

잠재지문 현출용 나노 은 분말의 표면개질에 대한 연구

김만기¹ · 최미정 · 전충현 · 박성우[★]

해군헌병단¹, 충남대학교 과학수사학과

(2010. 2. 17. 접수, 2010. 4. 5. 승인)

A study on surface modification of Ag powder for developing latent fingerprints

Man-Ki Kim¹, Mi-Jung Choi, Chung-Hyun Jeon and Sung-Woo Park[★]

¹Naval Military Police Group, Chungnam Gyeryong, 321-930, Korea

Dept. of Scientific Criminal Investigation, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea

(Received February 17, 2010; Accepted April 5, 2010)

요 약: Ag 분말 입자형태와 크기에 따른 효율성을 확인한 결과 flake, spherical 형태의 분말은 시판 회색 분말과 현출효율이 유사하였고, nAg (rod, 0.9 μm) 분말의 경우 다양한 잠재지문 현출효율 평가 실험에서 우수한 결과를 보였다. 그러나 1개월간 nAg 분말을 자연조건에서 방치하였을 때 분말의 산화 및 수분의 영향으로 현출효율이 낮게 확인되어 산화 및 수분 흡습 방지를 위한 연구가 제기되었다. 본 연구는 nAg 분말의 산화 및 수분 흡습의 단점을 보완하기 위해 nAg 분말에 실리콘 오일을 다양한 수준으로 표면개질하여 비다공성 대상물질 표면인 유리, 플라스틱에서 현출지문의 동일한 영역에서 특징점 수, 이랑과 분말의 흡착정도, 현출지문의 contrast 등으로 nAg 분말과 표면개질 nAg 분말의 현출효율을 평가하여 유리, 플라스틱 대상물질에서 DC200 실리콘 오일 0.5%로 표면개질한 nAg 분말의 우수함과 산화 및 수분 흡습의 단점을 보완할 수 있었다.

Abstract: In previous research, results on efficiency versus size and type of Ag particles showed similarity of detection efficiency comparing the particles of flake and spherical type with the gray particle on the market and in the case of nAg (rod, 0.9 μm) particle, relatively good results was given in the various evaluation methods for detection efficiency of latent fingerprint. However, oxidation was occurred when nAg particles laying on nature condition for a month and due to water absorption, detection efficiency was decreased. Therefore, with need to prevent oxidation and water absorption, more research is necessary. In this research, surface modification on nAg particles using silicon oil was conducted in various methods for complementing weakness of oxidation and water absorption. Then detection efficiency of nAg particles and surface modified nAg particles was evaluated by the number of feature points on the surface of non-porous materials (glass, plastic etc.) and degree of particle adhesion with ridges and contrast of detected fingerprint. Improvement of preventing oxidation and water absorption was given by surface modification using silicon oil (DC200, 0.5%) on the surface of non-porous materials.

Key words: latent fingerprint developing, surface modification, nAg powder

[★] Corresponding author

Phone : +82-(0)42-821-5240 Fax : +82-(0)42-822-5236

E-mail : swpark05@cnu.ac.kr

1. 서 론

사건현장에서 발견되어지는 지문과 장문은 현장감식 중에 용의자 및 관련자 개인식별에 있어서 중요한 의미를 가지고 있으며 감식하는 동안에 용선이 훼손되지 않아야 한다. 사건현장에서의 지문은 혈흔, 페인트, 오일 등으로 오염되어 육안으로 식별이 가능한 현재지문이거나 육안으로 식별이 불가능한 잠재지문으로¹ 존재하며 잠재지문의 현출은 대상물질에 비파괴적인 광학적 방법, 물리적 방법 또는 땀 중 특정 성분과 반응하여 발색을 나타내어 지문 용선을 확인 할 수 있는 화학적 방법의 현출법을 이용한다. 이 중 물리적 방법의 분말법은 범죄 현장감식에 있어 사용이 간편하고 현장적용성이 우수한 장점으로 가장 많이 사용되고 있으며 잠재지문이 유류되어 있는 대상물질의 바탕색을 고려한 색상대비를 증가시킬 수 있는 분말을 선택하여 사용하고 있다. 잠재지문을 현출하기 적합한 분말은 땀 성분, 수분 그리고 오염물질 등에 의해 지문이랑에 흡착되어 육안으로 식별이 가능한 원리로서 용선에 흡착되는 입자의 크기나 형태에 따라 현출효율에 영향을 미치는 것으로 보고한 바 있다.^{2,3}

