

## CVD법을 이용한 적색 인조진주 코팅 및 제조

신철우\* · 최경림 · 이동규†

충북대학교 공업화학과

(2018년 8월 15일 접수: 2018년 9월 12일 수정: 2018년 9월 20일 채택)

### Preparation and Coating of Red Colored Artificial Pearl by CVD Method

Cheol-Woo Shin · Kyoung-Rim Choi · Dong-Kyu Lee†

Department of Engineering Chemistry, Chungbuk National University,  
Chungdae-ro 1, Cheongju, Chungbuk, 28644, Korea

(Received August 15, 2018; Revised September 12, 2018; Accepted September 20, 2018)

**요약** : 현대인의 눈높이에 맞는 친환경적인 고급품질의 인조진주 제품개발이 세계의 악세사리 및 생활용품 시장에서 요구되고 있다. 본 연구는 고품질의 인조진주 제품을 경제적으로 대량생산하기 위한 방법으로 유기안료를 인조진주 제조용 친환경 무기안료로 대체하고 기존 제조 방식에서 사용하는 주재료였던 니트로셀룰로오스를 우레탄 바인더로 대체하여 광택도가 73.4%에서 86.7%로 증가하였으며 CVD 마감처리 후에는 96%의 높은 광택도를 가졌다. 색차분석 결과 CVD 코팅으로 인하여 빛의 간섭효과 때문에 a\*와 b\*값이 각각 +37.7에서 +31.9로, +24.5에서 +14.2로 감소하면서 다양한 색을 발현하여 영롱한 빛깔의 인조진주가 제조되었다. 마감 증착된 고품질의 인조진주의 내화학적, 광택도, 색차계, 표면 거칠기, 내마모성, 중금속함량검사, 염수분무테스트 등을 분석하여 품질향상 및 인체 무해성을 확인하였다.

*주제어* : 인조진주, 무기 안료, 우레탄, 증착, CVD

**Abstract** : Demand for developing artificial green pearl that meets the needs of modern people has been increasing. In this paper, eco-friendly inorganic pearlescent pigment was used instead of organic pigment and urethane resin was substituted for nitrocellulose which has been used as main materials in previous preparation method, increasing gloss from 73.4% to 86.7%. Urethane was coated on substrate before finishing with CVD, resulting high gloss of 96%. Colorimetric analysis shows that a\* and b\* of CIE value was changed from +37.7 and +24.5 to +31.9 and +14.2 respectively because of CVD finishing, obtaining colorful, high gloss and durable artificial pearl. Quality and toxicity of samples was established by chemical resistance, glossiness, colorimeter, surface roughness, wear resistance, content of heavy-metal, and salt water test.

*Keywords* : Artificial pearl, Inorganic pigment, Urethane, Deposition, CVD

†Corresponding author  
(E-mail: dklee@chungbuk.ac.kr)

## 1. 서론

진주는 아름다운 색채로 인하여 고대부터 인류에게 꾸준한 사랑을 받고 있는 보석으로, 과거 부와 권력의 상징이었던 보석에 대한 사람들의 인식이 현대에 들어와서는 개성을 표출할 수 있는 패션의 한 아이템으로 완전히 바뀌었다[1]. 패션인식에 대한 이러한 변화는 코스튬 주얼리 시장과 의류 시장의 확대를 가져왔으며, 여러 분야의 기술향상은 생활용품분야에서 고품질의 인조진주를 요구하게 되었다[2,3]. 현재는 제조 기술의 발달 및 용도의 다양성에 의하여 천연진주, 양식진주, 인조진주로 분류되어 여러 분야에 사용되고 있다[4]. 이제 천연진주는 연근해의 환경오염 및 심해 채취의 위험성 때문에 시중에서 거의 찾아볼 수 없게 되었다. 양식진주는 여러 나라에서 인위적으로 조개를 이용하여 해수 및 담수에서 생산하고 있으며, 주얼리 제품에 대부분 사용되고 있다. 해수 및 담수 양식진주에 대한 연구 및 기술개발은 학계에도 꾸준히 보고되고 있으며, 품질도 향상되고 있다[5,6]. 그러나 양식진주도 원기질 및 성장환경, 물과 먹이, 온도 등의 수많은 요인에 의하여 수배에서 수십배까지 품질차이가 발생하기 때문에 아름답고 우아한 색체가 영롱하게 발현되는 고품질 인조진주에 대한 연구개발이 필요하다[7]. 생활용품 분야에 주로 사용되고 있는 인조진주는 많은 나라에서 소규모 수공업의 형태로 생산되고 있으며 저렴한 가격으로 시중에 유통되어지고 있다. 그러나 현재 여러 나라에서 생산되고 있는 인조진주 대부분은 흰색의 제품으로, 십여년 이상 품질의 향상이 정체되고 있다[8]. 생활용품에 사용되는 인조진주는 저렴한 가격과 열악한 작업조건 그리고 연구개발에 소요되는 시간에 대한 애로사항 때문에 연구 및 기술개발이 원활하게 이루어지지 않고 있다[9].

