ISSN 2509-2817 KiDRS Korea Institute of Design Research Society 통권 32호, 2024. Vol.9 No.3

수묵(水墨) 기법을 응용한 티타늄 구조색 발색 기법 연구

Research on titanium structural color development technique using ink-and-wash technique

주 저 자 : 김종기 (Kim, Jong Ki) 동명대학교 반려동물산업학부 교수
antoniokjk@naver.com

https://doi.org/10.46248/kidrs.2024.3.381

접수일 2024. 08. 25. / 심사완료일 2024. 08. 29. / 게재확정일 2024. 09. 09. / 게재일 2024. 09. 30.
본 논문은 2022학년도 동명대학교 교내연구비에 의하여 연구 되었습니다.

Abstract

The purpose of this study is to present new color application possibilities using an anodizing device so that titanium, which is friendly to the human body and the environment, can be widely used in the art and design fields.In this study, it was found that controlling the appropriate viscosity of the glue that bonds titanium to paper is of utmost importance in order to develop the planned color. It was found that when the viscosity of the glue is low, the adhesion is weak, making it easy for the titanium to separate from the paper, and when the viscosity is high, the color development time is longer than normal. This study is a new structural color application method that has not been seen in the titanium anodization method until now. Through this study, we were able to confirm its usability in a variety of fields as well as art and design.

Keyword

Titanium(티타늄), Anodic Oxidation Method(양극산화), Color Development(발색), Design(디자인)

요약

본 연구는 인체와 환경에 친화적인 티타늄금속이 아트와 디자인 분야에서 널리 활용될 수 있도록 양극산화법을 이용하여 새로운 구조색 발색 기법에 대한 가능성을 제시하는 것을 그 목적으로 한다. 이번 연구에서 사용되는 재료는 티타늄금속으로 그 재질감과 색채를 응용할 수 있도록 그 효과를 표현하고자 하였다. 먼저 티타늄의 정확한 색채 발색을 위하여 티타늄금속을 양극산화법으로 발색하여 샘플을 제작하였으며 일정한 형태로 가공한 티타늄을 종이에 고정시켜 한국 수묵화를 그리듯이 발색할 수 있도록 새로운 응용기법을 연구하였다. 티타늄양극산화법으로 발색된 색은 구조색으로 도료나 안료로 색을 입히는 방법이 아닌 전류를 흘려 물체에 산화피막을 형성시키는 방법으로 전해액에 넣어 발색하는 것이 일반적이다. 본 연구에서 새롭게 응용한 구조색 발색법은 기존과 차별화된 발색 방법으로 붓을 사용하여 종이 위에 그림을 그리며 직접 전류를 흘려 발색하는 방법으로 종이 위에 수묵화를 그리며 티타늄에 발색을 한다. 이번 연구에서는 계획한 색으로 발색시키기 위해서는 충분한 시간이 필요하다는 것을 알았으며 이전 사용한 전해액보다 동양에서 글이나 그림을 그랠때에 사용하는 먹물이 이번 발색실험에서 발색이 우수했으며 종이에 그린 그림과도 형태 일치성이 높았다. 그러나 색의 표현에서는 긴 시간이 필요함으로 충분한 색으로 발색이 어려웠다. 그러나 이번 연구는 지금까지의 티타늄양극산화법에서 볼 수 없었던 새로운 구조색 응용발색기법으로 앞으로 아트나 디자인 분야에서 그 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

