

# Vacuum Metal Deposition으로 현출된 Empty Print를 Cyanoacrylate Fuming로 개선하는 방법에 관한 연구

## A Study on How to Improve Empty Print to Cyanoacrylate Fuming Developed by Vacuum Metal Deposition

이원영, 김유진, 이문희, 유제설  
순천향대학교 법과대학원

Wonyoung Lee(lwyyuuu@gmail.com), Youjin Kim(ruzhen52@naver.com),  
Munhee Lee(moonhee0805@naver.com), Jeseol Yu(haplf@naver.com)

### 요약

VMD 금/아연 기법은 금의 탁월한 전·연성을 이용함으로써 비다공성 표면에서 잠재지문을 현출할 수 있는 매우 민감한 기법으로 알려져 있다. 그러나 이 기법은 empty print 현상으로 인해 지문을 관찰할 수 없는 경우가 발생하며, 그 발생 원인에 대해서는 추측만 있을 뿐 명확하게 알려진 바 없다. 본 연구에서는 empty print의 발생 요인으로 추측되는 지문의 신선도와 기법의 민감도에 대해 실험하고, 이를 바탕으로 empty print에서 지문을 재현출하기 위해 CA 훈증법 후처리를 제안한다.

■ 중심어 : | 지문 | 진공금속증착법 | CA 훈증법 | 공지문 | 법과학 |

### Abstract

Vacuum metal deposition(VMD) using gold and zinc is known as a very sensitive technique of developing latent fingerprints on nonporous surfaces by excellent malleability and ductility of gold. However, VMD produces empty print which cannot be identified. There is only presumption about the cause of occurrence of empty print, the exact cause is not known.

In this study, we experiment on the freshness of fingerprints and sensitivity of techniques that are estimated as the factors causing empty print, based on this, we suggest cyanoacrylate fuming is effective to redevelop empty print.

■ keyword : | Fingerprint | VMD | CA Fuming | Empty Print | Forensic Science |

## I. 서 론

비다공성 표면에서 잠재지문을 현출하기 위해 분말법, cyanoacrylate(CA) 훈증법, vacuum metal deposition(VMD) 기법 등 다양한 기법들이 적용되고 있다. 그 중 VMD 기법은 금과 아연을 이용하며, 금의 뛰어난 전·연성으로 인해 다른 기법으로는 현출하기 어

려운 잠재지문에도 효과적인 기법으로 알려져 있어 잠재지문을 현출하기 어려운 표면이나 오래된 지문에 서도 분말법이나 CA 훈증법보다 우수한 현출 결과를 보인다[1][2].

N. Jones 외(2001)의 연구에 의하면 VMD로 지문을 현출하기 전에 CA 훈증법으로 전처리를 한다면 PET나 PVC 표면에서 지문을 현출하는데 도움이 된다고 한다

\* 본 연구는 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행하였음.

접수일자 : 2021년 07월 27일  
수정일자 : 2021년 11월 17일

심사완료일 : 2021년 11월 19일  
교신저자 : 유제설, e-mail : haplf@naver.com

[3]. H. Grant 외(1996)의 연구에 의하면 VMD는 다른 기법보다 감도가 뛰어나며 남겨진지 오래된 지문과 극한 환경에 노출된 지문에서도 효과적이며[4], N. E. Masters 외(1996)의 연구에서는 남겨진지 2년이 지난 지문에서 CA 혼증법보다 VMD가 우수한 감도를 보인다고 보고하였다[2].

A. H. Misner(1992)의 연구에서는 5개 종류의 polyethylene 표면에 VMD 기법을 적용했을 때 식별 가능한 잠재지문을 평균 17% 이상으로 현출할 수 있었으며[5], J. Flynn 외(1999)의 연구에서는 polymer 지폐에 형광분말, CA 혼증법, VMD, 4-Dimethylaminocinnamaldehyde (DMAC), physical developer(PD)를 적용하여 현출력을 비교한 결과, polymer 지폐 같은 반다공성 표면에서 VMD가 가장 효과적이라고 보고되었다[6].

