목재공학 38(4): 333~340, 2010
Mokchae Konghak 38(4): 333~340, 2010

이중경화법을 이용한 열개시제 및 광개시제가 배합된 황칠 도료의 경화속도 촉진 및 물성향상 연구*1

황 현 득*2 · 문 제 익*2 · 박 초 희*2 · 김 현 중*2† · 황 백*3

Improving Curing Rate and Physical Properties of Korean *Dendropanax* Lacquer with Thermal and Photo Initiator by Dual Curing*1

Hyeon-Deuk Hwang*2 · Je-Ik Moon*2 · Cho-Hee Park*2 ·
Hyun-Joong Kim*2† · Baik Hwang*3

요 약

한반도 남부 일대에서 자생하는 황칠나무(*Dendropanax morbifera* Lev.) 수액으로부터 추출한 천연 도료인 황칠도료(Korean *Dendropanax* lacquer)는 예로부터 귀중한 예술품이나 투구, 화살, 활 등의 전쟁도구를 찬란한 황금색으로 도장하는데 사용되어 왔다. 경화 후 황금색의 투명한 도막을 형성하여 우수한 색상특성을 지니고 있을 뿐만 아니라 내후성, 내수성, 내식성 등이 우수하여, 보호도장으로써도 훌륭한 가치를 지니고 있다. 그러나 이러한 많은 장점에도 불구하고, 현대적인 여러 적용분야에 사용되지 못하고 있는 이유는 황칠도료의 생산량이 적고, 이로 인하여 가격이 매우 고가이고, 장시간의 경화시간이 소요되는 문제도 큰 원인으로 작용하고 있다. 한편 황칠 내에 광중합이 가능한 conjugated diene을 포함한 모노머가 있으며, 이러한 모노머는 일광 조사 조건 등에 의하여 짧은 시간에 단단하고 황금색을 띠는 도막을 형성할 수 있음이 보고된 바가 있다. 따라서 본 연구에서는 전통적인 황칠도료의 경화방법을 개선하고 경화속도를 촉진하기 위하여, 열개시제를 도입하여 열경화를 촉진하는 방법과 열개시제 및 광개시제를 동시에 도입하고 이중경화(dual curing)에 의해서 경화속도를 촉진하고자 하였다. 이러한 경화 속도 및 경화 거동은 적외선분광분석기(FT-IR)을 이용하여 -C=C- 이중결합 특성피크의 변화를 관찰하거나, 진자경도계(pendulum hardness tester)를 이용하여 표면 경도의 변화를 관찰함으로

* 1 접수 2010년 6월 14일, 채택 2010년 7월 13일
* 2 서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공 바이오복합재료 및 접착과학연구실, 농업생명과학연구원. Lab. of Adhesion & Bio-Composites, Program in Environmental Materials Science, Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea
* 3 전남대학교 생물학과. Department of Biology, Chonnam National University, Gwangju 520-830, Korea
† 교신저자(corresponding author) : 김현중(e-mail: hjokim@snu.ac.kr)

써 평가하였다. 또한 강체진자물성측정기(RPT)에 spot UV curing 장비를 도입하여 이중경화에 의한 경화 속도 촉진을 평가하였다. 본 연구의 결과 열개시제에 의하여 열경화가 촉진될 수 있을 뿐만 아니라, 이중경화에 의하여 경화속도를 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 또한 이러한 황칠도료 경화 속도 촉진 방법을 활용하여 전통적인 영역에만 사용되어온 황칠도료를 현대적인 여러 적용분야에도 확대하여 사용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

