목공예품 보존용 송진 기반 에폭시 접착제 및 메움제의 제조와 적용성에 관한 연구

A Study on the Manufacturing and Applicability of Rosin-based Epoxy Adhesives and Filling Material for Conservation of Wood Crafts

위광철^{1,*}, 한원식², 오승준²

¹한서대학교 문화재보존학과, ²한서대학교 문화재보존과학연구센터

Koang-Chul Wi^{1,*}, Won-Sik Han², Seung-Jun Oh²

¹Department of Cultural Heritage Conservation, Hanseo University, Seosan 31962, Korea

²The Research Center of Conservation Science for Cultural Heritage, Hanseo University, Seosan 31962, Korea

Received October 20, 2020
Revised November 06, 2020
Accepted November 09, 2020

*Corresponding author
E-mail: kcwi@hanseo.ac.kr
Phone: +82-41-660-1043

Journal of Conservation Science
2020;36(6):475-482

<https://doi.org/10.12654/JCS.2020.36.6.03>

pISSN: 1225-5459, eISSN: 2287-9781

© The Korean Society of
Conservation Science for Cultural
Heritage

This is an Open-Access article distributed
under the terms of the Creative Commons
Attribution Non-Commercial License
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted
non-commercial use, distribution, and
reproduction in any medium, provided
the original work is properly cited.

초 록 송진을 기반으로한 2액형의 주제를 합성하고 이를 이용하여 접착제와 메움제를 제조하였다. 접착제 주제는 Maleic anhydride modified rosin에 epichlorohydrin을 반응시켜 epoxide group이 형성되도록 제조하고 경화제는 상온 경화형 triethylenetetramine을 사용하였다. 제조된 접착제는 주제와 경화제의 비는 100 : 20이었으며, 메움제는 Filler를 혼합하여 주제와 경화제 모두를 점토형으로 제조하였다. 제조된 원액 접착제와 메움제는 우수한 접착 강도(3.06 MPa)와 자외선 조사에서 매우 안정한 결과(ΔE^*_{ab} 3.55, Δb^* 3.17)를 나타내어 기존 시판 복원용 접착제들에 비하여 우수한 결과를 나타내었다. 또 경화 완료 후에 acetone과 toluene 등의 유기 용매에 용해되어 가역성을 갖는 재료로 볼 수 있어 복원으로 인하여 발생될 수 있는 문제점의 일부를 해결한 결과를 나타내었다. 제조된 접착제 및 메움제를 이용해 실제 목공예품에 적용하여 작업성, 안정성, 제거성 등에서 우수한 결과를 나타내었으며 이를 이용할 경우 다양한 분야의 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

중심어 목공예품 보존, 목공예품 접착제, 송진 접착제, 보존재료, 보존과학

ABSTRACT In this study, we synthesized rosin-based epoxy resin and manufactured two components adhesives and epoxy putty using this epoxy resin. This study manufactured main element of adhesives for enabling it to form epoxide group by letting epichlorohydrin react to maleic anhydride modified rosin, and used room temperature curing type triethylenetetramine for hardener. The ratio between main element and hardener of of manufactured adhesives was 100 : 20, and main element and hardener of filling material were manufactured as clay type by mixing them with filler. Manufactured undiluted adhesives and filling material showed very stable result in the adhesive strength (3.06 MPa) and ultraviolet irradiation, showing outstanding result comparing to existing restoration adhesives. And it is considered a material having reversibility as it was dissolved in organic solvents such as acetone and toluene after being hardened, which showed a result that solved part of possible problems caused by restoration. As a result of use and application of manufactured adhesives and filling material for actual wood crafts, they showed excellent results in workability, stability, removability etc., and this study confirmed that the material can be used for and applied to various fields.