그러나 1차 금속인 금으로 만들어진 층(layer)이 수 nm에 이를 정도로 매우 얇기 때문에 발생하는 문제도 있다. 지문이 매우 신선하여 융선(ridge) 부분뿐만 아니라 고랑(furrow) 부분에도 지문을 구성하는 물질이 남겨지는 경우 손자국만 나타나고 융선은 식별되지 않는 empty print 현상이 나타날 수 있다[3]. empty print의 원인에 대해서는 명확하게 규명된 바 없으나, 지문이 매우 신선한 경우 또는 표면의 특성 때문에 1차 금속인 금이 제대로 층을 형성하지 못할 경우에 주로 발생하는 것으로 보고 있다[7].

잠재지문은 현출 기법을 적용하기 전까지 그 신선도나 지문 구성 물질의 양 등을 알 수 없기 때문에 여건에 따라서 가장 현출 효과가 뛰어난 기법을 우선적으로 적용하는 것이 이론에 부합한다. 그래서 비다공성 또는 반다공성 표면에는 CA 혼증법이나 분말보다 VMD를 적용하는 것이 더 좋은 결과를 도출할 수 있는 방법이라고 할 수 있다. 그러나 지문이 비교적 신선한 상태라면 empty print 상태로 현출될 수 있기 때문에 VMD를 다른 기법보다 먼저 선택하는 것이 좋지 않은 결과로 이어질 수 있다. 상대적으로 VMD보다 현출효과가 적은 CA 혼증법을 적용한 이후 VMD 기법을 사용하였을 때 추가적인 디테일을 얻을 수 있다[2][8]. 그러나 이때 VMD 기법이 현출하는 것은 잠재지문이 아닌 중합 반응이 완료된 cyanoacrylate임이 확인되었으며 [9-11] 이미 현출된 지문의 세부적인 특징들을 잃을 위

험성이 높다[2]. 신선한 지문에 VMD를 적용한 것으로 인해 발생한 empty print의 문제를 해결하기 위해서 추가적으로 금과 아연을 증착시키는 방법도 제시되었다[7]. 그러나 이 방법은 한 번 처리할 때 최소 30분 이상 소요되며, 잠재지문에 존재하는 유류물 양을 알 수 없기 때문에 하나의 empty print에 수회 반복하여 금과 아연을 증착시키더라도 항상 좋은 결과를 얻게 되는 것은 아니다.

본 연구에서는 VMD 기법 적용에 의하여 empty print가 발생한 경우 CA 혼증법을 사용하여 융선을 시각화하는 방법에 대해 실험하였다.

## II. 실험방법

### 1. 재료 및 기기

검체로 사용한 표면은 유리(Dwk life sciences, Germany), 스테인리스(Myian, Korea), 타일(Sheetline, Korea), 플라스틱(Daehyun hitech, Korea)을 사용하였다. VMD 기법은 VMD system(Theone science, Korea)을 사용하였으며, VMD 기법에 사용한 금속은 99.99% 순금, 아연(Samchun, Korea)을 사용하였다. Cyanoacrylate fuming(CA 혼증법)을 위한 chamber로는 HEVA-1410(Altlight, Korea)를 사용하였으며, 순간접착제는 Amos 402(Amos, Korea)를 사용하였다. 촬영은 Laowa 60 mm macro lens(Venus Optics, China)를 장착한 D5300 카메라(Nikon, Japan)를 사용하였다. 동축조명촬영(Episcopic co-axial illumination)은 CPII100(Altlight, Korea)을 사용하였다.

### 2. 지문유류 및 보관

지문 유류는 20대 성인 3명(남자 1명, 여자 2명)이 참여하였다(IRB number: 1040875-202105-SB-043). 실험에 사용된 지문은 자연지문과 기름지문이다. 자연지문은 손을 씻고 일상생활 후 30분 간격으로 남겨진 지문이며, 기름지문은 손을 씻은 다음 코나 귀 뒤를 문질러 손끝에 기름을 묻혀 표면에 남긴 지문이다.