인조진주 생산은 원기질에 따라 화학 물성과 건조 조건을 맞추면 다음 공정의 화학 조성도 변화시켜 주어야 하기 때문에 전체의 공정이 일관성 있게 관리되어야 한다[10]. 다양한 원기질의 형상과 크기에 따라 원료의 배합과 각종 안료의 호환성, 각종 수지와 용매의 복합적 기능, 다층박막의 광택 및 간섭색 등 전 과정이 유기적으로 합쳐져야만 심미적으로 아름다운 색체를 구현할 수 있기 때문이다[11]. 기존 코팅방식에서 사용하는 바인더인 니트로셀룰로오스는 내구성이 떨어져 고품질 인조진주 제조과정을 견뎌낼 수 없으며

황변성이 발생한다. 유기안료 또한 낮은 내화특성과 내열성 때문에 사용이 어렵다[12]. 초창기 인조진주 제조에 사용된 액상진주안료는 니트로셀룰로오스 바인더에 흰색계열의 합성 탄산염(lead carbonate) 진주안료 분말을 혼합한 제품이었다. 지금도 여전히 시판되고 있는 니트로셀룰로오스 바인더에 여러 방법에 의해 합성된 필 안료가 함유된 액상의 제품을 대부분의 코팅 회사가 구입하여 사용하고 있다. 작업의 편리성 및 건조의 빠름과 경제성에 따른 것으로 판단되며, 색상 인조진주를 생산하기 위해서는 유기안료 및 염료를 혼합하여 사용한다. 이와 같은 제품은 우레탄수지 및 에폭시수지 등에 상용될 수가 없으며, 일액형 도료 사용의 편리성은 내화특성, 내마모성, 고광택성 등을 요구하는 용도에는 적합하지 않다. 작업 조건에서 여러 가지 애로사항이 발생하지만 이액형 우레탄 및 에폭시 도료 등은 화학반응에 의한 경화로 자연 건조되는 일액형과는 경화방법이 다르며, 화학적 및 물리적 성능이 훨씬 우수함은 잘 알려져 있다. 본 연구에서는 유기안료 대신 내광성과 내열성이 우수하고 여러 간섭색을 발현하는 무기 진주안료로 대체하였고 [13] 기존 코팅방식에서 사용하고 있는 니트로셀룰로오스와 광택도 및 내마모성이 우수한 우레탄수지의 시료를 각각 제작하여 비교 분석하였다. 우레탄 코팅한 시료에 온화한 조건에서 CVD법으로  $TiCl_4$ 를 마감 증착한[14] 고품질 인조진주 코팅 기술을 개발하였다. 각각의 시료는 내화특성, 광택도, 색차계, 표면 거칠기, 내마모성, 중금속함량검사, 염수분무테스트 등을 통하여 인조진주의 코팅 품질을 확인하였다.

## 2. 실험

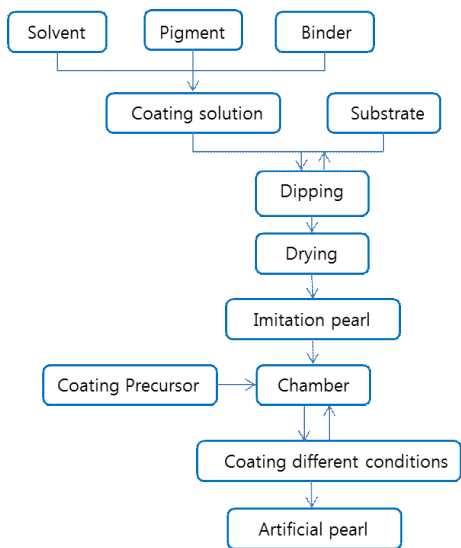
### 2.1. 실험재료

고품질 인조진주 시료를 만들기 위하여 사용한 시약들은 다음과 같다. 무기물질 적색 진주 안료는 ER220(Mica/TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, red pearl, Xentech, Korea)를 사용하였다. 코팅용 바인더의 용매로 아세톤(Acetone, CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>, 99.5%, Samchun Pure chemical Co., Ltd., Korea)을 사용하였고 바인더로는 니트로셀룰로오스(Nitrocellulose, L(SS)-1/2 SEC (IPA 30%), KCNC, Korea)와 우레탄(Acrylic urethane,

C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>NO<sub>2</sub>, Lot. 1812051617, Chokwang Paint Ltd., Korea)을 사용하였다. 또한 우레탄의 경화제로는 폴리올계 경화제(Curing agent, Lot. 1813061215, Chokwang Paint Ltd., Korea)를 사용하여 코팅 실험을 진행하였다. 기상증착 시약으로는 titanium(IV) chloride(TiCl<sub>4</sub>, 99%, Deajung Chemicals & Metals Co., Ltd., Korea)을 사용하였다.