Key Words Conservation of wood crafts, Wood crafts adhesives, Resin adhesives, Conservation material, Conservation science

1. 서론

공예품은 인간의 생활에서 주로 사용되고, 재료와 의장, 기교 등에 의해 미적 효과를 나타내는 물품과 각종 도구, 그리고 제작 기술 및 기법을 총칭한다. 이러한 공예품은 과거와 현재 구분 없이 실생활에서 직접 사용되어왔던 점에서 조각품, 회화 및 서화류 등과는 실용적인 측면에서 차이가 나타난다. 공예품은 도토(陶土)를 빚어 구워 자기(磁器), 도기(陶器), 토기(土器)를 만드는 도자 공예, 칠(漆)을 사용하는 옷칠 공예 및 장식 공예, 단금(鍛金), 조금(彫金), 주금(鑄金), 판금(板金) 등의 금속 공예, 가구, 기구, 집기류, 완구 등을 제작하는 목공예, 포백(布帛)을 직조, 편물, 염색의 직물 공예, 다펜을 소재로 하는 한지 공예가 대표적이라 할 수 있다(Park, 2002).

이 중 목공예는 나무를 이용해 건축물, 도구, 생활용품 등을 만드는 공예로서 공예품의 용도 및 크기 또는 나무를 다루는 기술과 제작 기법에 따라 종류가 다양하다. 또한 재료의 종류가 다양하고 공급이 지속성과 수급성이 높아 과거부터 많이 사용되어왔다. 이는 일반 가정에서 갖추어 놓아야 할 생활용품 가운데 목공예품과 대나무 공예품의 비율이 40% 이상으로 금속 공예품 또는 도자기 공예품 보다 많이 사용되어왔다고 전해지는 『산림경제』가 뒷받침해 주고 있다(Encyclopedia of Korean Culture, 2019).

이러한 목공예품을 제작하기 위해서는 주재료인 각종 목재와 접합, 연마, 착색, 도장, 마감 등의 공정에서 사용되는 부재료가 필요하다. 부수적인 재료 중 접합 과정은 목공예품을 제작하고 수리, 복원하는데 반드시 이루어져야 하는 방법으로 과거에는 물리적 또는 기계적 방법과 아교, 어교, 수지 등을 이용한 접착이 이루어져 왔으며 (Park, 2013), 산업화 이후 석유 화학 공업의 발달로 인해 개발된 합성 접착제로 단독 또는 물리, 기계적, 천연 접착제와의 혼합 접착이 이루어지기 시작하였다.

맞춤형의 물리적 방법과 못이나 켄기 등의 철물을 이용한 기계적 방법 또는 옷, 아교, 어교 등을 이용한 접착은 가역성이 있어 재보수가 가능하다는 장점이 있다 (Kwon *et al.*, 2003). 또한 천연 접착제의 경우 합성 접착제보다 접착력이 좋고 인체에 해롭지 않아 작업 환경과 유해성 측면에서 우수한 장점을 가지고 있다. 그러나 장기간 보존이 어렵고 습도에 민감하게 반응하며, 사용자의 숙련도와 제작 기술에 따라 다르게 사용되어진다는 단점이 있다(Wi *et al.*, 2019).

현재 우리나라 목공예품 제작 시에 사용되는 접착제는 아교와 어교 등의 천연 접착제와 PVAc라고 불리는 Polyvinyl acetate계 접착제, Epoxy계 접착, 복원제가 있으