최근 국내 · 외에서 잠재지문 현출용으로 사용되고 있는 분말은 형광성을 띄게 하고자 과일 껍질 및 키토산과 같은 유기물 식물성 재료를 기본으로 하고 형광물질인 퀀텀 닷 등을 응용하여 형광성을 강화하거나 현출이 어려운 가죽류, 생체피부 등에서의 최적 분말을 개발하는 등 분말의 개선연구를 지속하고 있다.^{4,9}

선행연구에서 Ag 분말을 액상환원법을 이용하여 나노와 마이크로 크기의 rod(막대형), flake(판상형), spherical(구형) 형태로 제조하여 분말 입자형태와 크기에 따른 대상물질에서의 잠재지문 현출효율을 확인하였으며 효율성의 결과 flake, spherical 형태의 분말은 기존의 시판 분말과 현출효율이 유사하였고, rod 형태 0.9 μm Ag 분말의 경우 우수한 현출효율을 확인하였으나,¹⁰⁻¹¹ 1 개월 nAg 분말을 방치시 산화와 수분흡수 영향으로 현출효율이 낮게 확인되어 산화 방지를 위한 연구의 필요성이 제기되었다.

본 연구는 잠재지문 현출제로 개발된 nAg 분말의 산화 및 수분 흡수의 단점을 보완하기 위해 실리콘 오일을 다양한 수준으로 조절하여 표면개질 nAg 분말을 제조하고 비다공성 표면 유리, 플라스틱에서 현출된 잠재지문의 특징점 수, 이랑과 분말의 흡착정도, 현출지문의 contrast 등으로 표면개질 분말의 현출효율을 평가하였다.

2. 실험

2.1. 기구 및 시약

표면개질 nAg 분말 제조에 사용한 시약으로는 실리콘 오일 DC1501, DC200(Dow Corning, Korea)은 그 외 시약은 특급이상의 제품을 사용하였고, 선행연구에서 제조한 nAg 분말과 현출효율을 비교하였다.

표면개질 nAg 분말 입자크기, 형태, 정량분석은 Field Emission Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (FE-SEM-EDS, JSM-7000F model)를 이용하였다. 동일한 잠재지문시료를 얻기 위해 로드셀(CAS, Korea)을 사용하여 실험에 사용하였고 잠재지문의 현출은 다람쥐 털(BVDA, Netherlands) 붓을 사용하였다. 현출한 잠재지문은 Digital Microscope (Keyence, VHX-100, Canada)로 280 배율에서 영상을 기록하고 현출효율을 비교하였고 contrast 값을 구하기 위해 Photoshop (Adobe Photoshop CS3, USA)을 사용하였다.

2.2. 지문시료 및 대상물질

지문시료는 30대 연령 남성의 오른손 엄지로 제삼문 형태이며, 대상물질인 유리슬라이드(Superior Lab, Germany), 플라스틱(Acrylic, Samkyung, Korea)에 1.2 kgf로 압착하여 잠재지문으로 사용하였다. 잠재지문 시료는 외부적인 요인과 실험적 오차를 감소시키기 위하여 10회 반복 실시하였으며 지문 유류에 관한 정보는 다음과 같다.

- 1) 먼저 손을 isopropanol로 세척하고 티슈(professional wipe, Kimberly-Clark)로 닦아 물기를 제거한 후 증류수로 세정하였다.
- 2) 에탄올로 손 전체를 문질러 세정하고 실온에서 건조하였다.
- 3) 온도 18~20°C, 습도 30-35%의 조건에서 얼굴이마, 코, 턱, 머리카락을 5회 만지는 등의 자신의 신체를 접촉한 후 유리슬라이드(75×25×1 mm), 플라스틱에 오른손 엄지의 전체지문이 나타날 수 있도록 압착하여 유류시켰으며 표준지문인 잉크지문은 십지지문 채취용 잉크인 Basic Postmortem Fingerprint Kit (Sirchie, USA)를 지문에 골고루 묻혀 종이에 10번 압착하고 동일하게 나타난 영역을 표준잉크지문으로 사용하였다.