목차

1. 서론

1-1. 연구 배경 및 목적

2. 이론적 배경

2-1. 티타늄금속 특성

2-2. 티타늄 발색법

2-3. 구조색

3. 티타늄양극산화법을 이용한 구조색 발색

3-1. 티타늄 판재 발색

3-2. 티타늄 수묵(水墨) 발색

4. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구의 배경 및 목적

티타늄금속은 다양한 금속 중 인체에 가장 친화성이 높은 금속이며 내식성과 내구성이 높은 장점을 가지고 있어 의료 및 우주항공, 건축, 생활용품, 악세서리 등의 제작에 사용되고 있다. 그러나 일반적으로 산소와 결합하는 금속제련기술과 다르게 티타늄금속은 진공상태로 하는 유도 용융(VIM) 공정으로 제조상의 어려움과 가공의 어려움으로 일반적으로 많이 사용할 수 없는 금속이라고 알고 있다. 그러나 티타늄합금 이 아닌 불순물이 적은 순도 99% 이상의 순티타늄은 수작업으로 본인이 원하는 형태로 타출작업도 가능하며 양극산화법으로 선명한 색으로 발색이 가능하여 아트나 디자인 분야에서 그 활용 가능성이 높다. 이 발색법은 환경에 유해한 화학적인 도색작업이 아닌 환경에 무해한 양극산화법으로 다양한 색상의 산화막으로 발색이 가능하다. 티타늄금속에 색을 입힐 수 있는 다른 방법으로는 대기산화법, 화학산화법도 있으나 양극산화법으로 발색하는 것이 균일한 색상을 얻을 수 있어 산업현장에서도 많이 사용되고 있다. 그러나 산업현장이 아닌 일반적으로 아티스트나, 디자이너들이 작품을 제작할 때에 필요한 자료는 아직 미흡한 상태이다. 이에 본 연구는 동양수묵기법을 응용한 티타늄 구조색 발색기법에 대한 실험을 통하여 앞으로 아트 및 디자인 분야에서 다양하게 사용할 수 있도록 그 가능성을 제시하는 것을 그 목적으로 한다.

2. 이론적 배경

2-1. 티타늄금속 특성

티타늄금속은 원자 번호 22로 여러 광물에 분포하며 내식성이 좋아 부식이 거의 되지 않은 금속이다. 융점이 1,668℃로 철과 비교하면 높으며 비중은 4.51로 철의 약 60% 가볍다. 텐레스강의 약 절반, 알루미늄의 약 1/3입니다. 비열, 열전도도 및 전기저항은 18-8 스테인레스스틸과 거의 동일하다. 탄성률은 10,850kgf/mm²로 철의 약 절반, 알루미늄의 약 1.5배이다.[1] 티타늄 표면의 색은 전형적인 금속의 은백색으로 색이 쉽게 변색이 되지 않아 건축용 외장재로도 사용되며 알루미늄이나 스테인리스 강철처럼 산화피막을 형성시켜 다양한 색으로 발색할 수 있다. 그림 1은 솔로몬 R. 구겐하임 미술관으로 조형성이 우수하며 특히 건물 외장에 티타늄을 사용한 것으로 널리 알려져 있다.

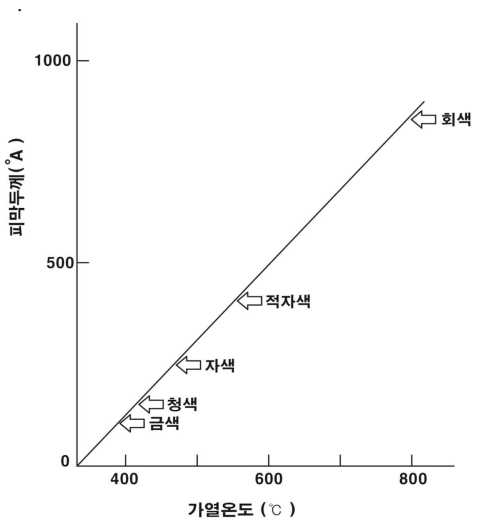
1) KOBELCO, TITANIUM, 1998, p11

[그림 1] 솔로몬 R. 구겐하임 미술관[2)]

2-2. 티타늄 발색법

2-2-1. 대기산화법

대기산화법이란 티타늄에 직접 불을 사용하거나 전기로를 사용하여 공기중에서 가열하여 표면에 산화피막을 형성시키는 것이다. 이 방법은 동일한 색으로 지속 발색이 어렵다는 점과 전기로를 사용했을 경우 많은 전력이 소모된다. 그러나 그림 2에서 알 수 있듯이 열을 가열했을 때에 다양한 색으로 발색이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 그림 3을 보면 티타늄 용접시 열로 계획하지 않았지만 발색이 된 색 띠와 계획을 세워 발색한 자동차 마후라의 그라데이션색이 티타늄의 발색의 아름다움을 보여준다.



[그림 2] 온도와 피막의 관계[3)]

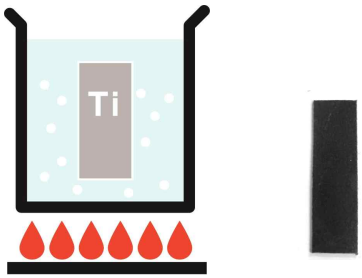
2) https://www.mako-metal.com/archives/2624

3) 기술현황분석, 한국기계연구원, 1993, p.132

[그림 3] 티타늄대기산화 예[4)]

2-2-2. 화학산화법

화학산화법이란 전기를 사용하지 않고 화학반응으로만 피막을 형성시키는 방법이다. 이 방법은 대기산화법이나 양극산화법에서 발색할 수 없는 검정색을 얻을 수 있는 방법이다. 발색 프로세스는 황산25%, 물 75% 용액에 1시간 처리한다. 이 방법은 강한 산을 사용해야 함으로 이번 연구에서는 실험을 생략한다. 그림 4는 티타늄 화학산화법의 메커니즘과 이전 실험에서 발색한 샘플로서 검은색으로 발색 되어 있는 것을 확인할 수 있다.