나 대부분의 경우 경제성이 좋고 사용이 간편하며 장기간 보존이 가능한 PVAc계, Epoxy계 접착제와 복원제를 사용하고 있다. 또한 대량 생산 및 판매로 인해 재료의 수급이 편하고 사용자의 숙련도에 따라 기법의 차이는 있을 수 있으나 접착제 본래의 물성은 일정하기 때문에 초보자나 숙련공이 아니더라도 손쉽게 사용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 휘발성 유기화합물과 포름알데히드, 중금속과 같은 유해 물질로 인해 인체에 유해하고 작업 환경이 저하되기도 하며, 시간의 경과 따라 접착제의 내구성이 낮아져 물리적 손상과 변색 등의 변화가 일어날 수 있는 가능성이 있다(Kim *et al.*, 2019). 현재 가장 많이 사용하고 있는 에폭시 접착제의 경우, 높은 접착 강도와 다양한 적용성, 이중 접착 가능, 점도화 가능, 무한한 첨가제의 사용, 무취발물, 가공성 조절, 내수성, 내약품성, 내염성, 경화 시간 및 점도 조절 가능, 전기적 기계적 성질의 우수, 조색 가능 등의 무한한 장점으로 인하여 다양 사용처에서 이용되고 있다. 하지만 이 에폭시의 단점은 일단 경화 반응이 진행되고 나면 용해할 수 있는 용매가 없으며, 극성이 없는 PE, PP Acryl 등의 polymer에는 접착이 불량하다는 단점을 가지고 있다. 또 결정적인 문제인 황변 현상은 완전 경화 후에서부터 시작하여 자외선에 노출된 실내의 모두에서 변색 단점을 가지게 된다. 이런 이유로 에폭시의 적용에서는, 특히 문화재 적용에서는 경화 후 용해가 되는 에폭시의 선택과 황변을 최소화하는 문제가 가장 중요한 사항으로 보인다.

이러한 이유로 에폭시 접착제의 장점을 유지하면서 황변과 비가역성의 단점은 보완할 수 있는 목공예용 에폭시 접착제 및 메움제의 제조 및 개발이 지속적으로 이루어져야 할 것이며, 공예품 제작 이외에도 목공예 문화재 및 전승품 등의 보존을 위해서도 반드시 필요한 분야로 판단된다. 이에 본 연구에서는 천연 접착제의 균일하지 못한 작업성과 장기 보존성 확보의 어려움, 합성 접착제의 비가역성과 유해성을 개선하기 위해 목공예품 보존용 접착 및 복원제의 개발을 위한 기초 연구를 수행하는 것을 목표로 하였다. 특히 송진은 침엽수로부터 직접 얻어져서 석유 의존성이 없으며 환경 친화적이면서도 분자 내에 Carboxyl 산기와 두 개의 이중 결합을 관능기로 지니고 있어서 높은 용해성 및 반응성을 가지고 있다. 이런 이유로 송진의 천연성을 많이 손상하지 않으면서도 쉬운 변성 및 유도체 제조가 복잡한 단계를 거치지 않아도 가능하고, 높은 접착성도 가지고 있어 이를 출발 물질로 사용할 경우 우수한 접착성을 기대할 수 있어 이를 천연성과 접착성의 측면에서 이용하고자 하였다. 이를 변성한 접착제는 2 액형의 에폭시 접착제를 제조하였으며, 사용성을 위

하여 필러를 혼합하여 점토 형태로 배합한 메움제를 제조하고 실제 목공예품 접합 및 복원 작업을 진행하여 적용가능성을 확인해 보고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시약 및 시편

Rosin, epichlorohydrin (ECH), toluene, triethylenetetramine (TETA)은 삼전화학 社의 제품을 사용하였으며, benzytrimethylammonium-chloride (BTMA-Cl), tetrabutylammonium bromide (TBA-Br), *p*-toluenesulfonic acid (PTS)는 alfa aesar 사의 제품을 사용하였다. 이외의 실험에 사용된 시약은 모두 분석급의 시약, 기기는 Rotary evaporator (HS-2005S-N, Hahnshin SnT 社, KOR)와 Electric aspirator (HS-3000, Hahnshin SnT 社, KOR)를 사용하였다. 색 변화량은 분광측색계 (CM-2600d, Minolta 社, JPN)를 이용해 측정하였으며, FT-IR (Nicolet 6700, ThermoFisher SCIENTIFIC 社, USA)은 ATR 측정법을 기반으로 분석을 진행하였다.