ABSTRACT

The Korean *Dendropanax* lacquer, made from a natural resinous sap from *Dendropanax morbifera* Lev., was used as a golden and transparent varnish for the traditional artifacts (armor suits, helmets, arrowheads, etc.) to make them be brilliant golden color. The cured film of the lacquer has excellent protective properties such as weatherability, water resistance, and anticorrosive. But, one of disadvantages is that takes a long time and much energy to fulfill curing of the lacquer. The chemical constituents of the lacquer contained conjugated diene compounds as the photopolymerizable monomers. These monomers easily polymerized in sunlight to form golden-colored, hard-coating films in a short time. Photooxidation may be one of the most important reactions in the chemistry of the lacquer. Although the Korean *Dendropanax* Lacquer should be dried to a thoroughly dry stage to achieve optimal film properties, curing with elevated temperatures may be required for the protracted curing time at atmospheric temperature. So we intended to accelerate the curing rate of the lacquer by dual curing of thermal and radiation curing. The effect of thermal initiator on the thermal curing reaction was evaluated by monitoring the changes in double bond peak with FT-IR. Then the curing rate of the lacquer blended with thermal initiator and photoinitiator together was measured during dual curing using a RPT with UV spot curing machine. Thermal initiator not only accelerated the curing rate but also improved the physical property. And the curing rate of the Korean *Dendropanax* lacquer was improved by dual curing method of thermal and UV curing. According to these results, the application area of the Korean *Dendropanax* lacquer could be expanded to surface coatings for electronic devices such as mobile phones or electronics.

Keywords: natural varnish, *Dendropanax*, golden varnish, thermal curing, photopolymerization, dual curing, thermal initiator, photoinitiator

1. 서 론

일상생활에서 사용되는 거의 대다수의 제품은 기재로 사용되는 플라스틱이나 금속, 목재 등을 그대로 사용하는 것이 아니라 도료를 도장하여 최종적으로 표면을 처리하고 있다. 이렇게 도료로 제품의 표면을 마감 처리하는 주요한 이유는 소비자들의 눈을 쉽게 끌 수 있는 아름다운 색상이나 뛰어난 광택 등의 미관을 높이고자 하기 때문이다. 아울러 내구성, 내후성 등과 같은 제품 전체의 장기 물성을 향상시킬 수 있으며, 최근에는 내오염성, 자체복원성, 전자차폐성, 정전기방지 등의 특수한 기능성을 기능성 도료를 통해 부여할 수 있기 때문이다. 특히, 이러한 도료는 최종 소비자의 접촉에 직접 노출이 되기 때문에, 친환경 및 건강에 가장 직접적으로 직면해 있다. 또한 도료는 새집증후군과 같은 실내공기질 문제의 원인물질로 지적되고 있어, 국내외적으로 법적, 제도적인 환경 규제에도 직면해 있는 실정이다. 이에 따라 환경친화

적인 도료 개발의 필요성이 어느 때보다도 강조되고 있는 시점이다(Wicks *et al.*, 2007; Műller *et al.*, 2006).

환경친화형 도료에는 용제의 함량을 30% 이내로 줄인 하이솔리드(high solid)도료, 용제를 물로 대체한 수용성 도료, 용제를 사용하지 않는 100% 솔리드의 분체도료, 광경화형 도료 등이 있다. 그러나 이러한 환경친화적인 도료들도 각각의 장단점을 지니고 있으며, 합성도료로서 제조과정 등에서의 인체에 대한 영향을 완전히 무시할 수 없는 실정이다. 따라서 천연원료를 사용하여 생산하는 천연도료의 개발과 적용분야 확대에 대한 요구가 절실해지고 있다. 천연도료는 그 구성물질이 천연에서 유래한 것으로써 인체와 접촉했을 때 무해하고, 토양에서 다시 분해될 수 있는 성분을 함유하고 있어서 가장 환경친화적인 도료라고 할 수 있으며, 대표적인 천연도료로 옻칠, 황칠, 캐슈 등이 있다(Hwang *et al.*, 2009; Schwalm *et al.*, 2007; 김 등, 2002).

