

## 바니시 처리를 통한 용지의 내오염성 향상

안정연, 윤혜정, 심규정, 류재호, 이제곤, 정양진<sup>1)</sup>, 김태영<sup>1)</sup>

서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부

<sup>1)</sup>한국조폐공사 기술연구원

## Improvement of anti-soiling of paper through varnish treatment

Jungeon Ahn, Hye Jung Youn, Kyujeong Sim, Jaeho Ryu, Jegon Lee,

Yang Jin Joung<sup>1)</sup> and Tae Young Kim<sup>1)</sup>

Dept. of Forest Sciences, CALS, Seoul National University

<sup>1)</sup>Technical Research Institute, KOMSCO

### 1. 서 론

은행권 용지는 일반 지류제품에 비하여 일회성이 아닌 상당히 긴 유통 수명을 필요로 하며 동남아시아 국가 등 문화적, 기후적으로 열악한 환경에 은행권이 노출되는 경우에는 그 중요성이 더욱 크다고 할 수 있다. 은행권은 주로 가장자리의 찢김, 접힘, 구김, 부풀음, 중앙 접음선의 마모, 오염 등의 형태로 훼손되어 시장에서 퇴출된다<sup>1)</sup>. 시중에서 회수된 지폐 결함의 60% 이상은 오염에 의한 것이며, 나머지가 물리적 결함, 보안 요소의 파괴 등에 의한 것으로 알려져 있다<sup>1-3)</sup>. 이에 비해 화학적 또는 생물학적 손상은 상대적으로 차지하는 비중이 매우 작다. 따라서 내오염성을 향상시키는 것은 은행권의 유통 수명을 증가시킴과 동시에 은행권에 포함된 보안 요소가 제 기능을 발휘하는데 결정적인 역할을 한다. 원지의 표면 바니시 처리는 사용 수명을 늘리고, 마모 저항 및 내오염성을 향상시키는 것으로 알려져 있다<sup>4-5)</sup>. 따라서 본 연구에서는 아크릴, 우레탄계 등의 바니시를 원지에 처리하는 방법을 통하여 내오염성을 극대화하고자 하였다. 이는 용지의 유통 수명을 늘리고 품질의 경쟁력을 확보하는 데 기여할 것으로 기대한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

한국조폐공사로부터 표준 용지를 분양받아 사용하였으며 원지에 표면 처리를 하기 위하여 아크릴계 2종, 아크릴 실리콘계 1종, 아크릴 우레탄계 2종, 폴리 카보네이트 우레탄계 1종, 폴리우레탄계 1종 총 7종의 바니시를 공시재료로 이용하였다.

Table 1. List of varnish type

	Type	Chemical	Viscosity, cPs
1	A	Acrylic polymer	85
2	B	Acrylic polymer	600
3	C	Acrylic silicon polymer	10
4	D	Acrylic polyurethane polymer	21
5	E	Acrylic polyurethane polymer	17
6	F	Polycarbonate polyurethane dispersion	19
7	G	Polyurethane	43

### 2.2 실험 방법

#### 2.2.1 표면 코팅 및 픽업량 측정

실험용 rod coater (GIST Co. Ltd, Korea)를 이용하여 7종의 바니시를 각각 코팅하였다. 이 때, 코팅 속도는 70 mm/sec이었고, 2번 rod를 사용하였다. 바니시 표면 처리 이후 120℃의 열풍 건조기에서 1분 30초간 건조시켰다. 건조 후 온도 23℃, 상대습도 50%의 항온항습 조건에서 24시간 이상 조습처리 하였다. 픽업량은 1~1.5 g/m<sup>2</sup>가 되도록 조절하였고, 도공량 2배 평가 실험에서는 2~3 g/m<sup>2</sup>가 되도록 조절하였다.

## 2.2.2 내오염성 평가

내오염성은 구김처리가 가해지는 방식 (구김 평가법)과 구김처리없이 카본 블랙으로 오염시키는 방식 (비구김 평가법)으로 평가하였다. 이 두 가지 평가법에 의거하여 바니시 코팅된 용지의 내오염성을 평가하였다.

### 2.2.2.1 구김 평가법 (crumble test)

구김처리가 가해지는 구김 평가법에 의한 내오염성 평가는 건식 내오염성 측정기를 이용하여 이루어졌다. 오염물 제조 시 클레이 0.3 g, 콩기름 0.4 g, 올리브유 0.4 g 및 에탄올 0.4 g을 사용하였다. 2000 g의 지름 2.5 mm 유리 비드와 클레이를 플라스틱 박스 안에서 먼저 섞은 후 콩기름, 올리브유 및 에탄올을 넣어 완전히 섞고, 이를 내오염도 측정기에 넣어 뚜껑을 닫고 60 rpm 조건에서 5분간 회전시켰다. 이후 도공 원지 및 바니시 처리된 용지 20개를 넣어 60 rpm에서 15분간, 그리고 반대 방향으로 15분 더 회전시켜 총 30분 동안 오염을 실시하였다. 오염이 끝난 직후 샘플을 꺼내어 rubber weight를 제거하고 젖은 와이프올로 오염된 면을 3번, 마른 천으로 1회 닦았다. Elrepho (L&W Co.)를 이용하여 D65 광원에서 오염된 용지의 백색도 및 L, a, b 값을 측정하여  $\Delta E$  값을 구하고, 이로부터 ISO 105-A03 (ISO 105-A03 : Grey scale for assessing staining) 에 의거하여 오염된 용지의 등급을 평가하였다.

