

The effectiveness of vacuum metal deposition in developing latent grip impression on fabrics

Bogil Seo, Soohyeon Choi, Yugyeong Jeon, and Je-Seol Yu[★]

Graduate School of Forensic Science, Soonchunhyang University, Asan 31538, Korea

(Received July 14, 2020; Revised October 8, 2020; Accepted December 8, 2020)

Vacuum metal deposition의 직물에 잠재된 그립흔에 대한 현출 효과

서보길 · 최수현 · 전유경 · 유제설[★]

순천향대학교 법과학대학원

(2020. 7. 14. 접수, 2020. 10. 8. 수정, 2020. 12. 8. 승인)

Abstract: A grip impression is evidence of contact between the assailant and victim in a case. The shape of the grip impression can be analyzed to reconstruct which part of the palm it contacted. This study explored whether the grip impression left on cotton, nylon, and polyester fabrics can be identified by vacuum metal deposition (VMD). The latent grip impression developed by VMD had limitations in personal identification, but a new possibility was found that could be used as evidence for crime-scene reconstruction.

요 약: 장문의 또 다른 형태인 움켜쥔 흔적(grip impression, 이하 그립흔)은 사건이 일어난 당시 가해자와 피해자 사이에서 일어난 접촉을 증명해주는 증거로, 그립흔과 함께 남겨진 지문의 형태와 위치를 보고 손바닥의 어느 부분이 닿은 것인지 유추할 수 있다. 본 연구에서는 cotton, nylon, polyester 직물에 유류된 그립흔을 vacuum metal deposition (VMD)로 현출하여 그립흔의 용선 디테일로 개인을 식별할 수 있는지에 대하여 연구하였다. 그 결과 VMD로 현출된 그립흔은 개인식별에 한계가 있었으나 현장 채구성의 단서로 사용할 수 있는 새로운 가능성을 발견하였다.

Key words: vacuum metal deposition (VMD), palm print, grip impression, fabric

1. 서 론

장문의 또 다른 형태인 움켜쥔 흔적(grip impression 또는 grab impression, 이하 그립흔)은 사건이 일어난 당시 가해자와 피해자 사이에서 일어난 접촉을 증명

해주는 증거이다. 장문은 손바닥 피부의 용선이 남겨진 흔적으로 지문과 동등한 증거가치를 지니고 있는데, 부분 장문의 경우에는 장문의 위치 또는 장문과 함께 남겨진 지문의 형태와 위치를 보고 손바닥의 어느 부분이 닿은 것인지 유추할 수 있다.¹⁾

[★] Corresponding author

Phone : +82-(0)2-1234-5678 Fax : +82-(0)2-1234-5678

E-mail : haplf@naver.com

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Bowman이 2004년에 저술한 ‘The manual of fingerprint development techniques’에는 의류나 직물에서 보이지 않는 지문이나 장문과 같은 흔적을 현출하기 위해 ‘확립된 프로세스’가 없다고 명시되어 있다.² 직물의 패턴과 직물이 가지는 흡수성이 지문이나 장문이 직물에 부착되는데 영향을 미칠 수 있으며, 직물의 유형은 유류물이 직물에 스며들거나 증발하는 정도에 영향을 미칠 수 있다. 특히 직물의 패턴은 지문 혹은 장문의 디테일을 가리거나, 없는 디테일을 만들 수도 있기 때문에 직물에서 지문 및 장문을 현출하는 것은 매우 어려운 일이다.³

VMD는 1960년에 처음 보고되었으며,⁴ 실험적인 의미에서는 1976년 Kent 연구진에 의해 최초로 사용되었다.⁵ VMD는 진공상태에서 금이나 아연과 같은 금속을 증발시켜 검체에 금속을 얇게 증착시킨다. 금속을 먼저 증발시켜 검체의 전체 표면에 증착시키는데, 금 입자는 잠재지문의 유류물 성분을 투과하여 검체 표면에 일종의 얇은 막을 형성한다. 금에 이어서 증발한 아연은 잠재지문의 표면보다 금 표면에 우선적으로 증착된다.⁶ 이것은 아연이 용선이 아닌 고랑(furrow)에 증착되었음을 의미하며,⁶ 일반적으로 VMD로 현출된 지문은 용선이 검체의 배경색, 골이 아연에 의한 어두운 회색을 띠는 상태로 현출된다.^{7,8}