2.2. 합성 방법

2.2.1. 주제 합성

Maleic anhydride adducted rosin은 Maiti의 합성법(S. Matie *et al.*, 1983)을 참고하여 합성하였으며, 이는 교반기, 환류 냉각기, 온도 센서가 장착된 온도 컨트롤러, 질소 유입구가 장착된 반응조에서 210 g의 rosin (m.p. 75.0~83.0°C, acid value 170~210, density 1.07~10.9, residue on ignition max. 0.1%)을 180°C에서 질소를 주입하면서 1시간 동안 가열하였다. 이 온도를 유지하면서 여기에 70.0 g의 Maleic anhydride (MAH)와 0.4 g의 *p*-toluenesulfonic acid (PTS)를 첨가하여 5시간 동안 가열하였다. 이후에 500 mL의 무수 초산을 첨가하여 90°C에서 완전 용해하였

으며 실온까지 온도를 낮춘 후, 7일간 방치하여 침전시켰다. 다시 상등액을 제거하고 동 부피의 초산을 첨가하면서 분쇄 용해하고 침전시킨 후 상등액을 제거하였다. 이 과정을 2회 실행한 후 24시간 방치하였으며 이를 24 µm 필터를 이용하여 진공 여과한 후 건조하여 rosin-maleic anhydride (RMA)를 얻었다(Figure 1, Max. yield 22.7%).

동일한 장치에 epichlorohydrin 330 ml와 합성된 RMA 1.0 M을 BTMA-Cl 0.9 M (TBA-Br)과 함께 120°C에서 질소 분위기하에서 5시간 가열하면서 반응하였다. 반응 후 냉각이 되기 전에 Separating funnel에서 50°C 이상의 200 mL NaOH 10% 용액을 강하게 흔들어서 혼합하여 2시간 후 이를 분리하였으며 이후 70°C, 400 mL 증류수로 2회 더 강하게 흔들어서 혼합한 후, 세척 분리하였다. 냉각 후 분리된 하층을 추출하여 과량으로 사용된 epichlorohydrin의 제거를 목적으로 toluene 200 mL에 재 용해하여 회전 증발하였으며 이 과정을 3회 실시하였다. 회전 증발이 완료된 시료는 80°C에서 24시간 동안 진공 건조를 진행한 후 실온에서 접착제의 주제로 사용하였다(Max. yield 73.2%).

2.2.2. 메움제 제조

제조된 접착제의 주제에 백색 polyphenol 수지 powder를 중량비 50 : 30으로 혼합하여 이를 점토화하였으며, 경화제로는 접착제 경화제로 사용된 triethylenetetramine (TETA)에 동일한 powder를 50 : 50으로 혼합하여 점토형 메움제의 주제와 경화제로 각각 제조하였다.

2.3. 물성측정

접착 강도의 측정은 KS M ISO 4624 (도료와 바니시-부착 박리 실험)의 규정에 의거하여 접착력 테스트기 (PosiTesrt AT-A Automatic, DeFelsko社, USA)를 사용하여 측정하였다(Wi and Oh, 2016). 자외선 조사 측정은 KS M

Figure 1. Before and after state of RMA.

5982(도료의 촉진 내후성 시험 방법- 형광 UV 응축방식)를 참고하여 제작된 자외선 시험기를 사용하였으며 자외선 노출 시간은 상온에서 각각 48시간 노출시킨 후, 인공 열화 전과 후의 변색 정도를 분광측색계를 사용하여 CIE L*, a*, b* 표색법으로 나타내었다(Oh *et al.*, 2015a). 가역성 실험은 Microscope Slides 표면에 부착 후 유기 용제 내에 24시간 침지 전과 후의 무게를 측정하였으며 침지 후 상온에서 72시간 건조하여 시편의 침지 전과 후를 비교하였으며, 유기 용제는 Acetone, Toluene, Xylene으로 총 3 종이었다(Oh *et al.*, 2015b).

