

열화한지의 강도보강 기술 연구

김강재, 이민형, 엄태진
경북대학교 임산공학과

Study on Strengthening Treatment of Aged Hanji

Kim, Kang-Jae, Lee, Min-Hyung and Eom, Tae-Jin

Dept. of Wood Science and Technology, College of Agriculture and Life Science,
Kyungpook National University

1. 서론

조선왕조실록은 국보 151호로 지정된 조선왕조 25대 472년간(1392-1863)의 역사적 사실을 기록한 사료의 UNESCO 세계문화유산으로 등재된 우리의 귀중한 기록 유물이다.

지금까지의 조선왕조실록에 관한 연구는 주로 서울대학교 규장각 한국학연구원을 중심으로 서지학적 또는 인문학적으로 접근한 것이다. 그러나 실록의 열화 및 손상상태의 심각성이 알려지면서 이의 복원을 위한 보존 과학적 연구가 2006년부터 시작되어 그동안 실록 제작 소재의 재료적 특성분석, 전통 제작기법의 확인, 열화 및 손상 원인 및 그 기작 규명, 밀랍본 복원을 위한 가온가압 탈랍처리 및 보강기술 기초 연구 등이 프랑스(CRCC), 오스트리아(BOKU), 중국(고궁박물관), 일본(동경대학교) 등의 문화재 보존관련 저명 연구기관들과의 국제 협력을 통해 현재 체계적으로 과학적인 측면으로 연구가 수행되고 있다.

밀랍본의 경우, 보존성 강화를 위한 밀랍처리가 오히려 실록 원지의 열화를 촉진한 것으로 선행 연구의 결과에서 밝혀졌으며, 이에 따라 탈랍처리를 통한 밀랍본의 복원 연구가 이루어 졌다. 밀랍지의 탈랍처리는 원지의 강도 저하를 일으킬 수 있으므로 반드시 보강처리가 뒤따라야 하며, 이를 위해 최적의 강도보강재료를 탐색하고 그 처리기법에 관한 연구가 필요하게 되었다.

따라서, 본 연구에서는 조선왕조실록 밀랍본의 탈랍 시 발생하는 강도저하를 막기

위한 방안으로 수용성, 용제 용해형 및 grafting 중합형 acrylic monomer 강도보강제를 손상된 한지에 처리하여 강도개선의 효과를 도모하고 열화에 의한 보강처리지의 안전성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

본 연구에서 사용한 한지는 경남 의령에 위치한 신현세 전통한지 공방에서 제조한 전통한지(평균 평량 : 52 g/m²)를 분양받아 사용하였다.

강도보강재료로 선별된 재료는 용제 용해형 보강제 4종 및 grafting 중합형 acrylic monomer 보강제 3종으로 총 7종이며 자세한 강도보강재료들은 Table 1에 나열하였다.

Table 1. Basic information of strengthening materials

Reinforcing material		Content, %	Solvent	Note
Solvent soluble synthetic polymer	Poly lactic acid	3%	Methylene chloride	PLA
	Polystyrene			PS
	Cellulose acetate		Acetone	CA
	Nitro-cellulose		Toluene	NC
Grafting polymer of acrylic monomer	Ethyl acrylate	3%	Nitric acid solution (pH 2.0)	EA
	Methyl acrylate			MA
	Methyl methacrylate			MMA

2.2. 열화시험

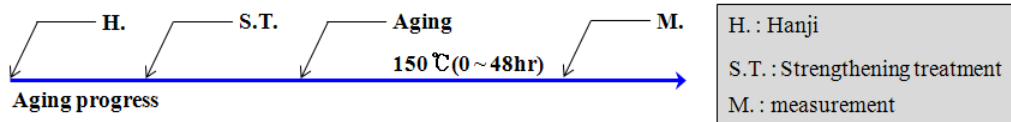
한지의 열화는 KS M ISO 5630-4에 의거하여 150℃의 dry oven에서 48시간동안 건식 가속열화를 진행하였다. 열화된 한지는 온도 24±1℃, 상대습도 50±2%의 항온항습 조건에서 24시간이상 보관한 후 보강처리에 사용되었다.

또한 보강처리지(한지, 열화한지)의 열화 실험을 위해 150℃의 dry oven에서 12, 24, 36 및 48시간동안 열화를 진행시킨 후 꺼내어 항온항습 조건에서 24시간 조습 처리 후 기계적, 광학적, 화학적 특성을 분석하였다.

2.3. 강도보강 용액의 제조

본 연구에 사용된 모든 보강제는 예비실험 결과 용해적성과 도입량을 고려하여 methylene chloride, acetone, toluene 및 pH 2.0의 질산수용액을 사용하여 3% 용액으로 제조하였으며 각 보강제의 용해에 사용된 용매는 Table 1과 같다.