[그림 4] 티타늄화학산화법 메커니즘과 샘플(검정)

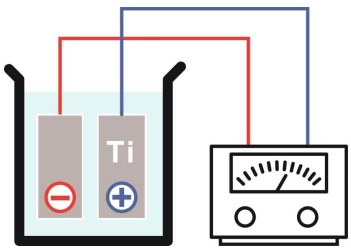
2-2-3. 양극산화법

양극산화법이란 티타늄을 전해액에 넣고 양극으로 전류를 흘려 티타늄표면에 1μm이하의 산화피막을 입히는 방법이다. 산화피막은 그 두께에 따라서 색이 결정되며 두께는 양극산화장치에서 전압을 조정하여 결정된다. 한 번 전류를 흘려 발생한 산화피막의 두께는 그 이상의 전류를 흘려야 산화피막의 두께가 두꺼워지며 색 변화가 발생한다. 최고 125V 전압까지 가능하며 125V 이하로 전류를 흘려도 산화막의 두께는 변화가 없으며 색 변화도 없다. 피막을 모두 제거해야 처음과 같이 피막과 색을 얻을 수 있다. 그림 5는 양극산화법을 실시할 때 사용되는 발색 장치로 오른쪽은 정류기, 왼쪽은 발색수조이다. 수조 안에서 사용되는 티타늄판재와 고정지그는 모두 티타늄으로 되어 있으며 수조안에 있는 전해액은 인산 1%, 물 99%로 되어있고 티타늄 발색을 활성화 시켜준다. 양극산화법에는 직접 전해액이 들어 있는 수조에 넣어 발색하는 방법과 대기중 티타늄판에 전해액을 흘려 발색하는 두 가지 방법이 가능하다.

[그림 5] 양극산화장치

[표 1] 양극산화법 발색 조건

발색순서	실험조건(사용액) 시간
1차 처리	불산15%+초산15%+물70%
물 세척	흐르는 물
2차 처리	과산화수소10%+불산5%+물85%
물 세척	흐르는 물
발색	전해액



[그림 6] 양극산화법 메커니즘

2-3. 구조색

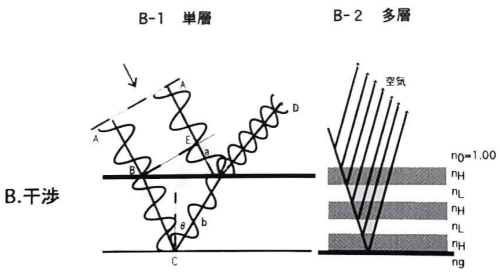
인간은 자연의 생태계와 자연 현상 그리고 살아있는 생명체의 기본구조, 원리 및 메커니즘에서 영감을 얻어 삶을 윤택하게 살아왔다. 이를 증명하듯 일본에서는 자연에 아름다운 구조색을 자랑하는 비단벌레에 날개로 장식한 일본 국보 다마무시 즈시를 2008년 장인들로 인하여 복원하였다. 그림 6에서 알 수 있듯이 이것은

4) https://car-me.jp/custom/articles/3769

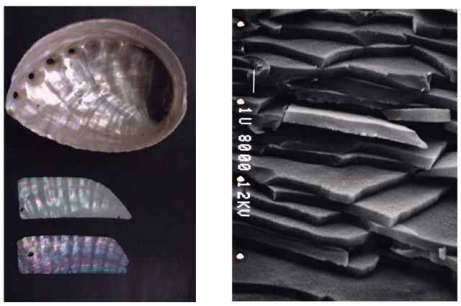
1300년전에 색을 단순이 되살린다는 복원작업이 아닌 인간이 자연과 친화적인 관계를 공유하기를 바라며 자연과에 친화적인 생활을 동경하고 있다는 것을 의미한다고 말할 수 있다.