3. 결과 및 고찰

순수 rosin으로부터 RMA를 제조하는 반응에서 처음 180℃에서 1시간 동안 rosin의 이성질체들이 모두 Levopimaric acid 형태로 바뀌었으며 이중 결합의 위치가 변하면서 maleic anhydride가 첨가되어 Figure 2와 같은 반응이 일어나는 것으로 볼 수 있었다. 합성된 결과물은 산 무수물 첨가 반응에서 기인한 3400~2500 cm⁻¹ (O-H), 2975~2840 cm⁻¹ (aliphatic C-H), 1842와 1778 cm⁻¹ (C = O of anhydride), 1750~1725 cm⁻¹ (C = O of carboxylic acid)의 FT-IR 피크를 이용하여 확인하였다(Kim and Choi, 1989).

3.1. 최종 생성물

합성된 RMA에 ECH를 과량 첨가하여 제조하였으며 합성에 관여하지 않고 잔류되는 ECH는 NaOH가 포함된 세척액과 toluene을 이용한 공비로 제거할 수 있었다. 이들은 완전 반응이 진행된 후 분리 과정에서 냉각수를 이용하여 세척할 경우 Separating funnel 상에서 혼합된 층의

확실한 분리가 발생하지 않거나 경계가 불분명한 반면에 50℃의 증류수를 사용할 경우, 분리가 분명하게 일어나고 과량 반응에 사용되고 반응 후에 남은 ECH의 용해성도 증가시켜서 추후 toluene을 이용한 회전 증발 과정에서도 ECH의 양이 극히 적어지는 분리 과정의 장점을 가질 수 있었다. 합성된 최종 생성물들의 경우 RMA의 FT-IR 피크 외에 1730 cm⁻¹과 908 cm⁻¹에서의 C = O ester 피크와 oxarane ring 피크를 이용하여 이의 합성을 확인하였으며 이 반응 과정을 Figure 3에 나타내었다.

반응 중에 사용된 촉매는 BTMA-Cl를 사용했을 때의 수율이 73.2%로 TBA-Br를 촉매로 사용했을 때보다 13.2% 이상의 향상된 수율을 나타내었다. 하지만 이들은 수율의 차이 외에 합성된 접착제의 물성 혹은 점토화의 과정에서의 촉매로 인한 다른 문제는 발생하지 않는 것을 확인할 수 있었다. 제조된 메움제는 혼합된 주제와 경화제 점토의 경우 산소의 접촉이 없이 밀폐된 용기 내에서 약 6 개월 이상 안정성을 가지고 있었으며, 주제 점토와 경화제 점토가 혼합되어 경화되어 접착된 후에도 성상의 변화는 없는 것을 확인하였다. 그러나 퍼티 점토 제조에 사용된 Filler 중에 talc와 석고 powder의 경우, 주제 점토에서는 산소의 접촉이 없는 밀폐된 용기에서도 표면의 강도 증가와 반응 진행으로 보이는 표면 건조 혹은 갈라짐 현상이 발생하여 즉각적인 사용 이외에는 사용이 불가할 것으로 판단되었지만 경화 후의 내용물에서의 문제는 발생하지 않고 있었다. 또 합성된 주제의 경우 일반적인 에폭시와 같이 반응 과정에서 수축이 없는 결과를 나타내었으며, 일반적으로 상온 경화형으로 사용되는 TETA와의 반응에서도 안정된 경화를 나타내었고 주제에 대한 TETA의 배합 비율은 100 : 20이었다.

Figure 2. Synthesis of RMA.

Figure 3. Glycidyl ester of maleopimaric acid.