황칠나무에서 채취한 수액인 황칠은 세계적으로 희귀한 황금색을 나타내는 천연도료로서, 품격 높은 제품에 쓰일 뿐만 아니라, 내열성, 내습성, 내구성 등이 우수하기 때문에 충분한 활용가치를 지니고 있다. 그러나 일제시대 이후로 무분별한 벌목으로 인하여 황칠나무가 고사되어 거의 자취가 사라졌으나, 최근에는 생활수준이 향상되고 천연도료 및 전통도료에 대한 인식이 바뀌면서 재배지가 다시 점차 확대되고 있다. 그러나 생산량이 매우 제한적이며 기존의 연구가 주로 황칠나무의 천연분포 및 생육환경에 따른 성분 및 구조 분석, 자연건조 및 고온건조에 의한 일반적인 도막 성능에 초점이 맞추어졌다(Park *et al.*, 2002; 임 등, 1997, 1998; 정 등, 1995). 그러나 현대의 다양한 제품에 적용하기 위해서는 생산성 향상을 위하여 경화시간을 단축하고 이에 따른 도장방법을 개량하여야만 한다.

따라서 본 연구에서는 지금까지 연구가 제대로 이루어지지 않았던 황칠 도료의 경화 거동을 살펴보고, 열개시제를 도입하여 열경화 속도를 촉진하는 방법을 고안하였다. 또한 열개시제와 광개시제를 동시에 도입한 후 이중경화(dual curing)에 의하여 경화시간을 단축하고, 황칠도막의 물성 향상에 미치는 영향을 확인하였다. 황칠 도료의 경화시간 단축 및 물성 보완으로 통하여, 전통 분야에 국한되었던 기존의 적용분야를 광경화 기술이 사용되는 휴대폰, 전자제품, 자동차 내장용 도료 등의 첨단분야로 확대할 수 있는 가능성을 제시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

본 연구에 사용된 재료는 한반도 남부의 일부 지방에서 재생하는 황칠나무(*Dendropanax* morbifera Lev.) 수액으로부터 추출된 황칠을 정제하여 사용하였다. 수액에 포함된 불순물을 제거하기 위하여 아세톤 추출법(acetone extraction method)을 이용하였다. 수액 원액을 아세톤에 녹인 후 필터링(filtering)과 스크리닝(screening)을 통하여 불순물을 먼저 제거한 후 최종적으로 순환식 증류기(rotary evaporator)를 이용하여 진공상태에서 80분간 농축하여 황칠도료를 얻었다. 이렇게 정제된 황칠 도료는 어두운 황색을 나타낸다(Lee *et al.*, 2004, 2005). 열경화 촉진을 위하여 사용된 열개시제는 2,2′-azobis(2-methylpropionitrile) (AIBN, Samchun Pure Chemical), 광경화 촉진을 위해 사용된 광개시제는 Micure HP-8 (Miwon Specialty Chemical Co., Ltd.)로 더 이상의 정제 없이 그대로 사용하였다.

2.2. 시료 배합

열경화와 광경화 촉진을 위해 사용된 열개시제와 광개시제의 배합 함량은 Table 1에 나타낸 것과 같다. D는 황칠 원액 및 정제과정에서 사용된 용제인 acetone이 포함한 것을 말하며(고형분 60%), D_T는 황칠 원액(original lacquer)에 대하여 3 중량부 %의 농도로 열개시제인 AIBN을 혼합한 것, D_{TP}는 열개시제(AIBN)와 광개시제(Micure HP-8)를 황칠 원액에 대하여 각각 1.5 중량부% 씩 함께 첨가한 것이다.