① Strengthening Hanji



② Strengthening aged Hanji

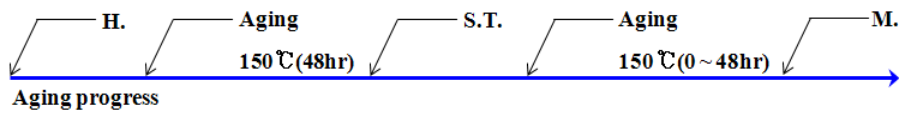


Fig. 1. Strengthening treatment processes of Hanji and aged Hanji.

2.4. 강도보강 용액의 처리

한지와 열화한지는 A5 크기(15 × 21 cm)로 절단하여 농도별 강도보강용액에 침지시킨다. 침지시킨 시료를 1분 뒤 꺼내어 filter paper로 과량의 강도보강용액을 제거한 후 상온에서 24시간이상 건조시켜 처리를 완료한다.

한편, acrylic monomer는 한지에 보강처리하기 위하여 S. Margutti 등이 제안한 방법으로 grafting 중합을 실시하였다.

2.5. 강도보강 처리지의 특성 분석

한지와 열화한지를 보강 처리한 강도보강처리지의 기계적 강도는 KS M 7015 및 KS M 7065에 의거하여 인장지수와 내절도를 측정하였다.

화학적 특성은 ATR-IR spectrometer(ALPHA-P model, Bruker, Germany)를 이용하여 carboxylic group에서 유래하는 1,730 cm⁻¹대의 흡수강도와 methylene group 유래의 2,900 cm⁻¹대의 흡수강도 비율에 의해 oxidation index를 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 강도보강처리 한지의 특성

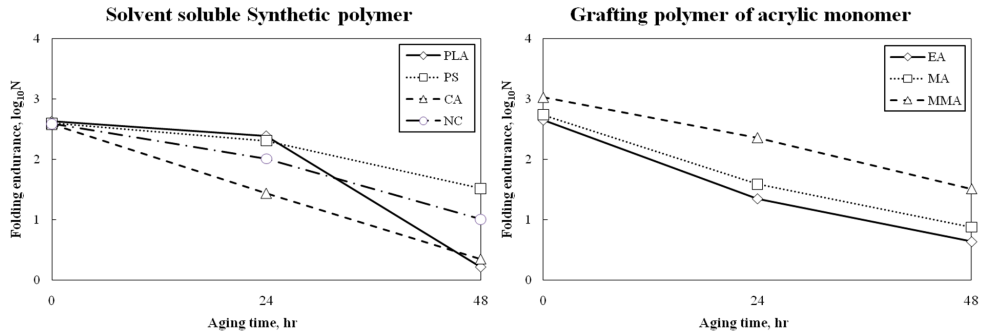


Fig. 2. Folding endurences of strengthening Hanji.

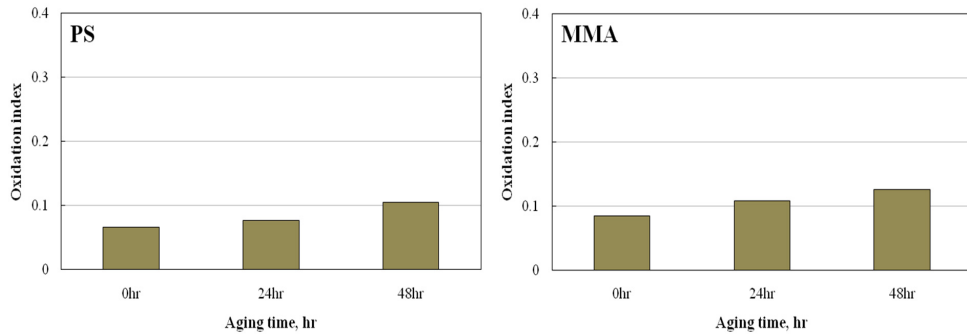


Fig. 3. Oxidation indexes of strengthening Hanji.

용제 용해형 고분자를 처리한 한지의 인장지수 및 내절도에서는 PLA와 PS가 효과적이었다. 이 두 고분자는 24시간 경과 시 강도가 상승하였다가 다시 감소하는 것으로 나타났다. 고분자는 보통 코팅 후 일정시간동안 경화가 진행되는데 본 연구에서는 이 시간(24 hr)에 경화가 진행되어 오히려 강도가 증가한 것으로 나타난 것으로 판단된다.

또한, acrylic monomer로 grafting 중합을 실시한 한지에서는 4에서는 MMA > MA > EA 순으로 강도가 우수하였으며 48시간 경과 시 강도에서도 다른 보강제보다 우수한 결과를 보였다.

Fig. 2에서와 같이 자체적으로 carboxylic group를 가지지 않은 PS나 MMA와 같은 보강제들은 oxidation index가 상당히 낮아 열화 억제 효과가 우수한 것으로 보인다. 하지만 다른 보강제들은 열화에 따라 oxidation index가 점차적으로 상승하였다.