3.2. 물성

접착 강도 측정 결과 송진 기반의 접착제의 경우 3.06 MPa를 나타내었으며 Filler가 첨가된 메움제는 2.32 MPa를 나타내어 Filler(백색 polyphenol 수지 powder)가 혼합되면 접착력은 저하되는 현상을 확인할 수 있었다. 기존 재료 중 합성 접착제로 사용되고 있는 EPO-TEK계열 E 접착제는 1.21 MPa, 문화재 보존용 L 접착제는 1.81 MPa로 제조된 접착제가 접착 강도에서 우수한 결과를 나타내는 것으로 확인되었다. 메움제의 경우에는 목재용 Q 복원제가 2.37 MPa, 문화재 복원용 C 복원제가 3.96 MPa로 확인되어 제조된 메움제가 Q 복원제와 유사하지만 C 복원제보다는 낮은 접착력의 결과를 나타내고 있었다.

자외선 조사에 의한 색상변화 측정 결과 접착제의 경우 48시간 열화 후 ΔE^*ab 는 3.55, b^* 는 3.17로 나타났으며, 메움제는 ΔE^*ab 는 0.98, b^* 는 -0.26로 나타났다(Table 1). 기존 재료는 자외선 조사에 의한 색상 변화 실험 결과 E 접착제는 ΔE^*ab 는 17.27, 문화재 보존용 L 접착제 ΔE^*ab 는 26.48로 나타내어 제조된 본 송진 기반의 접착제가 상대적으로 낮은 변화량을 보여주었으나 이는 원액의 색상에 따른 차이를 고려하여야 할 것으로 보인다. 복원제는 목재용 Q 복원제의 ΔE^*ab 는 27.09, 문화재 복원용 C 복원제 ΔE^*ab 는 21.13으로 확인되어 기존 복원제 본 송진 기

반의 메움제가 보다 열화 과정에서 상대적으로 높은 내구성을 나타내었으며, 이러한 결과는 복원 후 황변 현상을 줄여 황변으로 인한 이질감의 문제점을 최소화할 수 있는 것으로 판단되었다.

점도 측정 결과 접착제는 201.4 cPs로 E 접착제와 유사한 점도를 나타냈으며, L 접착제보다는 낮은 결과를 확인할 수 있었다. 접착제의 가사 시간은 10분 내외로 측정되었고 완전 경화시간은 1시간 내외로 확인되어 충분한 작업 시간을 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 메움제는 90분 내외의 작업 시간과 24시간 내외의 경화 시간을 확인하여 복원 후 성형 작업이 진행될 수 있는 시간을 가질 수 있을 것으로 확인되었다. 가역성은 접착제와 메움제 모두 송진 기반의 주재와 경화제가 혼합되어 완전 경화가 진행된 후 해당 용매에 침지하여 측정되었으며 측정 결과 접착제와 Filler가 혼합된 메움제 모두 침지 후 acetone과 toluene에서 완전히 용해되어 복원제 제조 시에 혼합된 Filler의 분말만 남기고 모두 용해되는 것을 확인하였다. 이는 합성된 에폭시의 경우 두 개 혹은 네 개의 메틸기와 경화 후에도 존재하게 되는 뒤틀린 rosin 구조의 특성 혹은 길지 않은 에폭시 결합 사슬 형성의 영향으로 이 용매들에 용이하게 용해되는 결과로 볼 수 있었으며 특히 boiling point가 낮은 휘발성의 저분자 용매들에서 용해성이 나타나는 결과들을 볼 수 있었다. 기존 재료의 측

Table 1. Color change of adhesive and restoration material before and after UV exposure

	Result of RMA-A color change (SCI)				Result of RMA-R color change (SCI)			
	L*	a*	b*	ΔE^*ab	L*	a*	b*	ΔE^*ab
Before	58.29	17.78	52.95	3.55	86.31	2.22	51.02	0.98
After	59.87	17.9	56.12		85.42	2.66	50.76	

Table 2. Total physical property result of original material

	RMA-A Adhesive	RMA-R Restorer	E Adhesive	L Adhesive	Q Restorer	C Restorer
Adhesion (MPa)	1.25	4.84	1.21	1.81	2.37	3.96
ΔE^*ab	1.16	10.47	17.27	26.48	27.09	21.13
Viscosity (cPs)	201.4	-	212	339.1	-	-
working time (min)	10	90	120	90	10	90
Curing time (hour)	1	24	24	24	0.5	24
Reversibility(%) (In acetone)	100	100	0	0	0	0
Reversibility(%) (In toluene)	100	100	0	0	0	0
Reversibility(%) (In xylene)	0	0	0	0	0	0

Figure 4. Newly developed adhesive and restorer (A: RMA-A or RMA-R, A-1: Resin, A-2: Hardener, B: RMA-A or RMA-R, B-1: RMA-A, B-2: RMA-R).