2.3. 실험 방법

2.3.1. 표면개질 nAg 분말 제조

5 mM AgNO₃와 환원제인 0.1 M hydrazine을 각각

제조하고 0.1 M hydrazine 수용액에 Tween 20을 첨가하여 용해시킨 다음 AgNO₃ 수용액에 hydrazine과 Tween 20 수용액을 서서히 첨가시켜 Ag 입자를 생성시켰다. 이때 제조된 수용액은 콜로이드 상태이며 표면에 흡착된 계면활성제의 영향으로 용액 내 안정된 분산 상태로 존재한다. 용액중의 계면활성제를 제거하여 순수 Ag 분말의 획득을 목적으로 acetone을 이용하여 7,500 rpm에서 20분간 원심 분리시켜 Ag 침전물을 얻은 후 100 °C에서 24시간 건조 후 분쇄하여 rod 형태의 0.9 μm 분말을 제조하였다. 표면개질은 제조 nAg 분말 2 g에 ethanol 5 mL와 2종류 오일을 각각 0.25%, 0.5%, 1.0% 비율로 첨가하여 회전농축기에서 180 rpm, 온도 80 °C에서 교반하여 표면개질 nAg을 제조하였다.

2.3.2. nAg 분말과 표면개질 nAg 분말의 색상 및 수분의 영향

nAg 분말과 표면개질 nAg 분말의 색상변화는 유리에서의 현출지문을 온도 18-20 °C, 습도 20-35%의 환경에서 1개월 정도 노출하여 변화를 확인하였고, 수분의 영향은 M/W Moisture Analyzer (ELTRA, Germany)를 이용하여 각 분말 1.5 g를 105 °C에서 60분간 측정하여 흡수된 수분의 양을 정량하였다.

2.3.3. 잠재지문 현출효율 비교

1) 특징점 수

표준잉크지문에서 반복 유류되는 영역에서 3곳을 선정하여 특징점 수 확인한 결과 A영역 23개, B영역 28개, C영역 21개로 많은 특징점의 수와 다양성이 나타나는 B영역을 선정하여 효율성을 비교하였다(Fig. 1, Table 1).

2) Scattering

Scattering은 280배 현미경 확대관찰로 잉크지문에서 나타나는 여러 특징점 중 개시점(ridge starting)을 선정하여 분말현출제가 지문이랑에 흡착되는 정도와

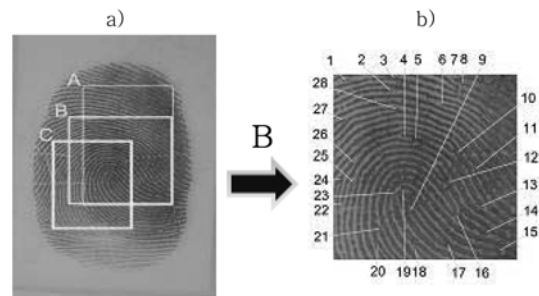


Fig. 1. a) Standard fingerprint b) Minutiae of standard fingerprint.

대상물질과의 흡착정도를 비교 확인하였다.

3) Contrast

현출지문의 이랑(ridges)과 고랑(furrows)의 색상밝기차이 측정실험은 Adobe Photoshop CS3를 이용하여 동일한 부분의 이랑과 고랑을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. nAg 분말과 표면개질 nAg 분말의 산화 및 수분의 영향

nAg 분말과 표면개질 nAg 분말의 외부노출에 대한 산화 및 수분의 영향을 확인한 결과 온도 18-20 °C, 습도 20-35%의 환경에서 1개월 정도 노출시 nAg 분말은 산화 및 수분흡수로 인해 색상이 변화하고 현출시 대상물질과 붓에 과도하게 흡착되어 용선 확인이 어려움을 확인하였고 반면 실리콘 오일로 코팅 한 표면개질 nAg 분말의 경우 색상 및 수분이 영향을 nAg 분말에 비하여 적게 영향을 받았다(Fig. 2, Table 2).

3.2. 표면개질 nAg 분말 분석 및 잠재지문 현출효율 비교

3.2.1. 분말 형태 및 성분분석

FE-SEM-EDS를 이용하여 nAg 분말, 표면개질 nAg 분말의 형태 및 크기 분석은 Fig. 3과 같다.

Table 1. Identification of minutiae in ink fingerprint

Area	Type of minutiae								Total point
	Dot	Bifurcation	Independent ridge	Ridge ending	Junction	Ridge starting	Lake	Delta	
A	-	-	-	8	7	8	-	-	23
B	1	1	-	10	8	8	-	-	28
C	-	-	-	8	8	4	1	-	21



Fig. 2. Color change of nAg and nAg surface modification. a) nAg b) nAg surface modification by DC1501 c) nAg surface modification by DC200.

