나타났다. MCC의 경우 내후성 시험 전에는 표면 상태가 상당히 좋았지만 400시간 경과 후부터 흰 반점과 함께 새로운 부식이 생성되었고 시간이 경과하며 대부분 하얗게 변했다.

MCC+MC-고온형의 경우도 MCC와 비슷한 변화상을 보인 점으로 미루어 짐작하면 MCC에 혼합된 재료 중 수분이나 자외선 등에 약한 것이 포함되어 있을 것으로 판단된다. MC-일반형과 MC-고온형의 경우는 시험 800시간이 지난 후에 백색 반점이 발견되었다. 그러나 1,000시간 경과 후에는 백화부분이 확대되었음을 모든 시편에서 확인할 수 있다.

3.3. 전자현미경 관찰

시험 전 후 변화된 시편 표면을 가장 심각하게 풍화된 부분을 전자현미경(모델명: JSM-7000F)을 통해 500배로 확대하여 관찰하였다(Figure 4).

녹제거 철편의 경우 시험 후 새로운 수화물 부식이 분말 형태로 널리 생성되어 있다는 점을 다시 한번 확인할 수 있었다.

왁스로 피복된 시편은 시험 전에는 왁스의 종류와 상관없이 모두 치밀하고 균일하게 코팅되었음을 알 수 있었지만 시험 후에는 종류별로 각각 특색 있게 변형된 모습을 보이고 있었다. MC-일반형의 경우 왁스층의 응집력이 떨어져 부풀어 오르며 작게 부서져 나가는 형태의 풍화가 시작되고 있었다. MC-고온형은 소지금속과의 밀착도를 어느 정도는 유지하고 있지만 왁스층이 얇아진 곳부터 풍화가

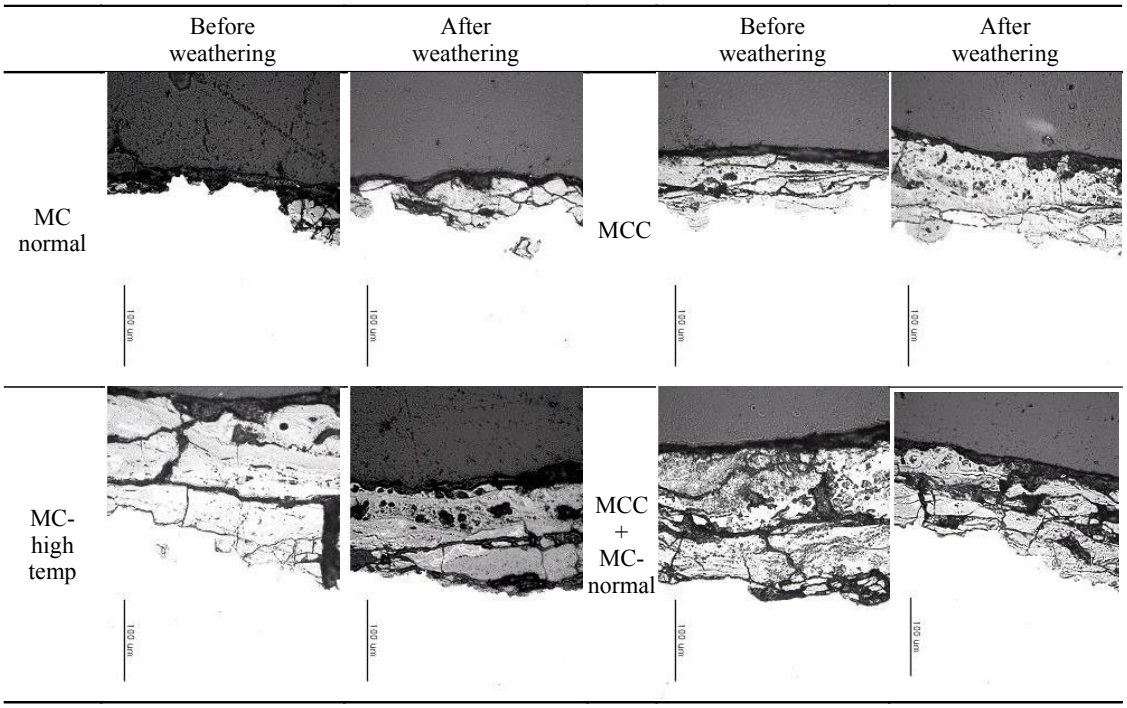


Figure 5. Metallurgical microscope observation before and after weathering.

Table 4. Surface contact angle of the wax depending on the exposing conditions (unit: degree).

Experimental condition / Sample Name	Before weathering	After weathering	Degree of change
MC-normal	56.71	37.78	18.93
MC-high temperature	54.90	52.54	2.36
MCC	54.65	28.65	26.00
MCC + MC-high temperature	49.77	23.03	26.74

진행되고 있음을 알 수 있었다. MCC시편은 내부로부터 풍화가 진행되고 있으며, MCC+MC-고온형도 표면이 씻겨나간 상태에서 왁스의 와해가 일어나고 있는 것으로 관찰되었다.