[그림 7] 다마무시노즈시(玉蟲廚子)

물체에 색채가 생기는 원인으로 안료 또는 도료가 있다. 이것은 흡수되지 않은 조사광을 반사, 투과 또는 산란하여 눈이나 검출기 또는 분광기에서 색채로서 검출 된다. 한편, 도료나 안료를 포함하지 않고 조사광의 파장에 표면의 격자상구조 또는 단면에 다층막구조 등에 의해 입사각에 회절/간섭이 생기는 등 물체 표면으로 부터 산란으로 생기는 구조색이 있다. 메커니즘은 그림 8과 같다.[5] 그림 9에서는 예부터 구조색의 아름다움을 승화시킨 나전칠기에서 많이 사용하는 전복껍질을 전자현미경(SEM) 8000배 확대 관찰하여 다층막의 구조인 것을 확인할 수 있었다.



[그림 8] 구조색 메커니즘[6]

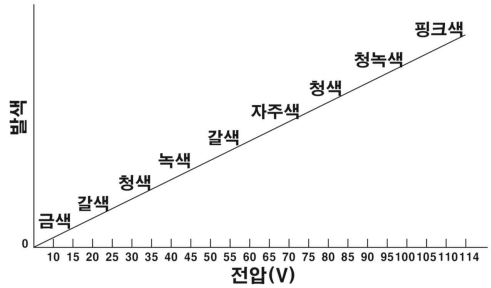


[그림 9] 전복 다층막구조

3. 양산산화법을 이용한 구조색 발색

3-1. 티타늄 판재 발색 시

티타늄양극산화법 발색 프로세스는 그림 6와 같으며 발색을 하기 전에 먼저 티나늄금속을 불산5%, 초산15%,물 70%의 1차액에 넣어 표면에 있는 유분과 먼지를 제거한다. 다음으로 과산화수소 10%, 불산 5%, 물85%의 2차 활성액에 넣어 깨끗하게 발색할 수 있도록 한다. 이때 주의할 점은 하나의 공정이 끝나면 흐르는 물로만 깨끗하게 씻어 주는 것이다. 다음으로는 전해액이 담긴 수조에 발색할 티타늄을 넣어 전압을 조절하여 원하는 색으로 발색을 한다. 이번 연구에서 발색은 10V부터 114V까지 5V씩 증가시켜 발색하였으며 그 결과는 그림 11과 같다. 금색부터 핑크색까지 22색을 발색할 수 있었으며 전압과 발색 관계는 그림 10 같다. 발색시간은 전압이 올라가면서 완전하게 발색이 끝날때까지 시간의 차이는 있다. 그림 12은 현재 일본 티타늄회사와 도치쿠보작가를 도와 제작하고 있는 티타늄발색디자인으로 이 작품은 마스킹기법을 사용하여 색과 형태가 뚜렷하게 구분한 작품으로 배경에는 전압을 조절하며 티타늄을 수조에서 일정한 시간 내에 넣고 빼내는 글라데이션 효과를 주어 그림의 색과 분위기에 이질감 없이 표현한 것이 특색이다.



[그림 10] 전압과 발색 관계

5) 오쿠라 시게타로, 자연계에서 보이는 구조색, 광학신광출판사, 2002, p.31-32

6) 오쿠라 시게타로, 자연계에서 보이는 구조색, 광학신광출판사, 2002, p.234

[그림 11] 티타늄 발색 샘플

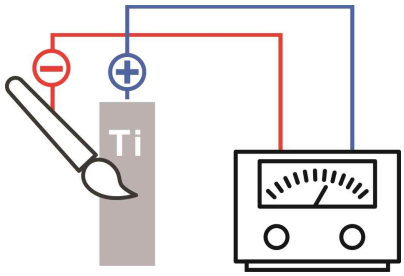
[그림 12] 마스킹기법 발색 (제작: 도치쿠보 작가)

3-2. 티타늄 수묵(水墨) 발색

수묵기법은 물과 먹, 그리고 붓을 사용하여 그림을 그리는 전통기법이다. 양극산화법 또한 물을 사용하여 발색을 해야 한다. 이 공통된 부분에서 착안하여 양극산화법을 응용한 새로운 발색기법의 가능성을 확인한다.

3-2-1. 수묵 발색 메커니즘 구조

수묵 발색 기법의 메커니즘과 화필(畫筆)연결 구조는 그림 13과 같다. 양극산화 조절장치에 연결된 플러스부분에는 발색할 티타늄을 연결하고 마이너스부분에는 그림을 그릴 붓을 연결한다. 이때 연결된 붓에 먹을 묻혀 종이와 티타늄에 전류를 흘리며 그림을 그린다. 이때 붓이 마르지 않도록 먹을 충분하게 묻혀 수분을 유지 시켜주는 것이 중요하다.