Table 2. Moisture ratio of nAg and nAg surface modification

	nano Ag	nAg surface modification DC1501	nAg surface modification DC200
moisture(%)	0.16	0.13	0.12

nAg 분말은 rod 형태로 0.9 μm 의 나노크기로 입도분포가 균일하였으며, 표면개질 DC200과 표면개질 DC1501 nAg 분말은 nAg 분말과 형태 및 크기가 유사하였다. nAg 분말과 표면개질 nAg 분말 성분은 nAg 분말, 표면개질 DC200, 표면개질 DC1501 nAg 분말 모두 Ag 성분을 나타냈고 실리콘오일을 사용하여 표면개질에서는 적은 양으로 영향을 미치지 않았다.

3.2.2. 특징점 수

표준지문과 현출지문의 동일영역 B에서의 유리과 플라스틱의 현출지문과 특징점 수 확인결과를 Fig. 4, 5, Table 3에 나타내었다. 표준지문에서의 특징점 수는 점(Dot) 1개, 분기점(Bifurcation) 1개, 종지점

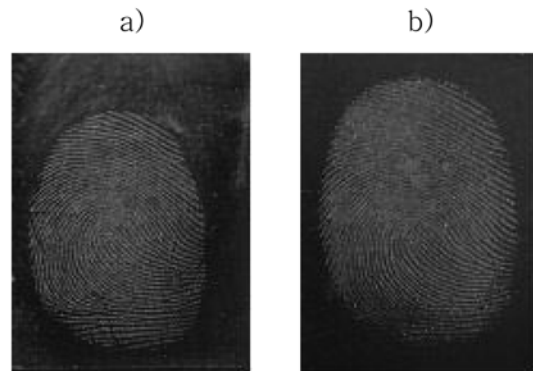


Fig. 4. Developing latent fingerprint on glass by powder dusting. a) nAg b) nAg surface modification DC200 0.5%.

(Ridge ending) 10개, 접합점(Junction) 8개, 개시점(Ridge starting) 8개 총 28개로 확인되었다. 유리의 경우 nAg 분말은 점 1개, 분기점 1개, 종지점 8개, 접합점 8개, 개시점 6개 총 24개로 86%였으며, 표면개질 DC1501 분말은 0.5% nAg 분말이 점 1개, 분기

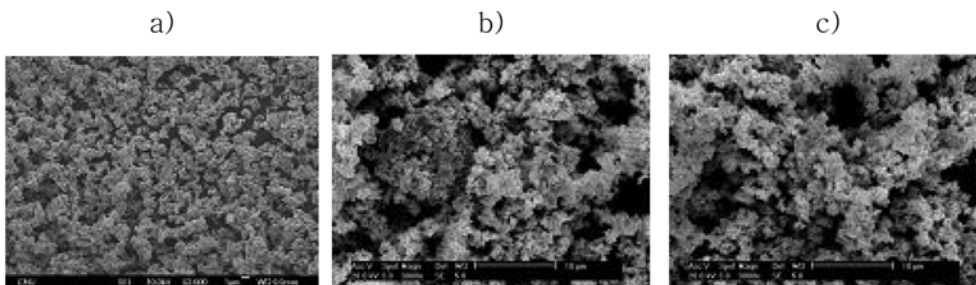


Fig. 3. FE-SEM images of powder($\times 3000$). a) nAg b) nAg surface modification by DC1501 c) nAg surface modification by DC200.

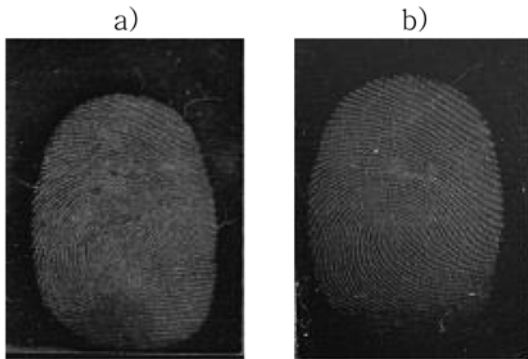


Fig. 5. Developing latent fingerprint on plastic by powder dusting. a) nAg b) nAg surface modification DC200 0.5%.

