

## 바이어스 인가 방식에 의한 컬러 화강석 제조에 관한 연구

박종국<sup>1</sup>, 신홍직<sup>1</sup>, 최원석<sup>1,a</sup>, 한재찬<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 한밭대학교 전기공학과

<sup>2</sup> 일솜 주식회사

### A Study on the Color Granite Fabrication by Bias Enhancement Method

Jong Kug Park<sup>1</sup>, Hong-Jik Shin<sup>1</sup>, Won Seok Choi<sup>1,a</sup>, and Jae Chan Han<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Electrical Engineering, Hanbat National University, Daejeon 34158, Korea

<sup>2</sup> ILSOM Co., Ltd., Daejeon 34028, Korea

(Received February 10, 2016; Revised February 25, 2016; Accepted March 8, 2016)

**Abstract:** In this study, we investigated the color change of the normal light gray granite as the high value color granite. By coating the metal catalyst liquid on the surface of granite stone, the metal particles were penetrated into the granite and the color of granite was changed permanently through the annealing treatment. To increase penetration depth into the granite, we used DC (direct current) bias. Two kinds of bias were used such as DC bias and pulse DC bias. And the penetration time was changed as 30 and 60 min. In all cases, the color granite were successfully obtained. Regardless of the catalyst reaction time, the penetration depth was increased by using the bias treatment. We obtained a penetration depth of 21 mm with the DC pulse bias during 60 min.

**Keywords:** Granite, Color stone, Electric field, DC bias, Metal nano-particle.

#### 1. 서 론

매장량, 생산량이 풍부한 무채색계 석재를 고부가가치의 컬러석재로 변환하려는 많은 시도가 그동안 있었으나 인조 석재를 제외하고 현재까지 성공한 사례가 없다 [1-3]. 염료 및 안료 등을 사용하여 색을 바꾸는 것은 석재 전체에 침투가 어렵고 설사 염색되더라도 시간이 지나면서 탈·변색, 색 묻어남 현상 등으로 인해 건축 내외장재로 사용함에 제약이 있다 [4,5]. 회백색 화강석을 원하는 색상으로 영구히 변화시키는 기술을 확보한다면 국내 석재시장에 큰 변화

를 줄 것이다.

본 연구에서는 저가의 회백색 화강석을 컬러석재로 영구히 변환시키는 기술을 제시하였다. 회백색 화강석에 액상 금속촉매를 반응시켜 금속 나노입자를 화강석 내부로 침투시킨 뒤 열처리를 통해 컬러 석재를 제조하는 방식이다. 화강석 내부로의 촉매 투입을 위해 일반적으로 자연적인 젖음 방식을 활용한다. 그러나 이러한 방식은 액상 촉매가 자연적으로 화강석 내부로 스며드는 방식이기에 반응속도가 느린 단점을 갖는다. 따라서 본 연구에서는 화강석에 전계를 인가하여 금속 나노입자의 화강석 내부로의 침투 깊이 변화를 확인하였다. 바이어스 인가시 바이어스 종류에 따른 영향과 반응시간에 따른 영향 등을 종합적으로 관찰하였다.