최근 금/아연 VMD를 사용한 직물에서의 지문이나 장문의 현출이 보고되었고, 특히 매끄럽고 비다공성에 가까운 직물에서 더 많은 용선이 보인다는 사실이 알려졌다.^{3,9} Joanna et al.은 흰색 nylon, polyester, cotton에서 금/아연 VMD로 장문과 지문의 현출을 시도하였다.³ 그 결과 nylon과 같은 비다공성 직물에서는 일관되게 큰 용선 디테일이 관찰되었지만 cotton과 같은 다공성 직물에서는 용선 디테일이 없거나 손자국만 남아있었다. 그들은 연구 결과에 지문 및 장문 공여자

가 큰 영향을 미치는데, 공여자의 피부가 건조할수록 분비물이 적어 VMD의 효과가 떨어졌다고 보고하였다. Susan et al.은 검은색 polyester, satin, cotton에 남겨진 잠재 장문을 은(silver) VMD로 장문과 지문의 현출을 시도하였다.¹⁰ 그들은 polyester와 satin에서 장문이나 지문이 가장 효과적으로 현출되었고 특히 polyester에서는 종종 뛰어난 용선의 디테일이 관찰되었지만, cotton에서는 용선의 디테일은 관찰되지 않았다고 보고하였다.

선행 연구들에서는 직물에 장문을 유류하는 방법을 한 가지만 사용하였기 때문에 직물을 쥐는 방식에 따른 특이 패턴의 차이점에 대한 연구가 이루어지지 않았으며, VMD로 현출한 장문의 용선을 통하여 개인식별이 가능한지에 대한 연구도 아직까지 이루어지지 않았다. 따라서, VMD를 이용하면 어떠한 직물에서 그림흔 현출이 효과적이며, 그림흔을 유류하는 방법 또는 유류 후 경과 시간이 VMD 현출에 미치는 영향과 현출된 그림흔을 통해서 얻을 수 있는 정보에 대해 알아보았다.

2. 재료 및 방법

20대 남성 1명이 30분 동안 라텍스 장갑을 끼고 땀을 낸 뒤 10초 동안 직물에 그림흔을 유류하였다. 그림흔은 유류될 때마다 유류물의 양과 구성이 달라질 수 있으므로 상대적으로 유류물이 일정한 땀 그림흔을 유류하였다. 직물은 의복으로 흔하게 사용되는 cotton (100%), nylon (100%), polyester (100%)를 12 cm × 20 cm로 자른 뒤에 사용하였다. 그림흔은 체중을 실어 누르기 (press), 병 감싸쥐기 (bottle grip), 직물 움켜쥐기 (grip) 방법으로 직물에 유류하였으며 그림흔을 유류한 직물을 0, 1, 3, 5, 7, 14, 21, 28일 동안 암실

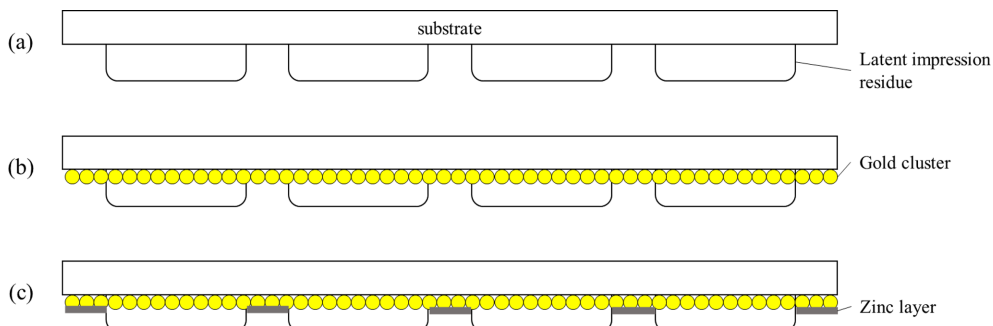


Fig. 1. The principle of latent impression developed with VMD: (a) latent impression residue deposited on substrate, (b) gold deposited on substrate, (c) zinc deposited on gold cluster.