**2.2. 실험 방법**

다양한 종류의 기질과 바인더 그리고 안료를 이용하여 액상 딥 코팅 후 CVD법에 의한 마감 코팅을 진행하기 위한 실험방법을 Scheme. 1에 나타내었으며 니트로셀룰로오스와 우레탄을 이용한 인조진주코팅 방법은 이전연구와 동일한 조건으로 시행하였다[15].



Scheme. 1. Preparation procedure of artificial pearl by dipping & CVD method.

니트로셀룰로오스를 이용한 인조진주 시료를 만드는 방법은, 아세톤 35 mL에 니트로셀룰로오스 2 g을 용해시킨다. 16~65 μm의 크기를 갖고 있는 적색무기안료를 자동분급기(Minor M200 Sieve Shaker, Endecotts Ltd., England)로 분급하여, 인조진주 제조에 적합한 40 μm이하의 진주 안료 1.5 g을 혼합하여 코팅 용액을 제조하였다. 분산된 용액에 아크릴 수지 시료를 침지 코팅하고 70°C에서 1시간 건조하는 과정을 반복하여 코팅을 완료하였다. 우레탄을 이용한 인조진주 코팅

은 우레탄 20 g에 경화제를 우레탄의 50 vol%만큼 용해시킨 다음 무기안료 2.5 g을 혼합하여 분산된 코팅용액을 제조하여 진행하였다. 이후는 니트로셀룰로오스를 이용한 방법과 같이 코팅을 완료하였다. 우레탄을 이용하여 제조된 인조진주 시료에 오로라 빛깔 및 광택을 높이기 위하여 TiCl<sub>4</sub>용액의 증착을 진행하였다[16]. 대기압의 조건하에서 기상증착 할 수 있도록 자체 제작한 설비에서 사전에 다양한 변수를 가지고 공정 조건을 확립하였으며, 시료 증착 시 용기 내부의 온도는 75°C로 2회 증착하였으며, 증착시간은 10초씩 하였다. 전체 공정 완료 후 안정화를 위해 70°C로 5시간 동안 열처리하여 적색 인조진주 시료편을 제작하였다.

**2.3. 분석**

내화학성 시험은 KS M 6080에 준하여 25시간동안 알칼리용액에 각각의 시료편들을 침지한 후 갈라짐, 부풀음, 주름, 변색 등을 외관상태 변화를 관찰하였다. 광택도 시험은 코팅 횟수에 따라 1회에서 5회까지 코팅한 샘플을 KS M ISO 2813에 준하여 광택도 측정기(Micro-Tri-Gloss Meter, BYK Gardner GmbH, Germany)로 측정하였다. 내마모성 시험은 KS M 6080에 준하여 적용하중 500g로 200회 마모 후 질량 감소량을 3회 측정 후 평균값을 내어 마모성을 비교 분석하였다. 색차계 시험은 KS A 0063에 준하여 샘플은 모두 같은 조건으로 5개씩 준비하여 측정하였다. 진주안료의 코팅 후 인조진주의 색상 변화를 확인하기 위하여 CIE 값을 나타내주는 분광광도계(ColorEye 7000A, Gretag Macbeth GmbH, China)를 사용하여 색차 값을 분석하였다[17]. L\*은 명도를 나타내며 L\*=0은 어두운 색이며 L\*=100일 경우 밝은 색을 나타낸다. a\*이 음수일 경우 녹색에 가까운 색이며 양수일 경우 적색에 가까운 색이다. b\*이 음수이면 청색을 나타내며 양수이면 황색을 나타낸다. 표면 거칠기 시험은 KS B 0161에 준하여 동일한 조건으로 5개의 샘플을 표면거칠기 측정기(Form Talysurf Series 2, Taylor Hobson, U.K.)를 사용하여 값을 측정하였으며 10점 평균 거칠기 값(Rz)이 산술 평균값(Ra)보다 정확하여 10점 평균 거칠기로 표면 거칠기를 나타내었다. 염수분무시험은 KS C 0223에 준하여 염화나트륨의 농도는 5%, 시험용액의 pH는 6.5~7.2, 온도는 35 °C, 시간은 48시간 후 외관변화를 확인하였다. 실험 진행 시