### 2.2.2.2 비구김 평가법 (non-crumble test)

구김처리 없는 비구김 평가법은 2.2.2.1과 동일한 방법으로 바니시 코팅된 용지를 오염시킨 후 내오염도를 평가하였다. 구김 평가법과의 차이는 드럼 통 내부 벽면에 샘플을 부착하여 고정시킨 후 오염을 실시하는 것과, 오염물 성분으로 클레이 대신 카본 블랙을 이용하는 것이다.

## 2.2.3 물성 평가

온도 23℃, 상대습도 50%의 항온항습 조건에서 바니시 처리된 용지의 물성을 평가하였다. Micrometer (L&W Co.)를 이용하여 바니시 표면 처리된 용지의 두께를 평가하였고, PPS roughness tester (L&W Co.)를 이용하여 바니시 표면 처리된 용지의 거치름도를 평가하였다. TAPPI test method 511 om-96에 의거하여 바니시 표면 처리된 용

지의 내절도를 MIT 시험기를 이용하여 평가하였다. 이 때, 1.5 kg<sub>f</sub> 하중을 가하여 측정하였다. 접촉각은 TAPPI test method T558 om-97에 의거하여 접촉각 측정기 (DSA, KRÜSS, Germany)를 이용하여 3  $\mu$ L의 증류수를 바니시 처리된 표면에 떨어뜨린 후 30초 동안의 접촉각을 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 바니시 종류에 따른 영향

##### 3.1.1 오염성 평가법에 따른 결과 비교

내오염성을 평가하는 방법인 구김 평가법 (crumble test)과 비구김 평가법 (non-crumble test)을 이용하여 도출한 7종의 바니시 처리를 한 용지의 오염 전, 후의  $\Delta E$ 값이 Fig. 1에 나타나 있다.  $\Delta E$ 값의 절대적 수치는 다르지만 높은 내오염성을 나타내는 바니시는 F와 C로 동일하였다. 예외적으로 A는 구김이 가해지는 구김 평가법에서는 중간정도의 내오염성을 나타내었지만 비구김 평가법에서는 두 번째로 높은 내오염성을 나타내었다. 각각의 방법으로 3번씩 평가 시, 구김 평가법이 비구김 평가법에 비해 전체적으로 모두 높은 편차를 나타내었다.

두 가지 평가법에서 공통적인 사항은 폴리 카보네이트계 폴리우레탄 고분자인 F와, 아크릴계 실리콘 고분자인 C를 이용한 표면 처리 시  $\Delta E$ 값이 낮아 내오염성이 우수하였다는 점이다. 폴리 카보네이트계 폴리우레탄 고분자 F는 내충격성, 내열성, 내마모성이 우수하여 고기능성 재료이며 아크릴계 실리콘 고분자 C는 저오염성 및 고내후성을 발휘하는 수지이다. 이러한 성질을 띠는 고분자가 용지 표면에 처리됨으로써 우수한 내오염성을 발휘한 것으로 판단된다. 또한 다른 바니시에 비해 점도가 상당히 높았던 B의 경우 내오염성이 좋지 않았다. 따라서 화학 조성 및 점도 등 사용되는 바니시의 특성이 내오염성을 높이는 데 있어서 중요한 요인인 것으로 판단된다.

바니시 처리를 통한 용지의 내오염성 향상

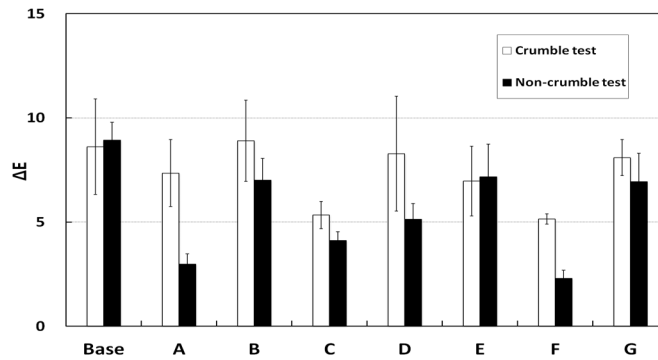


Fig. 1. Comparison of result between two evaluation methods.

3.1.2 바니시 처리에 따른 물성

원지에 바니시를 코팅함으로써 내오염성이 향상되더라도 내구성 용지로서 사용되기 위해서는 원지와 비교했을 때 강도 특성이 저하되지 않아야 한다. 따라서 바니시 종류에 따른 코팅 후 용지의 내절도, 접착각 등을 평가하였다.