실험 1에서는 자연지문을 유리에 유류하였고, 최소 1일에서 최대 21일 이상 실험실 환경에서 상온 보관하

였다. 실험 2에서는 4가지 표면(유리, 스테인리스, 타일, 플라스틱)에 기름 지문을 유류한 후 최소 1일 이상 실험실 환경에서 상온 보관하였다. Empty print를 의도적으로 발생시키기 위해서 유류물의 양이 많이 포함된 기름지문을 선택하여 실험에 사용하였다. 두 기법을 비교하는 실험에서는 비슷한 양의 지문 유류물에 대해 비교될 수 있도록 같은 재질의 표면 두 개를 나란히 붙인 후 맞닿는 지점에 하나의 지문을 남김으로써 각 기법을 적용할 반쪽 지문을 남겼다.

### 3. 기법 적용

VMD 기법은 금/아연을 증착시키는 방법을 사용하였으며, 금 0.0006 g과 아연을 순차적으로 증착하였다. VMD 기법을 적용함에 있어서 증착시키는 아연의 양은 정해져있지 않다. 지문마다 시각화되는 정도가 다르고 그것을 위해서 증착되는 아연의 양도 다르기 때문이다. VMD 기법 재증착 시 처음 증착한 금 양의 1.5~2배의 금을 사용해야 함을 참고하여[7], VMD 기법 재증착은 금 양을 0.0012 g으로 늘렸고 이 과정은 최대 3번까지 반복되었다. CA 훈증법은 챔버 내의 상대습도를  $80 \pm 2\%$ 로 조절한 후 순간접착제 2g을 160℃로 가열하여 25분간 처리하였다.

### 4. 사진 촬영

타일과 플라스틱 표면에 CA 훈증법을 처리한 검체는 동축조명시스템(episcopic co-axial illumination)을 사용하여 촬영하였고, 이외의 검체들은 모두 60 mm 접사 렌즈를 장착한 D5300 카메라로 촬영하였다.

### 5. 지문 평가

기법 간 현출된 지문의 비교와 디테일을 평가하기 위해 관련 석사학위를 취득한 5명이 지문을 평가하였다. 지문 평가 방법은 International print research group(IFRG)의 가이드라인을 참고하였다[12]. 두 기법 간의 상대적인 비교를 위해 University of Canberra(UC)에서 제시한 평가 방법[표 1]을 사용했고, 융선의 디테일 확인을 위해 Scientific working group on friction ridge analysis study and technology(SWGFASST)에서 제시한 평가 방

법을 사용하여 평가하였다[표 2].

표 1. 지문 품질에 대한 상대평가를 위한 UC(University of Canberra) Scale

점수	정의
+2	오른쪽 지문은 왼쪽 지문보다 훨씬 더 좋은 융선 디테일 및/또는 대조비를 나타낸다.
+1	오른쪽 지문은 왼쪽 지문보다 약간 더 좋은 융선 디테일 및/또는 대조비를 나타낸다.
0	해당 절반의 지문 간에 유의한 차이가 없음
-1	왼쪽 지문은 오른쪽 지문보다 약간 더 좋은 융선 디테일 및/또는 대조비를 나타낸다.
-2	왼쪽 지문은 오른쪽 지문보다 훨씬 더 좋은 융선 디테일 및/또는 대조비를 나타낸다.

표 2. 지문 품질에 대한 절대평가를 위한 SWGFASST Scale

품질	
Low (1점)	지문의 Level 1 문형이 잘 구분되지 않는다. 대부분의 Level 2 특징점이 모호하다. Level 3 디테일은 구분되지 않는다.
Medium High (2점)	지문의 Level 1 문형이 구분된다. Level 2 특징점이 거의 나타나지 않는다. Level 3 디테일은 거의 보이지 않는다.
Medium Low (3점)	지문의 Level 1 문형이 뚜렷하게 구분된다. 대부분의 Level 2 특징점이 구분된다. 극소수의 Level 3 디테일이 보인다.
High (4점)	지문의 Level 1 문형과 Level 2 특징점이 뚜렷하게 구분된다. Level 3 디테일까지 충분히 나타난다.