쓰인 경화제, 우레탄, 안료, 니트로셀룰로오스의 중금속 함량에 대해 측정하였다. KS M 6956에 준하여 카드뮴(Cd), 납(Pb), 수은(Hg), 크롬 VI (Cr VI) 등 주요 중금속에 대해 그 함량을 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 내화학성 시험

Fig. 1의 (a)와 (d)는 바인더로 니트로셀룰로오스를 사용하고 (b), (e)는 우레탄을 사용하였으며 (c)와 (f)는 우레탄 코팅층 위에 CVD로 마감한 아크릴판과 구형 인조진주 시료의 내화학성 시험을 진행한 후의 사진이다. 샘플을 알칼리용액에 25시간 침지 후 갈라짐, 부풀음, 주름, 변색을 확인하였다. 기존 코팅방식에서 사용했던 유기안료로 시료를 만들어 알칼리 용액에 침지하였을 때에는 니트로셀룰로오스 바인더에서는 주름 및 백화현상과 함께 블리딩 현상에 의한 유기염료의 번짐 등으로 색차측정이 어려웠었는데, 니트로셀룰로오스 바인더에 무기 진주 안료를 사용하였더니 주름 및 백화현상은 생겼지만 무기안료에 의한 블리딩 현상은 일어나지 않았음을 확인하였다.

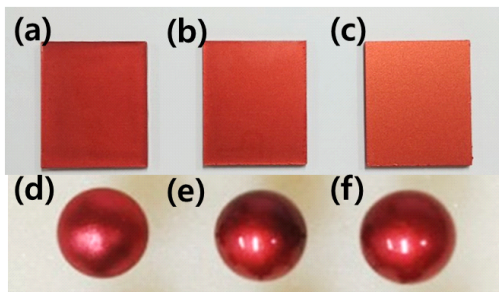


Fig. 1. Photographs of red inorganic pigment coated and artificial pearl using (a, d) nitrocellulose, (b, e) urethane before CVD (c, f) after CVD.

우레탄 도료로 코팅한 시료는 안정된 내화학성을 보였으며 육안으로도 표면의 높은 광택도 및 색감 또한 뚜렷한 붉은색이었음을 알 수 있었다. 일반적으로 건조가 빠른 용액형 도료를 락카라고 하는데 대부분 도막형성의 주요소로 니트로셀룰로오스를 사용한 것이다. 니트로셀룰로오스, 에틸셀룰로오스 등의 섬유소유도체 락카가 우레탄수

지도료와 크게 다른 점은 합성수지도료의 경우 가교반응에 의해서 도막이 경화하기 때문에 형성된 도막이 그 도료의 용제에 용해되지 않는데 반해 락카의 경우 형성된 도막도 여러 용제에 다시 용해된다는 점이다[18]. 이와 같은 화학적 특성에 의하여 니트로셀룰로오스의 경우 주름과 백화현상이 발견되었고 우레탄을 사용한 경우 화학적 안정성을 가진 코팅을 얻을 수 있었다. 안정성을 보인 우레탄에 CVD법으로 증착하여 마감코팅 후 얻어진 시료에서도 우수한 내화학적 안정성을 확인하였다.

#### 3.2. 광택도 시험

광택이란 빛의 반사에 의하여 물체의 표면에 번쩍거리는 광을 표현하는 것으로서, 빛을 정반사하는 정도를 나타내는 값이며 물체 표면의 구성물질 및 거칠기, 표면형상에 의해서 결정된다. 광택은 빛이 일정하게 반사될수록 사람의 눈에 선명하게 나타나기 때문에 표면이 평평할수록 광택이 좋아 보이며, 평평하지 않고 이물질이나 굴곡이 많으면 난반사가 많아져 빛이 산란되고 광택이 떨어진다. Fig. 2에 니트로셀룰로오스, 우레탄, CVD법으로 마감 코팅한 시료의 광택도를 나타내었다. 일반적으로 광택의 분류 기준은 60° 거울면의 광택도로 샘플의 법선에 대하여 입사각 60°, 반사각 60°에서 측정하는 것이고 유광은 70%이상, 반광은 30 ~ 70%이하, 무광은 30%이하로 나타낸다[19]. 니트로셀룰로오스의 경우 1회 코팅 시 30.8%이며 5회 코팅 시 73.4%로 코팅 횟수가 증가함에 따라 광택도가 증가하였지만 5회 코팅하여 86.7%의 광택도를 가지는 우레탄에 비하여 낮은 광택도를 나타낸다. CVD법으로 처리한 샘플의 경우 96.0%로 CVD 처리를 하지 않은 경우에 비하여 큰 폭으로 상승하였다. 이는 오렌지 필(Orange Peel) 현상 및 코팅 표면의 평활도에 의한 차이로 판단된다. 니트로셀룰로오스가 우레탄 수지에 비하여 용제의 휘발성이 빠르고 마감 코팅층의 두께가 상대적으로 얇기 때문이다. 우레탄 코팅 표면에 CVD마감 증착한 시료가 월등한 광택도를 나타낸 것은 기상증착에 의한 박막이 미세 공극부분까지 잘 충전되면서 증착 마감되어 표면평활성이 증대되어 광택도가 높아진 것으로 판단된다. 진주의 품질에서 광택도는 매우 중요한 요소로 CVD 처리를 통해 높은 광택도를 가지는 우수한 품질의 인조진주가 제조되었음을 확인하였다.