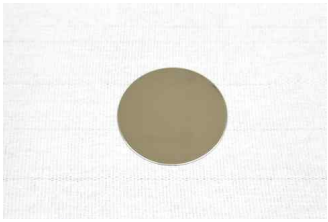
[그림 13] 붓 발색 메커니즘

3-2-2. 수묵발색 조건

수묵발색법의 순서와 조건은 표 2와 같다. 기존과 다른 것은 이번 실험을 통하여 경면으로 가공된 티타늄을 사용함으로 1차처리에서 신나를 사용하여 유분과 먼지를 제거한 다음으로 2차 처리를 한 후 발색할 티타늄과 붓에 각각의 전류를 흘리며 종이와 티타늄판에 붓을 접촉시키며 원하는 그림으로 발색한다. 이때 먹은 전류를 흐르게 하는 전해액의 역할을 한다. 이번 연구는 양극산화법에 먹을 사용하여 그림을 그리는 전통 수묵 기법을 과학적으로 응용하여 발색하는 새로운 방법이다. 이번 실험에 사용되는 티타늄은 순티타늄으로 앞면을 경면처리 하여 붓으로 발색 실험을 할 때에 발색 부분의 경계를 뚜렷하게 확인할 수 있도록 하였다. 이번 발색에 사용할 경면티타늄은 그림 4과 같다.

[표 2] 수묵 발색 조건

발색 순서	실험조건(사용액)	시간 및 방법
1차 처리	신나	부드러운 면으로 유분, 먼지 제거
2차 처리	과산화수소10%+ 불산5%+물85%	15초 2차액에 넣어 활성화시킴
세척	물	30초 흐르는 물에 흘려보냄
수묵 발색	먹물(전해액)	3~5초 그리기 (색에 따라 변경)



[그림 14] 경면(鏡面)티타늄

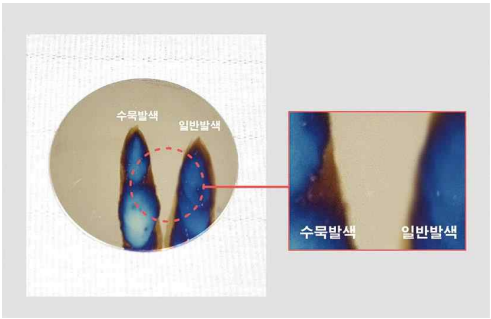
3-2-3. 수묵 발색

본 연구의 수묵 발색법은 수묵화를 그릴 종이 윗면에 티타늄을 접착시켜 붓과 양극산화 장치를 사용하여 종이와 티타늄에 같이 그림을 그리는 새로운 기법이다. 발색 조건은 표 2와 같다. 이번 발색 실험에서는 전해액인 먹물을 붓에 묻혀 종이와 티타늄판에 그림을 그리며 발색하는 방법으로 이전 인산 1%인 전해액을 사용하여 발색한 것과의 차이점은 그림 15과 같이 확연한 차이점이 있는 것을 알았다. 기존 전해액을 사용하여 티타늄판에 그림을 그릴때에는 티타늄판 위에 전해액이 물방울로 모여있는 것을 확인할 수 있으나 먹물을 사용하여 그림을 그릴때에는 티타늄표면에 물 방울이 매치지 않으며 그림을 그렸던 형태가 보존되는 것을 확인할 수 있었다. 발색 후 티타늄표면에 묻어 있는 먹물을 딱고 확인해보면 전해액으로 발색한 것보다 경계선이 뚜렷하다는 것도 확인할 수 있었다. 원인은 작은 탄소 입자인 그을음을 아교에 반죽하여 만든 점성을 갖은 먹물의 특성으로 인하여 티타늄표면에서 흘러내리지 않았으며 번짐이 적었다는 것을 예측할 수 있다.