## III. 실험결과 및 고찰

### 1. 시간 경과에 따른 empty print의 발생빈도

비다공성 표면에 남겨진 지문 구성 물질은 시간이 지날수록 점점 사라진다[13]. Empty print가 신선한 지문과 구성 물질이 풍부한 지문에서 발생한다고 알려져 있으므로[7], empty print는 유류된 지 오래된 지문일수록 발생비율이 적을 것이라고 판단되어 이를 확인하기 위해 실험을 진행하였다.

유리 표면에 남겨진 자연지문을 1일, 7일, 14일, 21일, 28일 이상 총 5가지 조건으로 상온에 보관했으며, 각 조건별로 21개의 지문에 VMD 기법을 적용하였다. 그 결과, 1일에서 4개, 7일에서 3개, 14일에서 3개의 empty print가 발견되었으나 21일, 28일 이상 보관된 지문에서는 empty print가 발생하지 않았다. 이를 통해 지문이 신선할수록 empty print 발생 빈도가 높다는 사실을 확인할 수 있었다.

## 2. 기법의 감도가 empty print의 발생에 미치는 영향

VMD 기법의 감도가 empty print의 발생 요인 중 하나인지 확인하기 위해 2개의 유리 표면을 나란히 붙여 맞닿는 지점에 하나의 기름지문을 유류한 후 각각 CA 혼증법과 VMD 기법을 처리하였다. [그림 1]을 보면 점선 내부 영역에서 CA 혼증법을 처리한 지문은 용선이 현출된 것을 확인할 수 있고, VMD 기법을 처리한 지문은 empty print 상태인 것을 알 수 있다. 점선과 실선 사이 영역에서는 CA 혼증법으로는 용선이 현출되지 않았고 VMD 기법으로는 용선이 현출되었다.

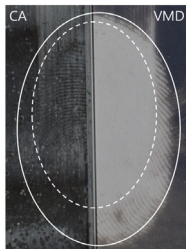


그림 1. 유리표면에 남겨진지 하루 된 기름지문을 CA혼증법(왼쪽)과 VMD 기법(오른쪽)으로 현출

Empty print의 형태를 구체적으로 보면 [그림 1]에서와 같이 유류 시 압력이 비교적 강한 지문의 중심 부분은 용선이 식별되지 않고 상대적으로 압력이 약한 지문의 바깥쪽 부분에서는 용선이 일부 현출된 것을 확인할 수 있었다. 지문이 구성 물질을 많이 포함하고 있을 때, 강한 압력으로 지문을 유류하게 되면 용선에 있는 물질들이 고랑으로 밀려나가는 경우가 발생할 수 있는데[14], 이런 이유로 신선한 지문은 용선뿐 아니라 고랑에도 지문 구성 물질의 일부가 남겨질 수 있고[그림 2],

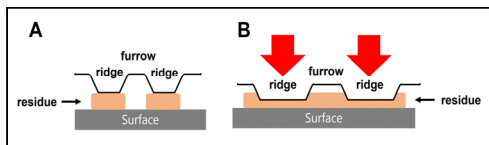


그림 2. 약한 압력으로 유류되어 용선(ridge)에만 남겨진 지문 유류물과(A) 강한 압력으로 인해 고랑(furrow)에도 남겨진 지문 유류물(B)의 형태 비교

이렇게 고랑에 남겨진 지문 구성 물질은 empty print 발생의 주요 원인이 된다. 이와 더불어 VMD에서는

empty print 상태로 현출된 지문이 CA 혼증법에서는 잘 현출된다는 사실도 확인할 수 있었다.

## 3. Empty print 문제 해결에 사용되는 기법 간의 비교

Empty print에서 지문을 현출하기 위해 CA 혼증법 후처리와 기존에 알려진 VMD 금/아연 재증착 기법을 비교하였다. VMD 기법에서는 최대 3번까지 재증착을 반복하였다. 표면의 영향을 고려하여 일상에서 자주 접할 수 있는 4종의 비다공성 표면을 함께 비교하였다. 실험 결과 금/아연 재증착에서는 추가적인 용선 현출이 관찰되기도 하나 재현성이 떨어졌다. 반면 CA 혼증법 후처리에서는 대부분 지문들의 품질이 개선되는 것을 확인할 수 있었다[그림 3].