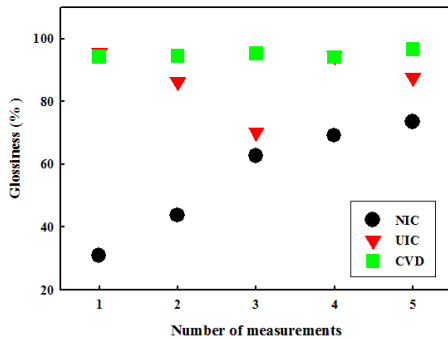


Fig. 2. Glossiness test of artificial pearl coated with nitrocellulose or urethane resin and finished by CVD.

3.3. 내마모성 시험

Fig. 3는 각각의 방법에 따라 코팅된 인조진주 시료의 내마모성 시험을 3회씩 진행하여 측정 후, 평균값을 내어 비교한 측정값이다. 니트로셀룰로오스의 평균질량감소량은 108.6이고 우레탄의 평균질량감소량은 111.5로 비슷한 수준을 나타내지만 CVD 코팅한 시료의 평균질량감소량은 153.7로 다소 높았다. 이는 마찰 등의 물리적인 힘에 약함을 보여주는 것이며 CVD법으로 마감 증착한 시료의 질량감소량이 더 높은 것은 얇게 코팅된 TiO<sub>2</sub>층이 화학적 코팅이 아닌 물리적 코팅이 되어 접착성이 떨어져 쉽게 벗겨지기 때문이다[20].

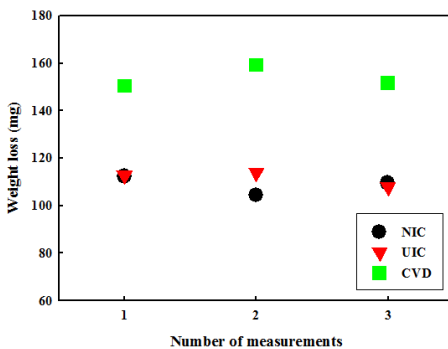


Fig. 3. Abrasion resistance test artificial pearl coated with nitrocellulose or urethane resin and finished by CVD.

3.4. 색차계 시험

Fig. 4와 Fig. 5는 바인더로 각각 니트로셀룰로오스와 우레탄을 사용한 시료의 색차계 시험

결과이다. 각각의 L\*값 차이는 0.5정도로 균일한 품질의 인조진주가 제조되었다. 니트로셀룰로오스를 사용하였을 경우 평균 L\*값은 +53.4이었고, 우레탄을 사용하였을 경우 평균 L\*값은 +51.6으로 약간의 감소가 있다. Fig. 6는 CVD법으로 처리를 한 샘플의 색차계 시험 결과이다. L\*값은 +54.9로 니트로셀룰로오스와 우레탄에 비해 높은 값을 보였으며 그에 따라 선명도가 밝은 인조진주가 제조되었다. a\*와 b\*값의 경우 니트로셀룰로오스에 비하여 각각 +37.7에서 +31.9로, +24.52에서 +14.2로 감소하였는데 코팅 두께에 따라 다양한 색상을 나타낼 수 있는 TiO<sub>2</sub> 박막의 간섭효과 때문에 색상의 변화가 생겼다. CVD로 마감처리를 한 시료가 니트로셀룰로오스나 우레탄에 비하여 편차가 크게 나타났는데 이는 TiO<sub>2</sub> 코팅 조건에 따라 빛의 간섭 편차가 일어나기 때문이다[21].

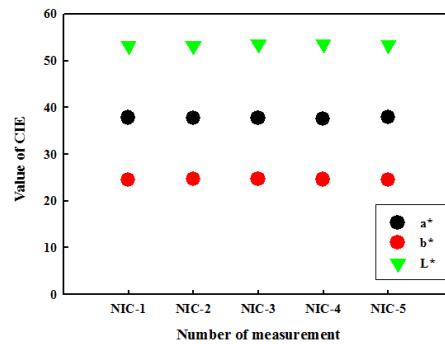


Fig. 4. Colorimetric values of artificial pearl coated with nitrocellulose.