Table 1. Formulation of the Korean *Dendropanax* lacquer with thermal initiator or photo-initiator for dual curing

	Korean *Dendropanax* lacquer		Thermal initiator[b] (phr)	Photoinitiator[c] (phr)
	Original lacquer (wt%)	Solvent[a] (wt%)		
D	60	40		-
D_T	60	40	18	-
D_{TP}	60	40	9	9

[a]acetone used in impurities extraction process, [b]2,2'azobis(2-methylpropionitrile) (AIBN), [c] Micure HP-8

2.3. 도장 및 경화조건

2.3.1. 경화조건

각각의 시편은 진자경도(pendulum hardness)를 측정하기 위하여 유리판에 습도막 두께 40 μm로 도장하였다. 또한 적외선분광분석기(FT-IR) 기기분석을 위한 시편은 알루미늄 호일(aluminum foil) 위에 역시 40 μm로 도장하였다. 도장된 시편을 열경화 하기 위하여 열풍 순환식 가열 건조기(drying oven)에 넣고 열경화시켰다. 100°C의 온도를 유지하면서 경화시간에 따른 진자경도 변화와 이중결합 전환율을 측정함으로써 경화거동을 살펴보았다.

2.3.2. 진자경도 변화를 통한 경화거동 측정

경화된 도막의 표면 경도를 측정하기 위하여 ASTM D 4366에 의거 온도 23 ± 2°C, 상대습도 50 ± 3%의 조건하에서 진자경도를 측정하였다. 사용된 진자경도계(Pendulum Hardness Tester)는 Sheen Instruments 社의 Ref. 707PK이며, König 방법으로 표면 경도를 측정하면서 경화정도를 비교 평가하였다.

2.3.3. 적외선분광분석기(FT-IR)의 전환율을 이용한 경화거동 측정

열경화 거동을 분석하기 위하여 FT-IR spectra를 이용하였다. IR 스펙트럼은 Miracle accessory가 장착된 JASCO 社의 FT/IR-6100를 사용하였으며, attenuated total reflectance (ATR) 방법을 이용하여 측정하였다. ATR crystal은 Si 소재이며 반사율은 1,000 cm^{-1}에서 2.4이다. 측정 파장범위는 4,000에서 650 cm^{-1}이며, 해상도는 4 cm^{-1} 간격으로 측정하였다.

열경화 거동은 865 cm^{-1} 파장대의 -C=C- 이중결합의 진동 피크(stretching vibration peak)의 변화를 관찰함으로써 측정하였다. 또한 865 cm^{-1}를 포함하는 900~860 cm^{-1} 파장 아래의 면적을 적분하여 경화 정도를 평가하였으며, 전환율(α)는 다음과 같은 식에 의하여 계산하였다.

$$\alpha = (A_{T,\ t=0} - A_{T,\ t}) / A_{T,\ t=0} \times 100$$

여기에서 A는 진동 피크의 아래 면적이며, T는 경화온도이고, t=0는 경화 초기 시간을 나타내며, t는 경화온도에서 경화된 시간을 나타낸다(Lee *et al.*, 2004, 2005).

2.3.3. 강체진자물성측정기(Rigid-body pendulum type physical property testing instrument: RPT)를 이용한 경화거동 측정

열경화 거동과 광경화 거동은 A & D 社의 강체진자물성측정기(Rigid-body Pendulum-type physical properties Testing instrument, RPT)를 이용하여 측정하였다. 이 장비는 -100°C에서 400°C의 온도 범위에서 유기 고분자나 유기 도막의 물리적 물성과 경화거동을 측정하는 장비이다(Tanaka, 1999). 각각의 시편은 구리판에 40 μm 두께로 도장된 후 가열부(heating block)에 위치시킨 후, 경화거동 측정을 위해서 knife edge를 선택하고, 진자를 도막에 수직이 되도록 위치시킨 후 자유 진동을 시키면서 물성을 측정하였다. 도막의 가교가 증가하면, 도막의 탄성은 증가하게 되며, 도막의 탄성이 증가되면 진자의 자유진동의 주기는 감소하게 된다(Lee *et al.*, 2004). 따라서 경화가 진행됨에 따라서 진자의 주기는 감소하게