3.2. 강도보강처리 열화한지의 특성

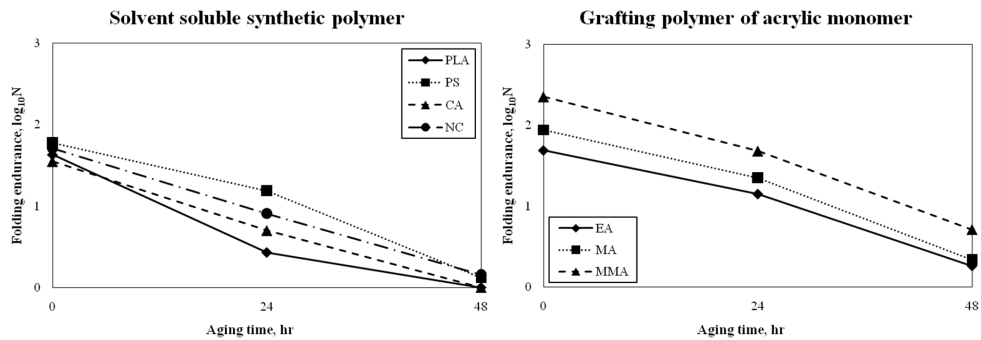


Fig. 4. Folding endurance of strengthening aged Hanji.

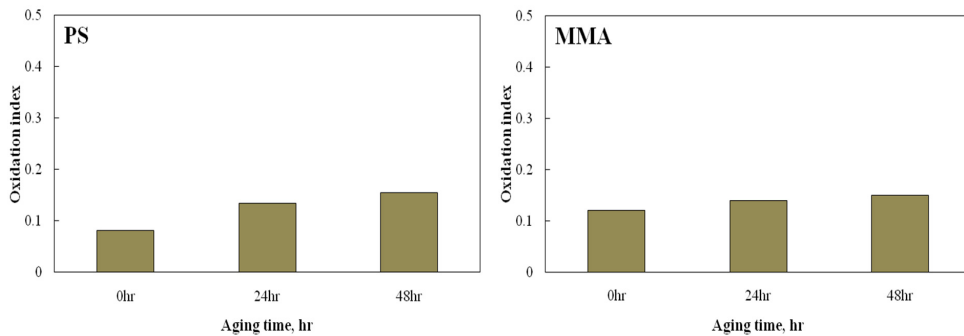


Fig. 5. Oxidation indexes of strengthening aged Hanji.

내절도의 경우, 열화가 진행됨에 따라 급격히 감소하여 48시간 후에는 MMA 처리 열화한지를 제외한 모든 열화한지가 내절도 1 이하(내절 횟수 10회 이하)로 급격히 감소함을 알 수 있었다. 내절도 측면에서는 7종의 보강제 중 MMA가 가장 우수하였다.

강도보강처리 열화한지의 oxidation index는 약 0.20이 되며 이것을 다시 48시간 열화하면 0.52로 상당히 높은 oxidation index를 보인다. 이와 보강처리 열화한지를 비교

하면, 용제 용해형 고분자에서는 PS가, grafting 중합형 acrylic monomer에서는 3종의 보강제(EA, MA, MMA) 모두 열화를 억제시키는 효과가 있었다.

4. 결 론

손상된 문화재의 강도저하를 억제하기 위한 방안으로 용제 용해형 및 grafting 중합형 acrylic monomer 강도보강제를 손상된 한지에 처리한 후 안전성을 평가한 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 강도적 측면에서 PS, MA 및 MMA를 보강 처리한 한지 및 열화한지가 높은 강도 개선 및 유지 효과를 보였다.
2. IR spectrum을 통한 oxidation index 분석 결과, PS 및 acrylic monomer로 처리된 한지 및 열화한지가 내열화성이 가장 우수하였으며 carboxylic group을 가지고 있는 고분자에서는 한지에 열화를 촉진시키는 결과로 인해 oxidation index가 급격히 증가하였다.

인용문헌

1. Kim, K.J., Eom, T.J., Ageing behavior of beeswax coated Hanji(I) - Thermal ageing test of beeswax coated Hanji -, J. Korea TAPPI, 42(2), 46-52(2010).
2. Margutti, S., Vicini, S., Proietti, N., Capitani, D., Conio, G., Pedemonte, E., Segre, A.L., Physical-chemical characterisation of acrylic polymers grafted on cellulose, Polymer, 43, 6183-6194(2002).
3. Seki, M., Sonoda, N., Morita, T., Okayama, T., A new technique for strengthening book papers using cellulose derivatives, Restaurator, 26, 239-249(2005).
4. Kang, K.H., Lee, G.J., Kim, H.J., Evaluation of the beeswax applying and dewaxing technique of Hanji and their ageing behavior, J. Korea TAPPI, 42(3), 58-66(2010).
5. Kim, K.J., Lee, M.H., Eom, T.J., Characteristics of reinforced dewaxed Hanji after aging, Proceeding of spring conference of the Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 73-79(2011).