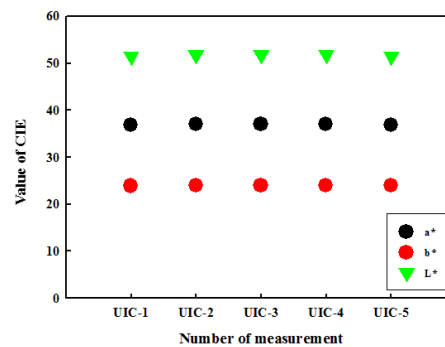


Fig. 5. Colorimetric values of artificial pearl coated with urethane.

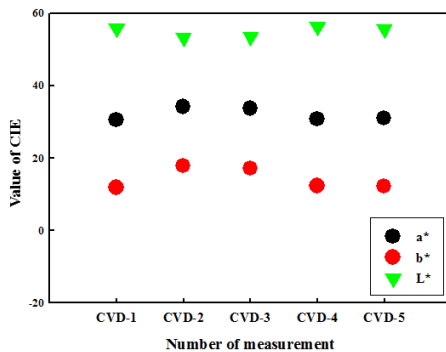


Fig. 6. Colorimetric values of artificial pearl coated with urethane resin and finished by CVD.

### 3.5. 표면 거칠기 시험

표면 거칠기란 가공된 표면의 상태를 말하는 것으로, 제품의 표면을 표현할 때 눈으로 보거나 손으로 문지르거나 해서 반짝거리거나 깨끗한 것, 윤기가 없고 까칠까칠한 것, 거울 같은 것이라는 표현을 사용하는데 이러한 차이점은 재료 표면의 요철의 차이에 의해서 발생하는 것으로, 표면 거칠기라고 한다. 인조진주 제품에 민감하게 영향을 주는 것이 표면 거칠기이며 그 측정값은 인조진주의 품질을 직접 확인할 수 있는 기준이 된다. 니트로셀룰로오스와 우레탄 그리고 CVD법으로 증착한 시료들의 10점 평균 거칠기 분석결과는 Fig. 7에 나타내었다. 10점 평균 거칠기는 5개의 굴곡 중에 최고점과 최저점의 평균을 내어 측정값을 산출하는 값으로 산술평균값보다 정확한 값을 가진다[22]. 니트로셀룰로오스의 10점 평균 거칠기는 5.77 ~ 6.37  $\mu\text{mRz}$ 이며, 우레탄은 0.41 ~ 0.57  $\mu\text{mRz}$ 이고, CVD법으로 증착한 시료는 0.21 ~ 0.33  $\mu\text{mRz}$ 의 값을 나타내었다. 니트로셀룰로오스와 우레탄 시료의 표면 거칠기 차이가 12배 이상이었으며, 그리고 우레탄과 CVD마감의 표면 거칠기 차이도 1.8배 이상으로 매우 큰 표면 거칠기 차이를 확인하였다. 표면이 매끄러울수록 전반사 비율이 많아 광택도가 증가하게 된다. 이에 따라 상대적으로 매끄러운 표면을 가지는 우레탄 코팅이 니트로셀룰로오스보다 높은 광택도를 가지게 되었다. CVD를 처리한 경우  $\text{TiCl}_4$  전구용액이 인조진주 표면에 균일하게 흡착하여 보다 매끄러운 표면을 형성하여 낮은 거칠기 값을 갖는다. 이는 광택도 측정에서 확인하였던 니트로셀룰로오스의 용제의 빠른 증발에

따른 많은 미세 공극 및 코팅의 두께 부족과, 이액형 우레탄 수지의 체적 감소가 거의 없는 화학 반응에 의한 두께가 확보된 경화의 차이 그리고 화학기상증착에 의한 높은 평활성의 확보가 또 다른 물리적인 측정법에 의하여 확인된 결과로서 많은 공통 결과를 나타내고 있음을 재차 확인하였다. 인조진주는 표면이 매끄러울수록 신체착용 안정감이 높아진다. 지금까지는 샘플을 육안 검사와 손으로 만짐으로써 감각에 의존해서 품질을 선택하였는데 본 시험을 통해 또 다른 인조진주 품질의 표준을 제시하였다.