정 결과 E 접착제, 문화재 보존용 L 접착제, 목재용 Q 복원제, 문화재 복원용 C 복원제 모두 침지 12시간 완전 경과 후 acetone, toluene, xylene 용제에서 용해되지 않아 비가역성을 확인할 수 있었다(Table 2). 또한 송진 기반 에폭시 주체에 사용된 TETA 경화제를 사용하여 경화를 완전히 진행시킨 일반 시판용 에폭시 복원제의 경우 동일한 온도와 동일한 용매들에서 용해되지 않는 것으로 보아 경화제의 영향이 아닌 용해성 구조를 가진 송진 기반 접착제의 특성으로 나타나는 결과임을 확인할 수 있었다(Figure 4).

3.3. 적응성

제조된 송진 기반 접착 및 복원제를 훼손된 목공예품에 직접 적용하여 접합과 복원 능력, 경화 안정성, 표면 정리 용이성, 가역성을 직접 확인하였다. 복원에 이용한 목공예품은 시판용 목재 그릇으로 임의로 파괴하여 윗부분 일부가 소실된 상태로 만들어 제조된 송진 기반의 접착제를 주사기에 주입해 편을 접합하고 복원부는 Filler를 혼합해 제조한 메움제를 이용해 복원하였다.

송진 기반 접착제는 주사기를 이용해 파단면에 접착제를 주사해 접합을 진행하는 과정에서(Figure 5) 점도가 낮지 않아 흘러내리는 현상이 없었으며(Figure 6), 메움제는 작업 과정에서 작업자의 손이나 공예품 표면에 묻거나 하는 등의 불편함이 개선되어 2 차 피해를 줄일 수 있는 장점을 확인하였다(Figure 7). 본 연구에서는 접착 및 복원제로서의 가능성과 가역성에 대한 연구에 필요성이 높다고 판단하여 가공과 도색은 진행하지 않고 결과를 관찰하였으며(Figure 8), 가역성의 측정을 위하여 접합 및 복원이 완료된 목공예품을 acetone에 침지시켜 분리와 용해 여부를 확인하였다(Figure 9). 3시간 이후에 송진 기반의 접착

제로 접합된 부분이 분리되었으며(Figure 10), 4시간 후 유연성이 증가된 복원부 메움제 부분이 분해되기 시작해 6시간 지난 상태에서 완전히 분리되어 아세톤에 용해된 송진 기반 에폭시들이 복원 후 목공예품에 잔류하지 않았다(Figure 11). 또 용매로 사용된 아세톤의 경우, 복원 전의 실험에서 가역성 측정에 이용될 목공예품의 아세톤에 대한 안정성 확인한 후 선택한 관제로 침지 분리 후에도 목공예품 자체에 문제가 발생하지 않고 완벽히 분리되어 가역적 접착 및 복원 재료로서도 적용 가능성이 충분한 것으로 사료되며(Figure 12).