[그림 15] 전해액 밀착도

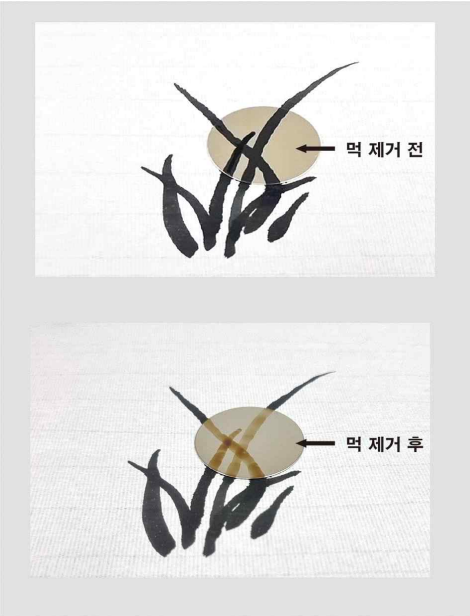
그림 16과 그림 17은 티타늄판에 발색한 색 경계선을 비교한 것으로 먹을 전해액으로 사용하여 발색한 것이 경계선이 선명하다는 것을 알 수 있다. 발색한 색은 붓을 얼만큼 오랜 시간 동안 티타늄에 접촉하고 있었는지에 따라 따르며 일반적인 단색만 발색하는 양극산화법과 확연한 차이점은 붓 그림 주변에 전압이 약한 색으로 번짐효과가 나타난다는 것이다. 이 번짐효과가 단점이라고 보기에는 힘들며 다양한 효과가 필요로 하는 아트 또는 디자인작품을 제작할때에는 다양한 표현으로 사용이 가능할 것으로 판단된다. 앞으로도 지속가능한 발색을 위하여 양극산화법과 수묵발색기법을 비교한 결과는 표3과 같다.

[그림 16] 번짐 비교 실험



[그림 17] 발색 번짐 비교

[그림 18] 수묵 발색 실험



[그림 19] 먹 제거 전과 후 비교

[표 3] 양극산화법과 수묵발색법 비교

	양극산화법	수묵발색법
단색 발색	아주좋음	나쁨
색 번짐 효과	없음	있음
그라데이션 효과	좋음	좋음
아트성	좋음	아주좋음
디자인성	좋음	좋음

4. 결론

현재 환경문제로 많은 대체에너지 및 친환경 재료에 대한 관심이 많아지고 있는 가운데 티타늄금속은 앞으로 다양한 분야에서 문제를 풀어나갈 수 있는 재료이다. 이에 본 연구에서는 티타늄금속을 아트, 디자인분야에서 활용할 수 있도록 그 방법을 연구하였다. 이번 연구는 물과 먹만을 사용하여 그림을 그리는 기법인 수묵기법을 티타늄양극산화법에 응용하여 새로운 구조색발색법을 개발하려 하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째 구조색 수묵발색기법은 티타늄표면상태에 따라서 보이는 색이 다를 수 있다. 둘째 구조색 발색시 티타늄판 표면에 붓 접촉시간에 따라서 발색되는 색이 다르다. 이때 주의할 점은 붓에 충분하게 전류를 흐를 수 있도록 전해액인 먹이 충분하게 묻어 있어야 하며 붓의 끝부분이 전류가 제일 잘 흐르는 구조로 되어 있어 끝부분을 사용하면 더 섬세하게 그림을 표현할 수 있었다. 셋째 기존 양극산화법에서 사용한 인산1%의 전해액보다 먹을 사용하면 그림의 경계선이 뚜렷하며 표현하는 그림의 형태확인이 가능하며 발색작업이 용의하다. 단 사용하는 먹의 점성에 따라서 차이는 있을 수 있다. 넷째 붓으로 발색시에 중첩으로 칠을 했을시에 이전 발색 된 부분의 색은 다음으로 높은 전류로 발색한 색으로 바뀌는 것을 알았다. 이번 연구를 통하여 수묵기법을 응용한 양극산화법의 발색기법의 가능성을 알았으며 현재 티타늄회사와 제작 중인 디자인 작품에 적용하여 실제 디자인 응용모델을 만들고 앞으로 지속적인 티타늄 구조색 발색기법의 필요성을 제시하려 한다.

참고문헌

1. 오쿠라 시게타로, 자연계에서 보이는 구조색, 광학신광출판사, 2002
2. 현용택, 이용태, 티타늄의 착색 및 응용기술, 기술현화분석, 1993
3. J Edwards, Coating and Surface Treatment Systems for Metals, Finishing Pub. Ltd and ASM Inernational, 1997
4. KOBELCO, TITANIUM, 1998, p11 5. 기술현황분석, 한국기계연구원, 1993, p.132
5. 기술현황분석, 한국기계연구원, 1993, p.132
6. ttps://www.mako-metal.com/archives/2624
7. https://car-me.jp/custom/articles/3769
8. ㈜호리에, 카타로그 2004
9. 日刊工業新聞、表面処理の本, 2009