### 3.6. 염수 분무 시험

인조진주는 목걸이, 귀걸이 등으로 인체 착용 시 화장품 및 땀 등의 물질에 의하여 코팅막이 약해지거나 벗겨지는 등의 영향을 받으므로 염수 분무 시험을 실시하여 변화를 관찰하였다[23]. 니트로셀룰로오스, 우레탄, CVD 코팅한 샘플에 염화나트륨 용액을 사용하여 염수 분무 시험을 진행하였다. 염수분무 시험이란 관찰할 기재 표면에 염수를 분무함으로써 내식성 및 내약품성을 확인하는 것이다. 염수분무시험 후 모든 샘플의 외관상의 변화는 관찰되지 않았다. CVD 마감처리를 하지 않은 기존 샘플은 물론 CVD 처리한 샘플도 높은 안정성을 가졌음을 확인하였다. 이로써 염기성 조건에서 내약품성이 전체적으로 우수하다는 것을 확인할 수 있었다.

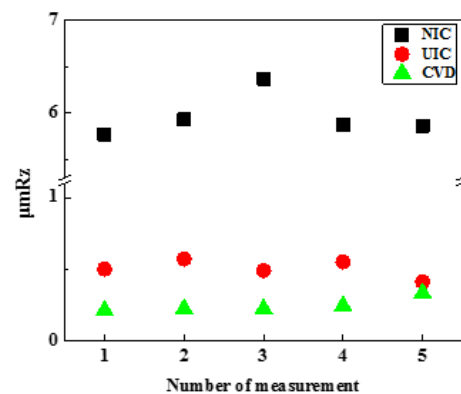


Fig. 7. 10 point average roughness test of artificial pearl coated with nitrocellulose or urethane resin and finished by CVD.

### 3.7. 중금속 함량 시험

무기안료를 사용한 고품질 인조진주의 인체 무해성의 확보를 위하여 시험에 사용한 경화제, 우레탄, 안료, 니트로셀룰로오스의 중금속 함량을 실시하였다. 카드뮴(Cd), 납(Pb), 수은(Hg), 크롬 VI(Cr VI) 등 주요 중금속에 대해 그 함량을 측정하였으며 원료에 포함된 중금속의 양은 검출한계인 1mg/kg 미만으로 나타났고, 이를 환산하면 1 ppm 미만의 값을 갖는다. 이를 통해 원료에 중금속이 포함되지 않았음을 확인할 수 있었다 [24]. 중금속 함량이 낮기 때문에 본 연구에서 사용한 코팅 방법은 다양한 분야에 사용될 수 있다.

## 4. 결론

고품질의 적색 인조진주를 제조하기 위하여 적색 무기안료를 사용하였고 바인더인 니트로셀룰로오스와 우레탄 수지를 각각 코팅하여 비교하였으며 CVD법으로 산화티탄층을 코팅하였다.

니트로셀룰로오스의 광택도는 73.4%이지만 우레탄으로 대체한 경우 86.7%로 증가하며 CVD로 마감처리를 한 경우 96%로 매우 높은 광택도를 가졌다. 이는 표면 거칠기의 차이에 따른 결과이며, 니트로셀룰로오스의 10점 평균 거칠기는 5.96  $\mu\text{mRz}$ 이고 CVD 처리를 한 경우는 0.24  $\mu\text{mRz}$ 로 전반사율이 높은 매끄러운 표면으로 코팅되어 고풍택도를 가진 인공 진주가 제조되었다.

색차분석 결과 니트로셀룰로오스의  $L^*$  값은 +53.4이며 CVD 코팅에 따라  $L^*$  값이 다소 증가한 +54.9로 밝은 색상을 나타내었으며 코팅된  $\text{TiO}_2$ 의 빛의 간섭효과 때문에  $a^*$ 와  $b^*$ 값이 각각 +37.7에서 +31.9로, +24.52에서 +14.2로 감소하면서 다양한 색을 발현하여 영롱한 색체를 띠었다.

우수한 내화학성, 내약품성을 확인하였으며 시험에 사용된 모든 재료의 중금속 함량이 1 ppm 미만으로 코팅의 안전성이 확인되었다.