a. Corresponding author; wschoi@hanbat.ac.kr

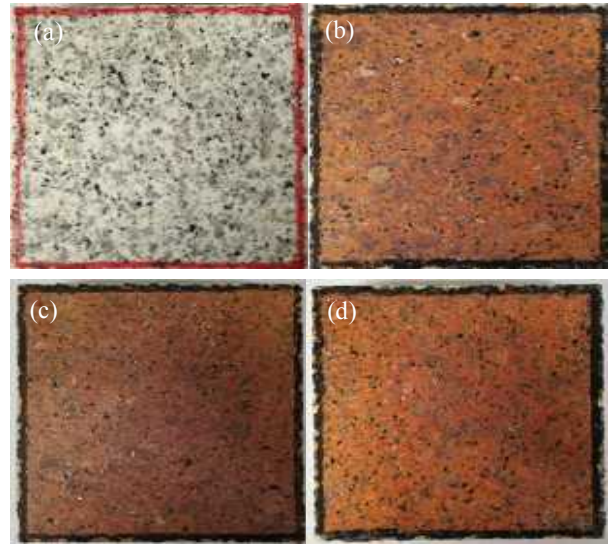
## 2. 실험 방법

컬러 화강석 제작에는  $100 \times 100 \times 30 \text{ mm}^3$  크기의 건조된 회백색 거창석을 사용하였다. 먼저, 회백색 화강석에 금속 나노입자로 구성된 무기촉매 용액을 반응시킨다. 촉매의 종류에 따라 화강석 색상이 달라지며 본 실험에는 붉은색 촉매를 사용하였다. 바이어스 전압 인가에 따른 금속 나노입자의 침투 깊이 차이를 확인하기 위해 바이어스 바이어스를 인가하지 않은 경우, 900 V의 DC (direct current) 바이어스 전압을 인가한 경우와 펄스(pulse) DC 바이어스를 사용한 경우로 구분하여 변화를 관찰하였다. 또한 화강석 표면에 용액을 도포 후 화강석 내부로 침투시키는 시간을 30분과 60분으로 구분하여 수행하여 침투시간에 따른 변화를 확인하였다. 금속 나노입자 용액은 8 ml로 고정하였고, 3분마다 1 ml를 도포해주었다. 제작된 컬러 화강석을 단면으로 절단하여 제작 방식에 따른 침투 깊이의 변화를 확인하였다.

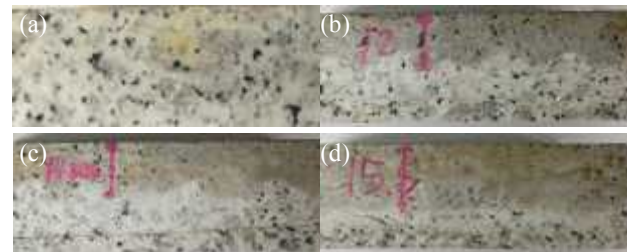
## 3. 결과 및 고찰

그림 1은 전계방식에 따른 석재의 표면 사진이다. 그림 1(a)는 일반적인 회백색 화강석의 표면 사진이며, 그림 1의 (b), (c), (d)는 금속 나노입자를 침투시킨 화강석의 표면 이미지이다. 바이어스 인가 여부에 관계없이 금속촉매를 사용한 모든 경우 화강석 표면이 붉은 빛을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 30분 동안의 금속촉매 반응을 통해 화강석 내부로 침투한 금속 나노입자의 침투 깊이를 측정하기 위해 제작된 석재의 단면을 절단하였다.

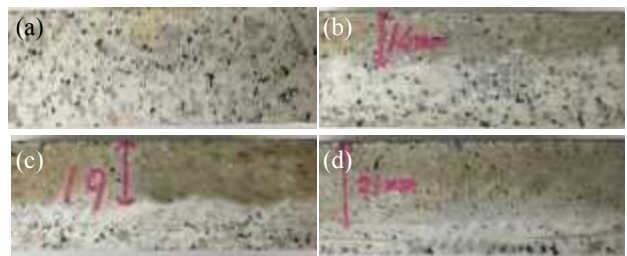
그림 2 (a)는 일반적인 화강석의 단면사진이며, 그림 2 (b)는 금속촉매 반응시 바이어스를 인가하지 않은 화강석의 단면 사진으로 침투 깊이는 12 mm로 측정되었다. 그림 2 (c), (d)는 촉매의 침투 과정에서 각각 900 V의 DC 바이어스 전압, 펄스 DC 바이어스 전압을 인가한 화강석의 단면이미지이며 침투깊이는 각각 14, 15 mm로 측정되었다. 바이어스 전압을 인가한 경우 모두 침투 깊이가 향상되는 것을 확인하였고 특히 펄스 DC 바이어스 전압을 인가한 경우 가장 침투가 잘되는 것을 확인하였다. 반응시간에 따른 금속 나노입자의 침투 깊이 변화를 확인하기 위해 반응시간을 증가시켜 60분 동안 진행하였다. 바이어스 유무와 종류에 따른 단면 사진을 그림 3에 정리했다.



**Fig. 1.** Surface image of granite according to the bias type; (a) raw granite, (b) no bias, (c) DC bias, (d) pulse DC bias.



**Fig. 2.** Cross-sectional image of granite (reaction time is 30 min.) according to the bias type; (a) raw granite, (b) no bias, (c) DC bias, (d) pulse DC bias.



**Fig. 3.** Cross-sectional image of granite (reaction time is 60 min.) according to the bias type; (a) raw granite, (b) no bias, (c) DC bias, (d) pulse DC bias.