점 1개, 종지점 7개, 접합점 6개, 개시점 7개 총 22개로 표준지문에 비해 78%로 가장 많은 특징점 수를 보였고 표면개질 DC200 분말은 0.5% nAg 분말이

점 1개, 분기점 1개, 종지점 9개, 접합점 8개, 개시점 7개 총 26개로 표준지문에 비교하여 93%로 가장 많은 특징점 수를 확인하여 표준지문에 가장 근접한 특징점 수를 확인하였다. 플라스틱의 경우 nAg 분말은 점 1개, 분기점 1개, 종지점 9개, 접합점 8개, 개시점 7개 총 26개로 93%였으며, 표면개질 DC1501 분말은 0.5% nAg 분말이 점 1개, 분기점 1개, 종지점 6개, 접합점 7개, 개시점 7개 총 22개로 표준지문에 비해 78%로 가장 많은 특징점 수를 보였고 표면개질 DC200 분말은 0.5% nAg 분말이 점 1개, 분기점 1개, 종지점 9개, 접합점 9개, 개시점 7개 총 26개로 표준지문에 비교하여 93%로 가장 많은 특징점 수를 확인하여 표준지문에 가장 근접한 특징점 수를 확인하였다.

3.2.3. Scattering

현출제의 지문용선 및 대상물질과의 흡착정도를

Table 3. Identification of minutiae in latent fingerprint developing in B area

	Type of minutiae					Total point	Detection efficiency (%)	
	Dot	Bifurcation	Ridge ending	Junction	Ridge starting			
Standard fingerprint	1	1	10	8	8	28	100	
Glass	nAg	1	1	8	8	6	24	86
	nAg DC1501 0.25%	-	-	4	3	2	9	32
	nAg DC1501 0.5%	1	1	7	6	7	22	78
	nAg DC1501 1.0%	-	1	7	6	5	19	68
	nAg DC200 0.25%	-	1	6	7	5	18	64
	nAg DC200 0.5%	1	1	9	8	7	26	93
	nAg DC200 1.0%	-	1	7	6	5	19	68
	nAg	1	1	9	8	7	26	93
	nAg DC1501 0.25%	-	-	6	4	5	15	54
	nAg DC1501 0.5%	1	1	6	7	7	22	78
Plastic	nAg DC1501 1.0%	1	1	7	6	6	21	75
	nAg DC200 0.25%	-	-	6	5	4	15	54
	nAg DC200 0.5%	1	1	9	9	7	27	96
	nAg DC200 1.0%	1	1	7	7	5	21	75

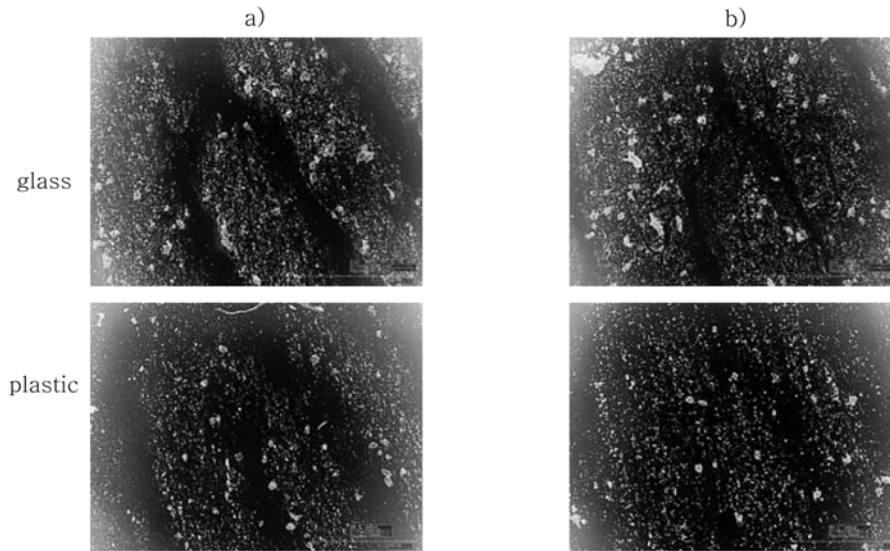


Fig. 6. The magnified minutiae of fingerprint(x280). a) nAg b) nAg surface modification DC200 0.5%.