Table 1. The grading scale of grip impression

Grade	Grade explanation
0	No development.
1	Weak development, evidence of contact but no grip impression.
2	The shape or crease of palm was developed.
3	Both the shape and the crease of palm were developed.
4	Full development; the ridge detail of palm was developed.

조건(25 ± 2°C, RH 60%)에서 숙성시켰다.

진공 금속 증착 장치는 VMD-System (더원과학, Korea) 제품을 사용하였다. Cotton과 polyester에서는 0.25φ 직경, nylon에서는 0.15φ 직경의 금을 1 mm를 사용하였고, 아연은 모든 직물에서 0.5 g을 사용하였다. 금과 아연은 각각의 thermal boat에 각각 넣어 작동시켰다. VMD 챔버 내 압력은 3 × 10⁻⁴ torr 이하로 유지하였다. 육안으로 관찰하였을 때 금이 모두 사라질 때까지 약 1분 정도 증발시켰으며, 아연은 용선의 디테일이 충분히 보일 때까지 증착시켰다.

모든 실험은 3회 반복하였다.

직물에서 관찰된 그립흔을 Table 1의 평가기준에 따라 지문 관련분야 전공자 34 명이 평가하였다.

3. 결과 및 토의

VMD는 숙성 기간이나 유류 방법에 따라 현출 품질이 일정한 경향을 보였다. Nylon의 경우 최대 1일 숙성된 검체까지, cotton과 polyester는 최대 21일까지 그립흔을 현출할 수 있었다. Fig. 2는 각 직물에서 현출된 그립흔을 평가한 평균 점수이고, Fig. 3는 VMD

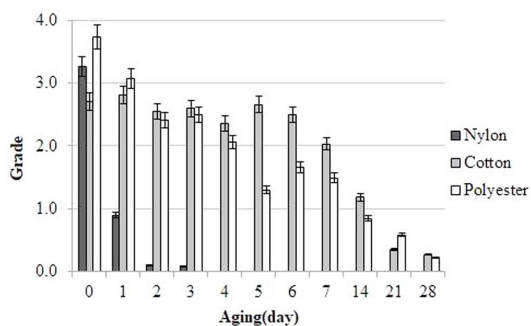


Fig. 2. Average grade of grip impressions developed by VMD.

로 현출한 결과이다. 모든 직물에서 신선한 그립흔(0일)이 효과적으로 현출되었고 nylon에서는 1일차부터 그립흔의 품질이 급격하게 떨어졌으며 cotton과 polyester에서는 7일차부터 그립흔의 품질이 천천히 떨어지는 경향이 나타났다.

Fig. 4-6은 직물 별로 현출된 그립흔에 대한 평가를 나타낸 것이다. Fig. 4는 nylon에서 현출된 그립흔을 유류 방법에 따라 각각 bottle grip(NB), grip(NG),

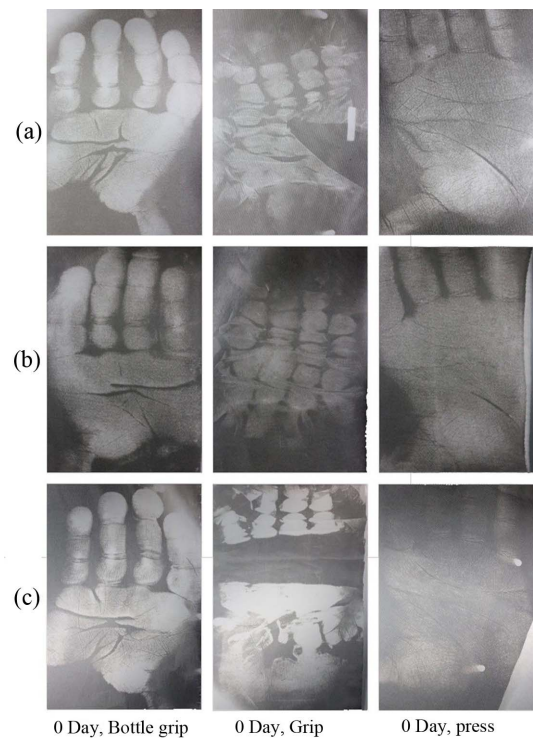


Fig. 3. Grip impressions developed by VMD; (a) nylon, (b) cotton, (c) polyester.