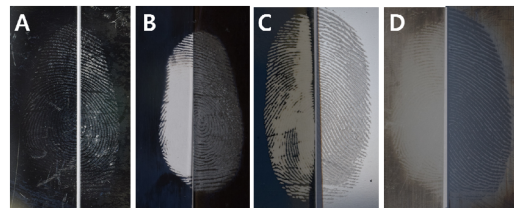


그림 3. 다양한 표면에서 발생한 Empty print를 금/아연 재증착(왼쪽)과 CA 혼증법(오른쪽) 후처리로 재현출한 결과 (A: 스테인리스, B: 유리, C: 타일, D: 플라스틱)

비교를 위해 상대적/절대적 평가를 각각 수행하였다. [그림 4]를 통해 상대적 평가에서 평균적으로 4개의 표면 모두 CA 혼증법이 더 높은 평가를 받은 것을 확인할 수 있었다 (스테인리스:  $X = 1.178, \sigma = 0.806$ ; 유리:  $X = 0.4, \sigma = 1.009$ , 타일:  $X = 0.71, \sigma = 0.89$ ; 플라스틱:  $X = 0.62, \sigma = 1.34$ ). [그림 5]를 통해 절대적 평가에서 평균적으로 4개의 표면 모두에서 CA 혼증법이 더 높은 평가를 받은 것을 확인할 수 있었다.

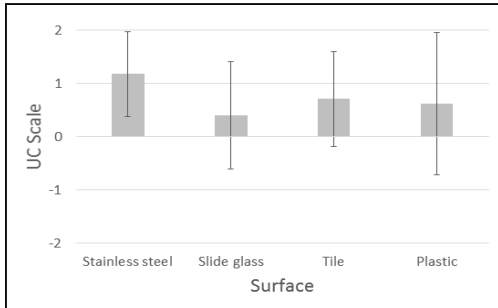


그림 4. UC scale을 통한 empty print에서의 VMD 기법 재증착과 CA 훈증법 후처리의 상대적 품질 비교, 양의 점수일수록 CA 훈증법 후처리, 음의 점수일수록 VMD 재증착으로 재현출한 지문의 품질이 좋음

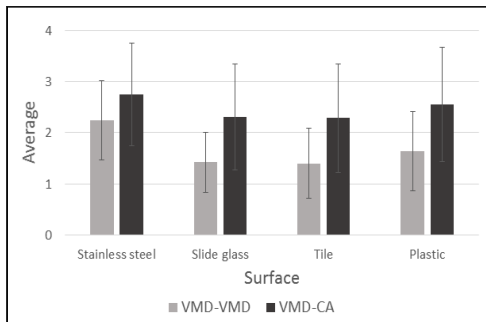


그림 5. SWGFAST Scale을 통한 empty print에서의 VMD 기법 재증착과 CA 훈증법 후처리의 절대적 품질 비교

#### IV. 결론

본 연구에서는 지문이 신선하고 구성 물질이 풍부할수록 empty print가 빈번하게 발생한다는 사실을 확인하였고 empty print 문제를 개선하기 위해 CA 훈증법 후처리를 적용하여 기존에 제시되었던 금/아연 재증착(또는 추가 증착)과 비교하였다. 그 결과 기존에 제시되던 금/아연 재증착 방법보다 본 연구에서 제시하는 CA 훈증법 후처리를 적용하는 시퀀스가 더 효과적인 empty print 문제 해결력을 보여주었다.

그러나 이 연구는 empty print가 발생하는 원인 중 하나를 실험적으로 밝히고 이에 맞는 개선책을 제시하였다. 추후 추가적인 empty print의 발생 요인에 대한 심층적인 분석과 이를 개선하기 위한 연구를 진행하여 empty print issue에 적절하게 대처할 수 있도록 해야 한다.