Table 4. Contrast values in latent fingerprint developing

			Measurement number										Mean	Contrast value
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Glass	nAg	furrows	84	85	84	85	82	83	86	84	85	85	84.3	53.4
		ridges	132	135	139	139	138	139	139	140	137	139	137.7	
	nAg DC1501 0.25%	furrows	88	7	85	85	89	87	90	84	80	85	78.00	26.6
		ridges	102	101	102	102	103	104	105	102	102	103	102.6	
	nAg DC1501 0.5%	furrows	87	85	85	86	82	84	85	85	84	87	85.00	53.4
		ridges	144	146	138	137	139	136	135	135	138	136	85.00	
	nAg DC1501 1.0%	furrows	82	85	86	85	84	82	81	83	86	89	84.30	42.5
		ridges	125	126	125	129	128	127	126	126	128	128	84.30	
	nAg DC200 0.25%	furrows	90	95	98	93	92	94	91	90	90	91	92.40	33.9
		ridges	124	120	120	123	125	128	129	130	130	134	92.40	
	nAg DC200 0.5%	furrows	77	77	78	74	75	80	78	78	75	78	77.0	67.8
		ridges	146	145	143	144	147	145	145	144	144	145	144.8	
nAg DC200 1.0%	furrows	83	83	86	84	85	81	82	87	88	86	84.50	46.7	
	ridges	130	131	135	132	129	129	128	127	136	135	131.20		
Plastic	nAg	furrows	78	78	75	78	79	74	75	74	74	75	76.0	70.2
		ridges	143	145	145	146	147	144	150	148	148	146	146.2	
	nAg DC1501 0.25%	furrows	88	88	86	85	87	89	89	85	85	85	86.70	36.3
		ridges	130	132	120	124	123	125	120	119	119	118	86.70	
	nAg DC1501 0.5%	furrows	80	85	82	86	81	85	82	80	82	81	82.40	45.3
		ridges	130	130	125	126	128	129	130	126	125	128	82.40	
	nAg DC1501 1.0%	furrows	83	83	82	81	86	85	85	84	85	87	84.10	43.0
		ridges	132	130	130	129	125	124	124	126	123	128	84.10	
	nAg DC200 0.25%	furrows	95	92	85	84	86	83	83	89	89	86	87.20	29.1
		ridges	120	123	123	115	112	112	113	114	120	111	87.20	
	nAg DC200 0.5%	furrows	75	75	78	79	75	78	75	74	78	75	76.2	73.8
		ridges	150	150	148	148	154	152	151	151	151	152	150.0	
nAg D2001 1.0%	furrows	84	81	82	86	89	89	87	85	89	90	86.20	37.9	
	ridges	124	123	125	123	124	126	127	125	123	121	124.10		

확인한 scattering 실험결과는 Fig. 6에 나타내었다. 유리의 경우에는 nAg 분말과 표면개질 DC200 0.5% nAg 분말은 지문용선의 흡착정도가 높고 대상물질인 유리에 흡착되지 않아 이랑과 고랑의 구분이 뚜렷하게 관찰되었다. 그 외 표면개질 DC1501 nAg 분말과 표면개질 DC200 0.25%, 1.0% nAg 분말은 이랑과 고랑에 분말의 흡착정도가 낮아 지문용선 구분이 명확하지 않고 대상물질인 유리와의 흡착으로 특징점의 확인이 어려웠다. 또한 플라스틱 경우에도 nAg 분말과 표면개질 DC200 0.5% nAg 분말은 지문용선의 흡착정도가 높고 대상물질인 유리에 흡착되지 않아 이랑과 고랑의 구분이 뚜렷하게 관찰되고 그 외 표면개질 DC1501 nAg 분말과 표면개질 DC200 0.25%, 1.0% nAg 분말은 이랑과 고랑에 분말의 흡착정도가 낮아 지문용선 구분이 명확하지 않고 대상물질인 유리와의 흡착으로 특징점의 확인이 어려웠다.