은행권 용지의 경우 오랜 기간 동안 반복된 접힘이 발생하기 때문에 이러한 접힘에 대한 높은 저항성을 필요로 한다. 바니시 종류에 따라 표면 처리된 용지의 내절도 결과가 Fig. 2에 나타나 있다. 내절도를 대수 로그로 취하여 표현할 경우 0.1 단위의 차이는 동일한 실험적 의의를 갖는 것으로 간주한다. 따라서 바니시 A를 제외하고 나머지 6종의 바니시의 경우 원지와 동등한 수준의 내절도를 갖는 것으로 판단된다. A의 경우 내오염성이 우수하더라도 내절도 측면에서는 다소 불리할 수 있다.

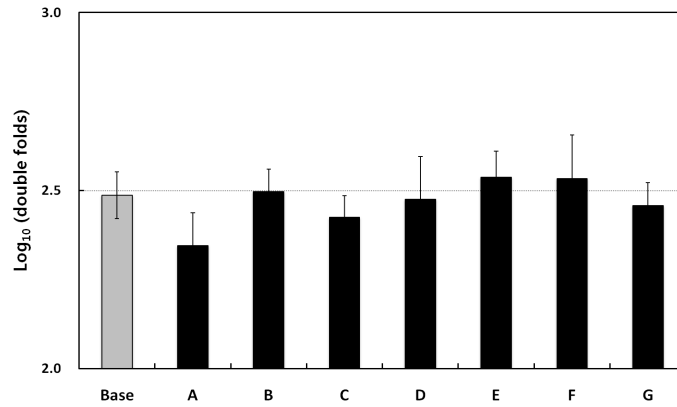


Fig. 2. Folding endurance of varnish-treated paper with varnish type.

바니시 종류에 따라 처리된 용지의 표면 특성 중 접촉각을 평가한 결과가 Fig. 3에 나타나 있다. A, C, D, G 표면 처리 시 원지에 비해 접촉각이 증가하였고 B, E는 비슷한 수준을 나타냈으며 F는 가장 낮은 접촉각을 나타냈다. 접촉각이 높다는 것은 물의 침투성이 낮아 표면이 소수성을 띠고 있다는 것을 의미하고, 접촉각이 낮다는 것은 반대로 표면이 친수성을 띠고 있음을 의미한다. 바니시 종류별로 상대적으로 내오염도가 우수했던 F의 경우 접촉각이 낮아 친수성을 띠기 때문에 소수성의 오염물에 의한 오염이 덜 진행된 것으로 생각되었으나, 원지와 비슷한 접촉각을 나타내면서도 내오염도는 떨어지는 B의 결과로 미루어 보아 접촉각과 내오염도간의 절대적인 상관관계가 있지는 않는 것으로 판단된다

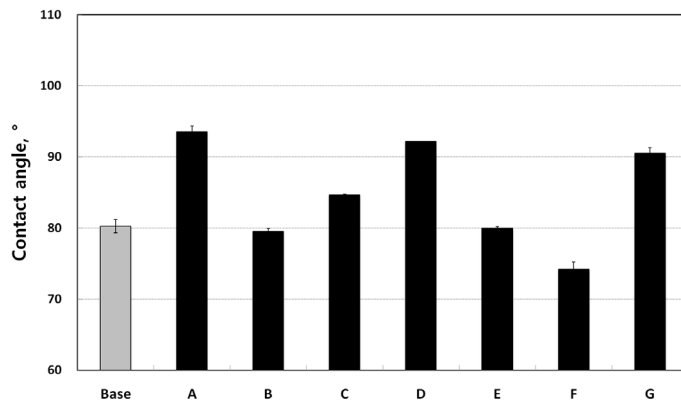


Fig. 3. Contact angle of varnish-treated paper with varnish type.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 내오염성을 향상시킬 수 있는 바니시의 종류를 달리하여 처리함으로써 용지에 우수한 내오염성을 발현할 수 있는 최적의 바니시를 선정하고자 하였다. 구김 평가법으로 평가한 경우 폴리 카보네이트계 폴리우레탄 바니시인 F와, 아크릴계 실리 콘 바니시인 C가 가장 우수한 내오염성을 나타냈고 ISO 규격 기준으로 등급 (3-4)를 나타냈다. 비구김 평가법의 경우 A, C, F 처리 시 가장 우수한 내오염성을 나타냈으며 모두 4등급 이상을 나타냈다.

#### 사 사

본 연구는 한국조폐공사의 지원을 받아 수행되었음.

#### 인용문헌

- 1) Neil Aitchison Macnab, Dirty Money, Banknote Printer's Conference, 1993.
- 2) Pierre Doublet, Diamone<sup>®</sup> Composite, A stronger banknote paper, Arjo Wiggins, 2005.
- 3) Michael E. Darroch, Banknote degradation in circulation: How quality and longevity can be improved.
- 4) Banco de México Printing Works, Relationship between amount of surface sizing and soiling.
- 5) Markus Urech, Varnishing of the new Swiss banknote, BPC Ink and Engraving Committee, 1993.