## References

1. M. H. Kim, "Preferences for fashion jewelry depending on consumption value", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol.12, No.12, pp. 567-576, (2012).
2. M. J. Kim, Y. J. Lee, "A study on the status of domestic jewelry market and Revitalization-Focused on Namdaemun market", *Korean Journal of Human Ecology*, Vol.24, No.3, pp. 426-436, (2015).
3. J. H. Shin, H. K. Lee, "A research on changes in modern fashion jewelry design", *Journal of the Korean Society of Design Culture*, Vol.21, No.4, pp. 325-337, (2015).
4. J. M. Cho, "A study on the symbolic features and wearing types of pearl necklaces", *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, Vol.37, No.8, pp. 1029-1043, (2013).
5. S. Kim, J. U. Park, J. H. Kim, G. C. Park, "A study on the abalone pearl formation using different nucleus", *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, Vol.15, No.2, pp. 219-225, (2003).
6. S. J. Son, J. G. Seo, J. W. Park, "Color enhancement of freshwater pearl by heat treatment", *The Korean Journal of Malacology*, Vol.25, No.1, pp. 81-89, (2009).
7. S. Y. Kim, J. Y. Shin, "Intertextuality of materials in the contemporary fashion", *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, Vol.32, No.5, pp. 741-752, (2008).
8. O. S. Song, J. L. Lee, "Development of fashion jewelry design with advanced materials", *Journal of the Institute of Industrial Technology*, Vol.12, pp. 39-44, (2004).
9. J. W. Lee, K. Nah, "A study on the blur phenomenon through expanding and converging the concepts of jewelry", *Journal of the Korean Society of Design Culture*, Vol.22, No.2, pp. 525-536, (2016).
10. W. J. Yun, M. G. Choi, S. G. Lee, Y. S.

- Lee, B. D. Heo, "A study on the experimental relation between parameters for determining dry film thickness in the application of anti corrosive paint using hydraulic plural component", *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, Vol.49, No.5, pp. 433-439, (2012).
11. M. Kim, J. Y. Woo, J. Yoon, C. K. Hwangbo, C. S. Han, "Color adjustment study by micro-pattern embedding in optical multilayer thin film", *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, Vol.33, No.5, pp. 409-417, (2016).
  12. J. N. Park, Y. S. Shin, W. H. Le, "Effect of the addition of propanol to PVC solution on the structure of thin film and its surface property", *Applied Chemistry for Engineering*, Vol.26, No.1 pp. 35-39, (2015).
  13. K. H. Kang, M. H. Hyun, D. K. Lee, "Haze characteristics of mica coated with magnesium oxide", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.16, No.1, pp. 888-894, (2015).
  14. Y. A. Cheon, J. S. Nam, K. S. Son, Y. T. Im, W. K. Ahn, B. G. Chung, "Development and analysis of graphene oxide thin film coating", *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers B*, Vol.39, No.5, pp. 463-469, (2015).
  15. C. W. Shin, M. H. Hyun, D. K. Lee, "Preparation and coating of artificial pearl using inorganic pigment", *Journal of Korean Oil Chemists Society*, Vol.32, No.3, pp.528-535, (2015).
  16. C. H. Kwon, "Photocatalytic Characteristics of TiO<sub>2</sub> system prepared by Sol-Gel process", Yonsei University, Seoul, Korea (2004).
  17. K. S. Lee, K. H. Kang, J. H. Lee, D. K. Lee, "Preparation and chrominance of metal oxide coated titania/mica pearlescent pigment", *Journal of The Korean Oil Chemists Society*, Vol.30, No.2, pp. 233-243, (2013).
  18. E. O. Edney, S. F. Cheek, D. C. Stiles, E. W. Corse, M. L. Wheeler, J. W. Spence, F. H. Haynie, W. E. Wilson, "Effects of acid deposition on paints and metals: Results of a controlled field study", *Atmospheric Environment*, Vol.22, No.10, pp. 2263-2274, (1988).
  19. M. Baneshi, H. Gonome, A. Komiya, S. Maruyama, "The effect of particles size distribution on aesthetic and thermal performances of polydisperse TiO<sub>2</sub> pigmented coatings: Comparison between numerical and experimental results", *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, Vol.113, No.8, pp. 594-606, (2012).
  20. C. I. Im, G. J. Lee, J. Y. Jo, J. B. Choe, G. W. Choe, "Wear resistance of crosslinked ultra-high molecular weight polyethylene", *Journal of Biomedical Engineering Research*, Vol.20, No.1, pp. 99-106, (1999).
  21. H. C. Shin, B. H. Kim, Y. I. Cho, S. J. Kim, S. C. Jung, "A study on the activated evaluation of TiO<sub>2</sub> photocatalyst by color meter", *Korean Society for Environmental Technology*, Vol.5, No.1, pp. 37-42, (2004).
  22. C. S. Kim, M. W. Park, "Verification on the measurement uncertainty for surface roughness", *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, Vol.27 No.4, pp. 40-45, (2010).
  23. Y. S. Cho, H. H. Kim, "A test study on paint characteristics by under coating", *Journal of the Korean Society of Mechanical Technology*, Vol.18, No.2, pp. 301-305, (2016).
  24. D. K. Lee, J. H. Lee, S. Y. Park, "Preparation and characteristics of carmine coated mica pearlescent pigment", *Journal of The Korean Oil Chemists Society*, Vol.25, No.4, pp. 511-517, (2008).