4. 결 론

본 연구에서는 현재 목공예품 보존 시 사용되고 있는 재료들 중에서 천연 재료를 기반으로 하는 효과적인 접착제와 메움제를 제조하고 적용 가능성 평가하고자 하였다. 이를 위하여 송진을 주체로 접착제와 복원용 메움제를 제조하였다. 주체는 송진에 maleic anhydride를 합성한 RMA에 과량의 ECH과 BTMA-Cl를 촉매로 사용하여 120℃에서 5시간 동안 합성하여 제조하였다. 제조된 접착제는 기존 시판 에폭시 재료들과 유사한 접착력을 확인할 수 있었으며, UV에 의한 열화에서 기존 재료들에 비하여 10배 이상의 안정성을 나타내었다. 가역성은 기존 에폭시 복원 재료와는 다르게 완전 가역적인 재료임을 확인하였다. 메움제의 경우 기존 복원제와의 비교 결과 0.5~2배 이상의 접착력이 향상되었으며, UV에 의한 열화 반응에서도 2배 이상의 안정성을 확인하였다. 또한 가역성에서도 접착제와 같은 안정된 결과를 나타내었다. 이를 이용하여 송진 기반의 접착제와 메움제를 이용하여 목공예품에 직접 적용하여 보존용 재료로서의 복원 가능성, 경화 안정성, 표면 정리 용이성, 가역성에서 매우 안정된 결과

Figure 5. Adhesive application using a syringe.

Figure 9. Reversible test with acetone.

Figure 6. Splicing process.

Figure 10. Separation state of restoration plate in acetone after 3 hrs.

Figure 7. Gap-filling process with RMA-R.

Figure 11. Separation state of restoration plate in acetone after 6 hrs.

Figure 8. Completion of gap-filling process.

Figure 12. Final state after reversible test.

를 확인하였다. 향후 원액에 다양한 Filler 및 안료, 촉매제 등의 첨가를 통해 물성과 작업성을 조절하고 보존처리자의 작업 환경에 맞추어서 경화 속도를 조절할 수 있는 추가적인 연구가 이루어진다면 목공예품 뿐만 아닌 도자 공예품, 금속 공예품, 유리 공예품 등 다양한 공예품 보존을 위한 접착 및 복원제로서 폭 넓게 적용이 가능할 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2019 R111A3A01059171).

REFERENCES

- Encyclopedia of Korean Culture, 2019, Woodcraft. <http://encykorea.aks.ac.kr/> (November 1, 2019) (in Korean)
- Kim, S.E., Lee, J.K., Lee, C.H. and Chung, Y.J., 2019, Study on the physical properties and characteristics of adhesives for woodcraft. *Journal of Conservation Science*, 35(6), 681-688. (in Korean with English abstract)
- Kwon, S.O., Nam, C.K., Noh, E.H., Park, J.H., Shin, S.W., Lee, E.K. and Cho, S.H., 2003, Craft materials and techniques. Taehakwon, Seoul, 125-209. (in Korean)
- Oh, S.J., Cheong, D.S., Park, G.J. and Wi, K.C., 2015a, Study on the development of putty according to epoxy resin hardener. *Journal of Conservation Science*, 31(2), 105-114. (in Korean with English abstract)
- Oh, S.J., Park, G.J. and Wi, K.C., 2015b, Study on the development and properties of ceramics restoration purpose urethane resin with excellent reversibility. *Journal of Conservation Science*, 31(1), 37-46. (in Korean with English abstract)
- Wi, K.C., Oh, S.J., Han, W.S. and Park, M.S., 2019, A study on multiple bases for development of natural adhesives for woodcraft using cellulose extracts from wood and their application potential: focused on salicis radicis cortex, hibiscus, Chinese wild peach resin. *The Korean Society of Science & Art*, 37(5), 239-248. (in Korean with English abstract)
- Park, M.B., 2002, Making traditional wooden furniture. Korea Cultural Heritage Foundation, Seoul. (in Korean)
- Park, S.J., 2013, Adhesion characteristics of blended natural glues for the conservation of wooden objects. Master's thesis, Chungbuk National University, Cheongju. (in Korean with English abstract)
- Wi, K.C. and Oh, S.J., 2016, Study on the property and applicability of the Bisphenol-A type epoxy putty according to the mix of filler. *Journal of Conservation Science*, 32(4), 459-469. (in Korean with English abstract)