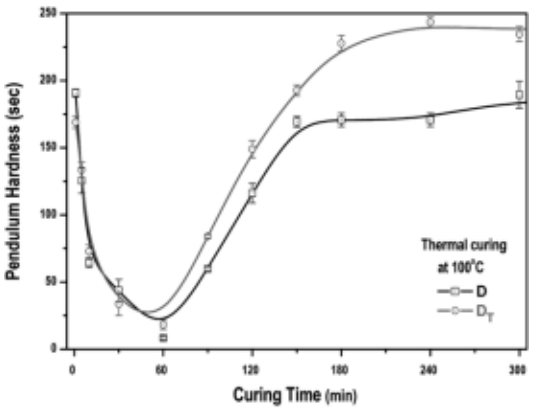

Fig. 1. Pendulum hardness of the Korean *Dendropanax* lacquer (D) and the Korean *Dendropanax* lacquer with thermal initiator (D_T) during thermal curing of 100℃.

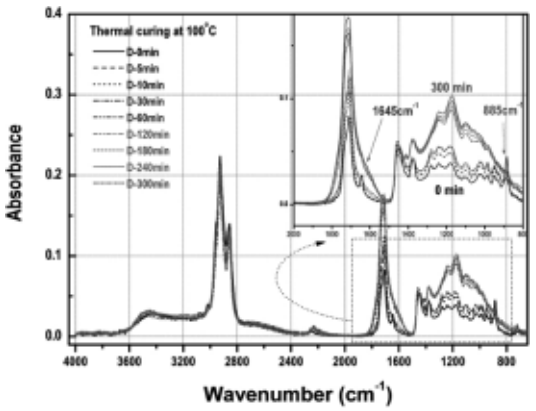

Fig. 2. Chemical changes of the Korean *Dendropanax* lacquer (D) during thermal curing of 100℃ by FT-IR spectra.

된다. 본 연구에서는 열경화 거동의 경우 30℃에서 150℃까지 분당 10℃로 가열한 후 150℃ 상태에서 등온으로 유지하면서 열경화 거동을 살펴보았다. 또한 이중경화의 경우, 150℃로 가열한 후에 바로 Spot Curing 장비를 이용하여 UV 광선을 10분간 조사하였다. 사용된 Spot UV 조사기는 Ushio 社의 SP-9으로 2 W/cm^2 광도로 조사되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 진자경도(pendulum hardness)를 이용한 열경화 거동 측정

Fig. 1은 열개시제가 도막의 열경화에 미치는 영향을 나타낸 진자경도의 결과이다. 100℃에서 열 경화시 황칠 원액인 D와 열개시제를 첨가한 D_T는 60분까지 진자경도가 감소하는 경향을 보였다. 그 후에 경도는 다시 증가하기 시작하였다. 즉, 이 시간까지는 황칠액에 포함된 수분 및 용제 증발에 의하여 감소하다가 본격적인 경화가 시작되는 지점이다. 이 지점 후에 180분까지 진자경도는 증가하는 경향을 나타내었으며, 그 이후에는 변화가 거의 없는 것으로 보아 경화가 거의 완료되었음을 알 수 있다.

그리고 열개시제가 포함된 D_T의 경우 황칠 원액인 D에 비하여 진자경도가 매우 높게 나타났다. 특히 거의 모든 경화가 이뤄졌다고 할 수 있는 240분 후에 두 시편의 진자경도의 차이는 50 sec로 매우 큰 차이를 보였다. 이 결과로 보아 열개시제는 열경화 거동을 촉진할 뿐만 아니라 물리적인 물성인 표면경도의 향상에도 큰 영향을 주는 것을 알 수 있었다(Hwang *et al.*, 2009).