전자현미경 관찰로는 왁스의 풍화정도를 판단하기가 애매한 것이 사실이다. 그래서 광학현미경 조사와 비교한 결과 왁스 시편 4종의 표면 풍화정도를 심각한 상태 순으로 정열하면 MCC, MCC+MC-고온형, MC-일반형 그리고 MC-고온형이 된다.

3.4. 단면 금속현미경 관찰

내후성 시험 전 후 시편의 단면을 절단하여 왁스의 종류별 피막 형성과 변화 양상을 금속현미경을 통해 관찰하였다. 시편을 고정한 뒤 에폭시수지로 포매[包埋, Mounting] 고정하고 단면을 연마하여 관찰했다(Figure 5).

사진의 윗부분 어둡게 보이는 곳이 시편 고정용 수지층이고, 그 아래 가장 짙게 나타난 부분이 왁스가 스며든 부식층이며 사진의 아래쪽 희게 보이는 부분이 소지 금속인 철이다.

왁스는 부식층의 균열을 따라 내부까지 침투한 것으로 나타났고, 표면의 요철 위를 덮어 더 매끈하게 밀착된 피막을 형성하고 있었다. 피막의 두께는 대체로 10~30㎛ 정도로 측정되었다. 시험 전 후 왁스층의 변화상을 직접 비교하기는 불가능했지만 대체로 피막의 두께가 약간 얇아졌고 매끈했던 표면이 부식층의 요철과 같은 모양으로 변모하였음을 발견할 수 있었다. 다행히 왁스 자체가 노화되었다거나 씻겨나가지 않은 것만은 분명히 확인이 되고 있었다. 하

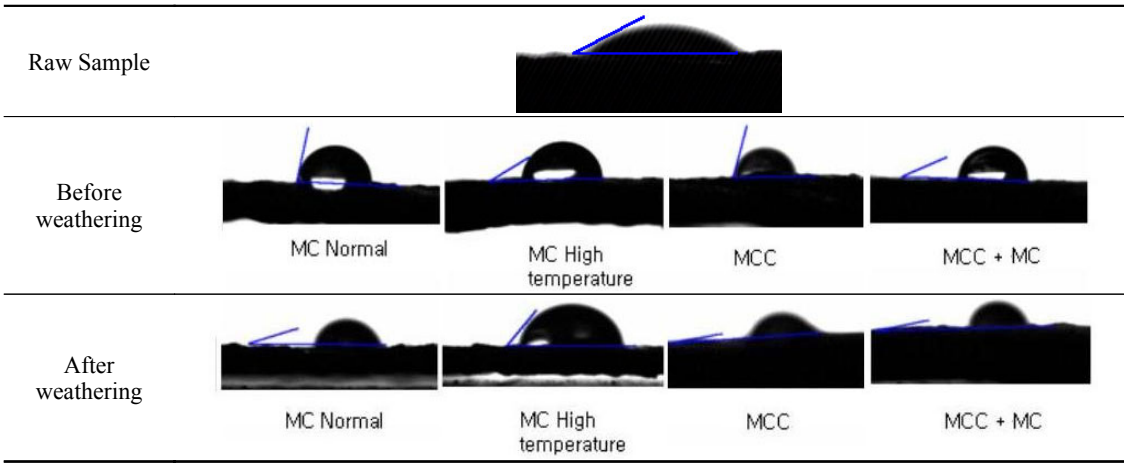


Figure 6. The variations of the surface contact angle before and after weathering.

지만 이러한 증거만으로는 왁스의 내후성에 대한 결론을 내릴 수는 없다.

3.5. 수분 접촉각 변화 측정

내후성 시험 전과 후에 시편의 수분 접촉각을 측정하여 발수력의 변화상을 파악하였다(Table 4, Figure 6).

일반적으로 표면 장력이 큰 액체일수록 접촉각은 커지고 또 접촉각이 클수록 원형의 형태를 갖고자 하는 성질이 크다. 액체가 물인 경우 매끄러운 고체 표면에서 접촉각이 100을 넘으면 물은 원형을 유지하게 되어 표면에서 쉽게 흘러 떨어진다.[6]

수분 접촉각이 크고 시간이 지나도 그 변화 폭이 적은 재료가 야외 환경에서도 방수효과가 크고 효과가 오래 지속되므로 증기기관차에 적합한 피복제로 판단할 수 있다. 내후성 시험 전 시편의 접촉각을 측정한 결과는 왁스의 종별 차이는 크지 않고 대체로 50 ~ 57 정도의 값을 가지고 있는 것으로 나타났다. 하지만 내후성 시험 후 측정한 접촉각의 차이는 크게 달라졌다. 시험전과 비교해 별로 차이가 없는 경우도 있었지만 값이 절반이나 줄어든 경우도 나타났다. 전자는 MC-고온형이며 후자는 MCC와 MCC+MC-고온형으로 드러났다.