#### 참고 문헌

- [1] 김채원, 이나래, 김태원, 유제설, “플라스틱 봉투 표면에서 지문을 현출하기 위한 Vacuum Metal Deposition (VMD)과 분말법의 비교,” 한국분석과학회, 제33권, 제3호, pp.159-166, 2020.
- [2] N. Masters and J. DeHaan, “Vacuum metal deposition and cyanoacrylate detection of older latent prints,” *Journal of Forensic Identification*, Vol.46, No.1, pp.32-45, 1996.
- [3] N. Jones, D. Mansour, M. Stoilovic, C. Lennard, and C. Roux, “The influence of polymer type, print donor and age on the quality of fingerprints developed on plastic substrates using vacuum metal deposition,” *Forensic Science International*, Vol.124, No.2-3, pp.167-177, 2001.
- [4] H. Grant, E. Springer, and Z. Ziv, *Vacuum metal deposition inhibition on polythene bags*. In: *Almog J, Springer E, Eds., Proceedings of the International Symposium on Fingerprint Detection and Identification*, Hemed Press, 1996.
- [5] A. H. Misner, “Latent Fingerprint Detection on Low Density Polyethylene Comparing Vacuum Metal Deposition to Cyanoacrylate Fuming and Fluorescence,” *Journal of Forensic Identification*, Vol.42, No.1, pp.26-33, 1992.
- [6] J. Flynn, M. Stoilovic, and C. Lennard, “Detection and enhancement of latent fingerprints on polymer banknotes: A preliminary study,” *Journal of Forensic Identification*, Vol.49, No.6, pp.594-612, 1999.
- [7] R. Ramotowski, *Lee and Gaensslen's Advances in Fingerprint Technology*, CRC Press, 2013.
- [8] T. Kent, *Recent research on superglue, vacuum metal deposition and fluorescence examination*. Home Office Police Scientific Development Branch, Sandridge, 1990.
- [9] H. C. Lee, R. E. Gaensslen, *Advances in fingerprint technology*, CRC Press, 2001.
- [10] G. Batey, J. Copeland, D. L. Donnelly, C. L. Hill, P. L. Laturus, C. H. McDiarmid, K. J. Miller, A. H. Misner, A. I. Tario, and A. Yamashita, “Metal deposition for latent print development,” *Journal*

of Forensic Identification, Vol.48, No.2, pp.165-175, 1998.

- [11] B. J. Jones, R. Downham, and V. G. Sears, "Effect of substrate surface topography on forensic development of latent fingerprints with iron oxide powder suspension," *Surface and Interface Analysis*, Vol.42, No.5, pp.438-442, 2010.
- [12] J. Almog, A. A. Cantu, C. Champod, T. Kent, and C. Lennard, "Guidelines for the Assessment of Fingerprint Detection Techniques," *Journal of Forensic Identification*, Vol.64, No.2, p.174, 2014.
- [13] M. Stoilovic and C. Lennard, *NCFS Workshop Manual: Fingerprint Detection & Enhancement*, Canberra, 2012.
- [14] D. R. Ashbaugh, *Quantitative-qualitative friction ridge analysis: an introduction to basic and advanced ridgeology*, CRC press, 1999.

**저 자 소 개**

**이 원 영(Wonyoung Lee)** 정회원



- 2017년 2월 : 단국대학교 생명과학과(이학사)
- 2019년 8월 : 순천향대학교 법과학대학원 법과학과(법과학석사)
- 2019년 9월 ~ 현재 : 순천향대학교 일반대학원 법과학과 박사과정

〈관심분야〉 : 법과학, 지문

**김 유 진(Youjin Kim)** 준회원



- 2020년 2월 : 순천향대학교 생명시스템학과(이학사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 법과학과 석사과정

〈관심분야〉 : 법과학, 지문

**이 문 희(Munhee Lee)** 준회원



- 2020년 2월 : 부산대학교 스포츠과학부(운동학사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 법과학과 석사과정

〈관심분야〉 : 법과학, 지문

**유 제 설(Jeseol Yu)** 정회원



- 1998년 : 경찰대학교 법학과(법학사)
- 2007년 : 경북대학교 법의학교실 수사과학대학원 과학수사전공(과학수사학 석사)
- 2015년 : 경기대학교 범죄학과(범죄학 박사)
- 2009년 ~ 2011년 : 국립경찰대학

경찰학과 교수

- 2012년 1월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 부교수
- 〈관심분야〉 : 법과학, 지문