3.2. 적외선분광분석기(FT-IR)를 이용한 열경화 거동 측정

Fig. 2는 황칠 원액인 D를 100℃에서 열경화하여 FT-IR의 스펙트럼의 변화를 살펴본 결과이다. 스펙트럼에 따르면 100℃로 유지한 채 열경화를 진행시킴에 따라 1,645 cm^{-1}와 885 cm^{-1}부근의 -C=C- 이중결합 진동 특성피크가 감소하는 것을 알 수 있다. 열경화의 정도를 평가할 수 있는 전환율(conversion) 계산을 위하여, 이 특성 피크 중 885 cm^{-1} 아래의 면적을 경화시간에 따라 계산하여 비교・평가하였으며, 열개시제에 의한 열경화 촉진 영향을 평가하였다. 불포화 이중결합을 포함하고 있는 황칠도료는 열경화가 진행됨에 따라 이 특성 피크가 사라짐으로써 경화정도를 평가할 수 있다는 기존의 연구 결과와 일치하는 결과를 보였다(Lee *et al.*, 2004, 2005; Terada *et al.*, 1997).

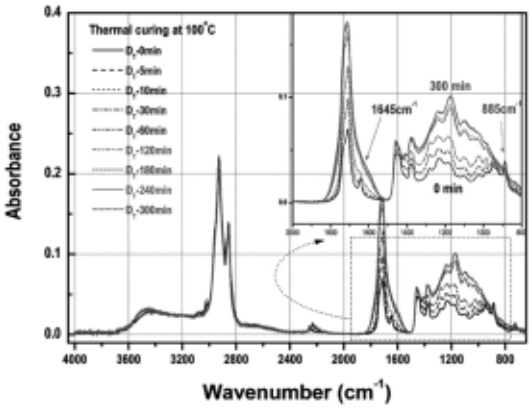

Fig. 3. Chemical changes of the Korean *Dendropanax* lacquer with thermal initiator (D_T) during thermal curing of 100°C by FT-IR spectra.

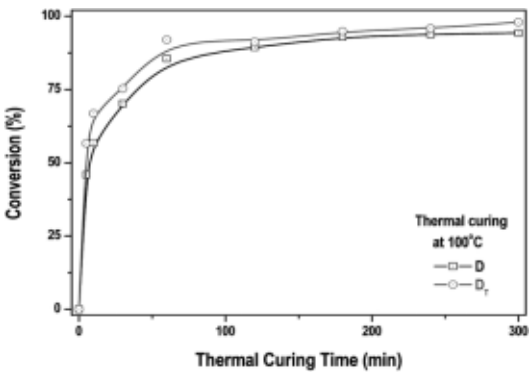

Fig. 4. C=C double bond conversion of the Korean *Dendropanax* lacquer (D) and the Korean *Dendropanax* lacquer with thermal initiator (D_T) during thermal curing at 100°C.

Fig. 3은 열개시제를 첨가한 황칠 도료인 D_T를 100°C에서 열경화시키면서 FT-IR의 스펙트럼의 변화를 나타낸 결과이다. 황칠원액인 D와 마찬가지로 100°C로 유지한 채 열경화를 진행시킴에 따라 1,645 cm^{-1}와 885 cm^{-1} 부근의 -C=C- 이중결합 진동 특성피크가 감소하는 것을 알 수 있다.

Fig. 4는 황칠 원액인 D와 열개시제를 첨가한 D_T를 100°C에서 열경화시키면서, Fig. 2와 Fig. 3에서 나타낸 -C=C- 이중결합 진동 특성피크의 변화를 측정하여 열경화 거동을 평가한 결과이다. 열 경화에 의한 가교가 증가함에 따라 -C=C- 이중결합은 감소하게 되고 이 결과가 이 특성 피크의 감소로 나타났다. 열개시제를 포함한 D_T 경우 -C=C- 이중결합의 전환율이 황칠 원액인 D에 비하여 빨랐으며, 최종적인 전환율에도 약간의 차이를 보였다. 따라서 열개시제는 황칠도료의 열경화 속도를 촉진할 뿐만 아니라 경화정도에도 영향을 나타내는 것을 알 수 있었다.