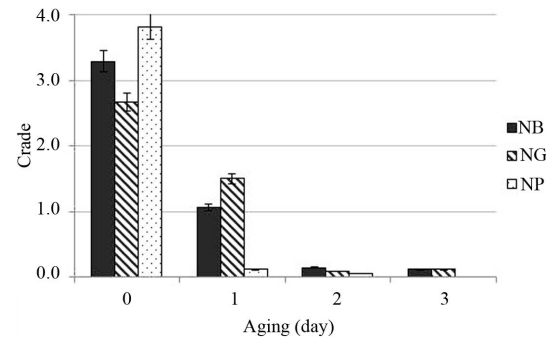


Fig. 4. Average grade according to method of grip by VMD; nylon – Bottle grip (NB), Grip (NG), Press (NP).

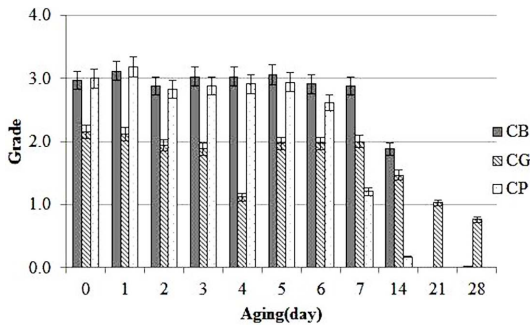


Fig. 5. Average grade according to method of grip by VMD; cotton – Bottle grip (CB), Grip (CG), Press (CP).

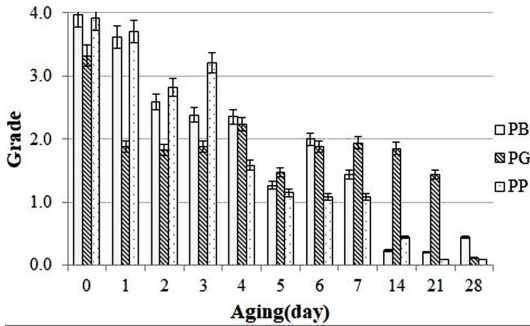


Fig. 6. Average grade according to method of grip by VMD; polyester – Bottle grip (PB), Grip (PG), Press (PP).

press (NP)로 분류하여 나타낸 것이다. 신선한 그림흔의 경우 NB와 NP 방법으로 유류되었을 때는 평균점수가 각각 3.3과 3.8 점으로 나타났고, NG의 경우에는 2.7 점이었다.

Fig. 5은 cotton에서 현출된 그림흔을 유류 방법에 따라 각각 bottle grip (CB), grip (CG), press (CP)로 분류하여 나타낸 것이다. CB와 CG 경우 7일차까지 숙성된 그림흔에서 각각 평균이 약 3.0 점과 2.0 점으로 나타났고, 14일차부터 서서히 그림흔의 품질이 감소되는 경향을 보였다. CP의 경우 6일차까지는 평균 약 2.9 점으로 나타났고, 7일차부터 품질이 급격히 감소하였다.

Fig. 6은 polyester에서 현출된 그림흔을 각각 bottle grip (PB), grip (PG), press (PP)로 분류하여 나타낸 것이다. PB의 경우 0~1일차까지는 평균 약 3.8 점으로 나타났고, 2~7일차 사이에서는 평균적으로 약 2.0 점의 품질이 유지되다가 14일차부터 급격히 품질이 감소하는 경향을 보였다. PG의 경우 신선한 그림흔을 제외하고 1일차부터 21일까지 평균 약 1.8 점의 품질을 보이다가 28일차부터 그림흔이 현출되지 않았다.



Fig. 7. Latent fingerprint developed on polyester (0 day, Press) by VMD.