3.2.4. Contrast

육안으로의 식별을 측정할 수 있는 contrast 실험결과는 Table 4에 나타내었다. 현출지문의 동일한 용선 부분의 이랑과 고랑 밝기를 10회 측정된 결과 유리의 경우에는 nAg 분말은 고랑 84.3, 이랑 137.7로 53.4 차이값, 표면개질 DC1501 0.25% nAg 분말은 고랑 86.00, 이랑 102.6으로 26.6 차이값, 표면개질 DC1501 0.5% nAg 분말은 고랑 85.00, 이랑 138.40으로 53.4 차이값, 표면개질 DC1501 1.0% nAg 분말은 고랑 84.30, 이랑 126.80으로 42.5 차이값, 표면개질 DC200 0.25% nAg 분말은 고랑 92.40, 이랑 126.30으로 33.9 차이값, 표면개질 DC200 0.5% nAg 분말은 고랑 77.0, 이랑 144.8으로 67.8 차이값, 표면개질 DC200 1.0% nAg 분말은 고랑 84.50, 이랑 131.20 46.7 차이값으로 지문용선에 분말의 흡착정도와 비례한 contrast 차이가 관찰되었다. 플라스틱의 경우에는 nAg 분말은 고랑 76.00, 이랑 146.2로 70.2 차이값, 표면개질 DC1501 0.25% nAg 분말은 고랑 86.70, 이랑 123.00으로 36.3 차이값, 표면개질 DC1501 0.5% nAg 분말은 고랑 82.40, 이랑 127.70으로 45.3 차이값, 표면개질 DC1501 1.0% nAg 분말은 고랑 84.10, 이랑 127.10으로 43.0 차이값, 표면개질 DC200 0.25% nAg 분말은 고랑 87.20, 이랑 116.30으로 29.1 차이값, 표면개질 DC200 0.5% nAg 분말은 고랑 76.2, 이랑 150.0으로 73.8 차이값, 표면개질 DC200 1.0% nAg 분말은 고랑 86.20, 이랑 124.10으로 37.9 차이값으로 지문용선에 분말의 흡착

정도와 비례한 contrast 차이가 관찰되었다.

4. 결 론

nAg 분말의 산화 및 수분의 영향을 방지하기 위하여 nAg 분말에 DC1501, DC200 2종류 실리콘 오일을 사용하여 농도별로 표면개질하여 유리와 플라스틱 대상물질 유류된 표준지문에서의 현출효율을 특징점 수, 분말의 scattering, 현출지문의 이랑과 고랑의 contrast를 이용하여 평가하였다.

1. nAg 분말과 nAg 표면개질 DC1501, nAg 표면개질 DC200에 대하여 산화 및 수분의 영향을 평가한 결과 표면개질한 nAg 분말이 유리 및 플라스틱 대상물질에서 산화 및 수분의 영향을 적게 받음을 확인하였다.

2. nAg 표면개질 DC1501, nAg 표면개질 DC200을 농도별 0.25%, 0.5%, 1.0%에 대하여 특징점수, 분말의 scattering, 현출지문의 이랑과 고랑의 contrast를 확인한 결과 0.5%의 농도로 표면개질한 nAg 분말의 현출효율이 우수하게 확인되었고 nAg 표면개질 DC1501 0.5% 보다 nAg 표면개질 DC200 0.5%의 현출지문 효율이 우수하게 확인되었다.

3. 표면개질 오일의 종류에 있어서는 DC200이 DC1501에 비해 14-28%의 향상된 현출결과를 보여 표면개질용 오일로 적절함을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.M106400000108N400000110).

참고문헌

1. S. W. Park, *Korean Journal of Scientific Criminal Investigation*, **1**, 1-7(2007).
2. B. Wilshire, *Endeavour*, **208**, 12-15(1996).
3. G. S. Sodhi, J. Kaur, *Forensic Sci. International*, **120**, 172-176(2001).
4. S. Mopoung and P. Thongcharoen, *Scientific Research and Essay*, **4**, 8-12(2009).
5. Q. Chen, W. T. Kerk, A. M. Soutar, X. T. Zeng, *Applied Clay Science*, **44**, 156-160(2009).
6. J. Dilag, H. Kobus, A. V. Ellis, *Forensic Sci. Interna-*

- tional*, **187**, 97-102(2009).
7. Y. F. Wang, R. Q. Yang, Y. J. Wang, Z. X. Shi, J. J. Liu, *Forensic Sci. International*, **185**, 96-99(2009).
 8. M. J. Choi, A. M. McDonAgh, P. Maynard, C. Roux, *Forensic Sci. International*, **179**, 87-97(2008).
 9. M. J. Chol, T. Smoother, A. A. Martin, A. M. McDon-
Agh, P. J. Maynard, C. Lennard, C. Roux, *Forensic Sci. International*, **173**, 154-160(2007).
 10. M. K. Kim, M. J. Choi and S. W. Park, *Korean Journal of Scientific Criminal Investigation*, **1**, 127-132(2007).
 11. M. K. Kim, S. W. Park and Yusuke Ohgami, *Anal. Sci. & Tech.*, **22**, 166-171(2009).