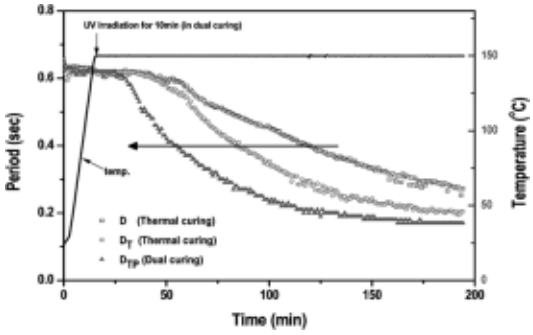

Fig. 5. Curing behaviors of the Korean *Dendropanax* lacquer (D), the Korean *Dendropanax* lacquer with thermal initiator (D_T), the Korean *Dendropanax* lacquer with thermal initiator and photoinitiator (D_{TP}) by dual curing at 150°C.

3.3. 강체진자물성측정기(RPT)를 이용한 이중경화법에 의한 경화촉진 특성 평가

강체진자물성측정기(RPT)에서 자유진자의 주기는 고분자의 구조에서 화학적 네트워킹이나 가교, 물리적 엉킴(entanglement), 결합단위의 물리화학적 가교(absorption)의 정도 또는 기재 표면과 도료 사이의 계면의 영향에 따라 달라지게 된다(Lee *et al.*, 2004, 2005; Tanaka *et al.*, 1999). 따라서 본 연구에서는 경화 과정에 따라 자유진자주기를 측정함으로써 경화거동을 분석하였다.

Fig. 5는 150°C의 경화온도에서의 황칠 원액(D), 황칠 원액에 열개시제를 첨가한 D_T, 열개시제와 광개시제를 동시에 첨가한 D_{TP}에 대한 경화거동을

RPT를 이용하여 진자주기의 변화로써 관찰한 결과이다. 열개시제에 의하여 열경화속도가 촉진되기 때문에 D_T의 주기 변화는 D에 비하여 빠르게 감소하는 결과를 나타내었다. 그리고 D_{TP}의 경우 열경화와 UV 경화를 결합하기 위하여, 도장된 시편을 가열하여 150°C 도달하게 한 직후에 Spot Curing 장비를 이용하여 UV 광선을 10분간 조사하였다. D_{TP}의 진자주기는 D_T와 D에 비하여 매우 빠르게 감소하였다. 이는 UV 광선에 의하여 radical로 분해된 광개시제가 황칠 도료에 포함된 불포화 이중결합 사슬을 절단하면서 경화 속도를 촉진하였기 때문이다. 따라서 황칠도료의 경화속도는 열개시제를 이용하여 촉진할 수 있을 뿐만 아니라, UV와 열경화를 결합한 이중경화에 의하여 향상될 수 있음을 확인하였다(Hwang *et al.*, 2009).

4. 결 론

전통 황칠 천연도료는 내후성, 내수성, 내식성 등의 우수한 특성을 지니고 있으나, 긴 경화 시간은 실제로 황칠도료를 사용하는데 있어 큰 단점으로 작용해 왔다. 따라서 본 연구에서는 이러한 황칠도료의 경화속도를 촉진하는 방법을 다각도로 고안하고자 하였다. 이에 따라 열개시제에 의한 열경화 촉진 방법과 열개시제 및 광개시제를 함께 배합한 후 이중경화에 의한 경화방법이 경화속도에 미치는 영향을 적외선 분광분석기의 -C=C- 이중결합 변화로 측정하였으며, 진자경도의 변화로써 물리적인 특성에 미치는 영향을 확인하였다. 그리고 강체진자물성분석기(RPT)를 이용하여 이중경화법의 영향을 진자 주기의 변화를 측정하여 평가하였다. 그 결과 열개시제를 포함한 D_T의 경우 황칠 원액인 D에 비하여 경화속도가 촉진되었을 뿐만 아니라 물리적 물성인 표면 경도도 함께 증가하는 결과를 얻었다. 또한 열 개시제와 광개시제가 동시에 포함된 D_{TP}의 경우 D_T와 D에 비하여 빠른 진자주기의 감소를 보임으로써 이중경화에 의하여 경화속도를 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 이러한 결과들을 바탕으로 황칠 도료의 경화속도를 촉진하고 물리적 물성을 개선함으로써, 그 적용 분야를 더욱 확대시킬 수 있음을 기대할 수 있다.