PP의 경우 0~1일차까지 PB와 동일하였으며, 2~3일차에는 평균 약 3.0 점으로 나타났다. 4일차 이후로는 품질이 서서히 감소하여 21일차부터는 그림흔이 현출되지 않았다. 추가적으로 PP에서는 신선한 그림흔을 현출하였을 때 품질이 높은 지문을 얻을 수 있었다 (Fig. 7).

Joanna et al.은 nylon에서 뚜렷한 현출을 보이며 용선의 디테일이 관찰된다고 하였으나,³ 본 연구에서는 nylon 직물보다 polyester 직물에서 더 뚜렷한 현출을 보이며 용선의 디테일을 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 연구에 사용된 VMD 기기 및 직물의 다양성(제조사, 제조공정, 직조 등)에 따른 차이에 의한 것으로 사료된다. Cotton은 복잡한 용선의 디테일을 보여주기 부족할 수 있다는 Joanna 주장과 일치하는 결과를 얻을 수 있었다.

NG, CG, PG가 다른 유류 방법에 비하여 낮은 점수를 받은 이유는 현출된 그림흔이 일반적인 손의 형태를 띠고 있지 않았기 때문이다. 또한 지문 공여자가 직물을 잡았을 때 접히는 부분에는 손의 유류물이 부착되지 않아 그림흔이 현출되지 않았다.

4. 결론

세 종류의 직물에 유류된 움켜쥔 흔적(grip impression, 이하 그림흔)을 vacuum metal deposition (이하 VMD)로 현출하여 그림흔의 용선 디테일로 개인을 식별할 수 있는지 알아보기 위하여 연구를 진행하였다.

금/아연 VMD를 사용하여 그림흔을 현출한 결과 유류 시간이 경과함에 따라 그림흔의 품질이 감소하는 경향을 보였다. Nylon에서는 신선한 그림흔에 한해서만 높은 품질의 결과를 얻을 수 있었다. Cotton에서는

높은 품질의 그림흔을 현출할 수 있었지만 세부적인 융선까지는 관찰할 수 없었다. Polyester에서는 신선한 그림흔에 한하여 세부적인 융선까지 관찰할 수 있었지만, 직물의 직조흔에 의한 간섭으로 인하여 특징점을 식별할 수준에 이르지 못하는 못하였다. 반면에 직물에서 현출한 그림흔은 손의 형태와 손금, 손가락의 방향을 통해 왼손과 오른손의 구별이 가능하였다. 따라서 그림흔이 현출된 부분과 현출된 그림흔의 형태를 이용하여 범죄 행위 당시의 상황을 재구성하는 데에 도움을 줄 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행되었음.

References

1. G. W. Choi, 'A study on the location and direction of ridge pattern on palm and sole, (M.Sc. Thesis)', Soonchunhyang University, Asan, 2018.
2. V. Bowman, 'Manual of fingerprint development techniques', 2nd Ed.. Luton: White Crescent, 2004.
3. F. Joanna, S. Keith, D. Paul, B. Stephen and H. B. David, *Forensic Sci. Int.*, **208**, 74-78 (2011).
4. D. S. Hambley, 'The physics of vacuum evaporation development of latent fingerprints(Ph.D. Thesis)', Royal Holloway, University of London, 1972.
5. T. Kent, G. L. Thomas, T. E. Reynoldson and H. W. East, *Journal of Forensic Science*, **16**, 93-101 (1976).
6. C. Lennard. 'The detection and enhancement of latent fingerprints', 13th INTERPOL Forensic Science Symposium (pp.16-19), Washington, D.C.: U.S. Department of Justice (2001).
7. N. Jones, M. Stoilovic, C. Lennard and C. Roux, *Forensic Science International*, **123**, 5-12 (2001).
8. C. Champod, C. Lennard, P. Margot and M. Stoilovic, 'Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions', Boca Raton: CRC Press, 2004.
9. F. Joanna, D. Paul, B. Stephen and H. B. David, *Science and Justice*, **54**, 133-140 (2014).
10. K. Susan, F. Joanna, S. Keith, D. Paul, B. Stephen and H. B. David, *Science and Justice*, **53**, 309-314 (2013).

Authors' Position

Bogil Seo : Graduate Student
 Soohyeon Choi : Graduate Student
 Yugyeong Jeon : Graduate Student
 Je-Seol Yu : Professor