접촉각 측정 결과를 정리해 보면 내후성 시험 전 왁스의 종별 발수력은 MC-일반형, MC-고온형, MCC 그리고 MCC+MC-고온형 순으로 파악되었지만, 내후성 시험 1,000시간 후에는 MC-고온형이 가장 강했고, 다음은 MC-일반형이, 그 뒤를 MCC+MC-고온형 그리고 MCC가 가장 약한 것으로 나타났다.

이처럼 내후성 시험 전・후의 접촉각은 크게 달라졌는데 이 결과를 통해 노천에 전시될 증기기관차의 수분 차단효과를 장피복재를 결정하는데 큰 역할을 였다. 3종의 왁스 가운데 MC-고온형 즉 미정질 고온형 왁스가 내후성이 가장 좋은 것으로 나타났다. 3종의 왁스 가운데 MC-고온형 즉 미정질 고온형 왁스가 내후성이 가장 좋은 것으로 나타났다.

4. 결 론

실외에서 노출된 상태로 전시될 증기기관차를 영구히 보존하고자 내후성이 뛰어난 피복재를 찾기 위해서 미정질 왁스 2종과 봉밀 왁스 1종 그리고 봉밀왁스와 미정질왁스의 혼합물 등 모두 4종의 왁스에 대한 내후성 시험을 실시하였다. 실험 방법은 증기기관차에서 떨어진 부식된 강철판을 적당한 크기로 자르고 표면의 부식을 적절히 제거한 다음 그 위에 피복재인 왁스를 피복한 시편을 제작하였다. 시편을 제논아크 촉진내후성시험기 속에 넣고 낮과 밤, 강우, 온습도 변화 등의 야외조건을 반복하며 1,000 시간을 가동하면서 매 200 시간마다 1편씩 시편을 선택하여 그 색상과 질감의 변화, 단면 파괴 등의 관찰과 분석을 하였고 실험 전·후 수분 접촉각을 측정하여 비교함으로서 내후성을 판단하였다.

시험 결과 4종의 왁스시편 가운데 봉밀 왁스 2종(MCC와 MCC+MC-고온형)에서 400시간 후부터 백화현상이 나타났으며 미정질 왁스 2종(MC-일반형과 MC-고온형)은 800시간 이 경과한 후부터 상태가 변화하였다. 시편의 단면 조사결과 왁스 피복층은 크게 손상되지 않은 것으로 나

타났지만 수분 접촉각 측정결과는 왁스의 종류별로 크게 달라졌음을 확인할 수 있었다. 수분 접촉각 측정값을 측정 전・후 변화한 차이로 표시하면 MCC > MCC+MC-고온형 > MC-일반형 > MC-고온형 순으로 되어 변화가 적은 MC-고온형이 내후성이 가장 강한 것을 알게 되었다. 따라서 경의선 장단역증기기관차의 표면 보호피복재로서 MC-고온형이 가장 적합하다고 판단되었다.

참고문헌

1. 안병찬, “철도유산 증기기관차의 보존방안 일고찰”. 철도를 통해 본 인천의 근대. *인천광역시립박물관 학술회의자료,* p91, (2008).
2. 김수기·강창구·이오희, “용두사지철당간(국보 제41호) 보존처리”. *호암미술관연구논문집*, 5, p33-39, (2002).
위 글에 등장하는 “HAC5” 재료와 본 논문의 MCC는 동일한 재료임.
그리고 현정훈, “부식환경에 따른 유기도막의 노화과정 및 전기화학특성 연구", 부경대학교 석사학위논문, (2008).
3. (재)포항산업과학연구원, “장단역 증기기관차 화통 보존처리 보고서(1/2)”. *RIST*, p17-18, (2007).
4. 신은호. “인공 가속 내후성 시험 장치의 종류와 차이점". *기술표준*, 55, p46, (2006).
5. 안병찬, “철도유산 증기기관차의 보존방안 일고찰”. 철도를 통해 본 인천의 근대, *인천광역시립박물관 학술회의자료,* p95, (2008).
이번 내후성 시험은 포항산업과학연구원(RIST)에서 수행하였다.
6. 강효필, “왁스계 발수제의 내열성 향상에 관한 연구". 강원대 석사학위논문, (1999).
7. 국내 왁스판매처인 샤론상사의 홈페이지 자료를 인용함. (http://www.i-sctc.com/?z=bbs.products2&zz=list)
8. q-lab (http://www.q-lab.com/EN_Weblit/Q-Sun-LX-5060_web. pdf)