촉매 반응시 바이어스를 인가하지 않은 경우, 900 V의 DC 바이어스를 인가한 경우, 펄스 DC 바이어스를

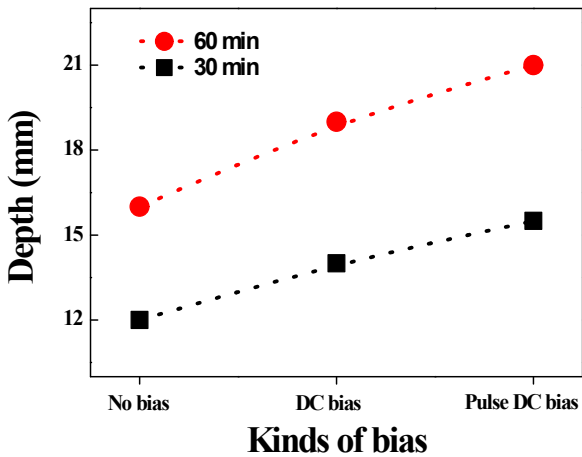


Fig. 4. Penetration depth according to the kinds of bias and injection time.

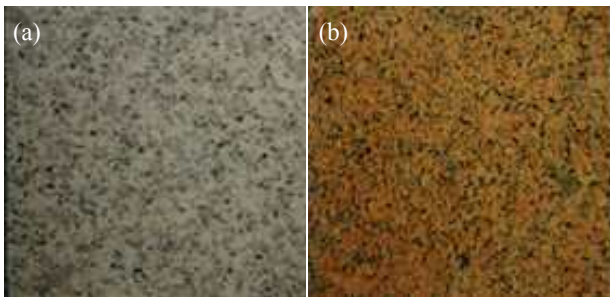


Fig. 5. Before and after the experiment; (a) raw granite and (b) color granite after the experiment.

인가한 경우 침투깊이는 각각 16, 19, 21 mm로 측정되었다. 60분 동안의 금속촉매 반응을 통해 화강석 내부로 침투한 금속 나노입자의 침투 깊이는 모든 조건에서 30분의 경우보다 향상되었으며 60분의 경우에도 펄스 DC 바이어스의 경우 가장 침투가 잘되었다.

바이어스 종류와 반응시간에 따른 금속 나노입자의 침투깊이를 그림 4에 정리하였다. 바이어스 유무에 관계없이 금속촉매의 반응시간이 증가할수록 금속나노입자의 침투 깊이가 향상 되었으며, 촉매 반응시간에 상관없이 바이어스 인가시 침투 깊이가 향상되었다. 바이어스를 인가한 경우 DC 바이어스보다 펄스 DC 바이어스를 사용한 경우 침투가 잘되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 액상의 금속 나노입자가 극성을 띠기 때문에 바이어스를 인가한 경우 화강석 내부로 침투가 용이하다는 것을 말해 주며 한 방향 만으로의

DC 바이어스보다 전계의 방향이 교차하는 펄스 DC 바이어스의 경우 극성을 띤 금속 나노입자의 침투가 용이하다는 것을 의미한다. 일반적인 회백색 화강석과 본 연구를 통해 제작된 표면 연마가 끝난 컬러 화강석 사진을 그림 5에 정리하였다.

#### 4. 결론

회백색 화강석의 색상을 영구히 변환시키기 위해 액상 금속촉매를 화강석 표면에 반응시켜 화강석 내부로 금속 나노입자를 침투시키고 소성을 통해 컬러 화강석을 제조하는 방식을 사용하였다. 금속 나노입자의 침투 깊이 향상을 위해 본 연구에서는 DC 바이어스와 펄스 DC 바이어스의 두 가지 종류의 바이어스를 사용하였고 종류에 관계없이 바이어스를 사용한 경우 금속 나노입자의 침투깊이가 향상되는 것을 확인하였으며, 특히 펄스타입 DC 바이어스를 사용한 경우 가장 침투가 잘되었다. 본 연구를 통해 확보된 전계인가 방식에 의한 컬러 화강석 제조방법은 장치가 간단하여 양산에 바로 활용가능한 방식이기에 향후 컬러 화강석 시장에 파급효과가 클 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 산학연협력기술 개발 사업(과제번호: C02980040100432669)의 연구수행으로 인한 결과물이며 이에 감사드립니다.

#### REFERENCES

- [1] S. S. Han, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, **9**, 173 (2007)
- [2] J. H. Kim, *Master. Thesis, Hongik University*, 29 (2012)
- [3] J. S. Sohn, B. G. Kim, C. K. Kim, *J. of Korean Inst. of Resources Recycling*, **4**, 4 (1995)
- [4] S. D. Hong, Y. K. Hong, S. H. Son, S. W. Sim, *Art and Design Review*, **6**, 295 (2001)
- [5] W. G. Park, S. R. Kim, N. H. Heo, K. W. An, and S. K. Oh, *Journal of Korean Recycled Construction Resources Institute*, **8**, 41 (2013)