사 사

본 연구는 한국연구재단의 "2008년 기초연구과제 (이공분야) (F00048)"의 지원으로 수행되었으므로 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Wicks Jr., Z. W., F. N. Jones, and S. P. Pappas. 2007. Organic Coatings, Science and Technology, 3rd Ed., John Wiley & Sons, Inc., Honoke, New Jersey.
2. Müller, B. and U. Poth. 2006. Coatings Formulation : an International Textbook, Vincentz, Hannover.
3. Hwang, H.-D., J.-I. Moon, J.-H. Choi, H.-J. Kim, S. D. Kim, and J. C. Park. 2009. Effect of Water Drying Conditions on the Surface Property and Morphology of Waterborne UV-curable coatings for Engineered Flooring. Journal of Industrial Engineering & Chemistry 15: 381~387.
4. Schwalm, R. 2007. UV Coatings: Basics, Recent Developments and New Applications, Elsevier, Amsterdam; London.
5. 김현중, 이병후. 2002. 천연도료의 개발동향 -옻칠, 황칠, 캐슈 천연도료를 중심으로-. 공업화학전망 5(5): 35~43.
6. Park, H.-J. and H.-J. Kim. 2002. Optimal Curing Conditions for Korean *Dendropanax* Lacquer. Journal of Wood Science 48: 346~347.
7. 임기표, 김윤수, 정우양. 1997. 전통 황칠 도료 개발에 관한 연구(I) - 황칠나무와 황칠액의 해부학적 특성과 화학적 조성-. 목재공학 25(3): 24~28.
8. 임기표, 정우양. 1998. 전통 황칠 도료 개발에 관한 연구(II) - 황칠나무 수피 추출물 및 삼출액의 화학적 조성과 도료용 오일특성. 목재공학 26(1): 7~13.
9. 임기표, 정우양, 홍동화. 1998. 전통 황칠 도료 개발에 관한 연구(III) - 전통 황칠 도료의 주성분 분석-. 목재공학 26(3): 73~80.
10. 정병석, 조종수, 표병식, 황백. 1995. 황칠나무의 분포 및 황칠의 성분 분석에 관한 연구. 한국생물공학회지 10(4): 393~400.
11. Lee, B.-H., J.-H. Choi, H.-J. Kim, J.-I. Kim, and J.-Y. Park. 2004. Curing Behaviors of Korean *Dendropanax* Lacquer Determined by Chemical And

Physical Measures. Journal of Industrial Engineering & Chemistry 10(4): 608~613.
12. Lee, B.-H., J.-H. Choi, and H.-J. Kim. 2005. Curing and Thermal Behaviors of Korean Dendropanax Lacquer Made by Acetone and Wine Spirit Extraction Methods. Progress in Organic Coatings 52: 241~245.
13. Terada, A. Y., Tanoue, and S. Shimamoto. 1997. Photopolymerizable Golden-varnish in the Ancient East-Asian Countries and KOSHIABURA of Japan. Progress in Organic Coatings 31: 81~86.
14. Tanaka, T. 1999. Instruction Manual of Rigid-body Pendulum Type Physical Properties Testing Instrument, A&D Co., Ltd..
15. Hwang, H.-D., J.-I. Moon, and H.-J. Kim. 2009. Accelerating Curing Rate of Korean *Dendropanax* Lacquer (Golden Varhish) by Dual Curing of Thermal and Radiation Curing, Proceeding of European Coatings Congress 2009, Nuremberg, Germany.