

# 유가증권 인쇄용 금속 볼록판의 내구성 향상에 관한 연구

이혁원,<sup>†</sup> 강영립, 김병현

<sup>†</sup>한국조폐공사, 중부대학교 인쇄미디어학과

(2011년 10월 21일 접수, 2011년 11월 14일 최종 수정본 접수, 2011년 11월 18일 게재 확정)

## Durability Improvement of Metal Convex Printing Plate for Securities Printing

*Hyok-Won Lee,<sup>†</sup> Young-Reep Kang, Byong-Hyun Kim*

<sup>†</sup>Korea Minting & Security Printing Corp.

Dept. of Printing Media, Joongbu University.

(Accepted on October 21, 2011, Requisitioned last revision on November 14, 2011,

Publication decision on November 18, 2011)

### Abstract

We produce a photosensitive convex plate to research a Nickel metal relief printing plate using galvanic process.

A Method for preparing DLC convex plate that is metalized on Nickel metal relief printing plate using CVD(Chemical Vapor Deposition) process and N<sub>2</sub>DLC-convex plate that is DLC metalized thin film layer of N<sub>2</sub> plasma surface treatment are comprised. DLC thin film layers on Nickel surface are fragile. The results of the research indicate that the coefficient of friction on DLC metalized thin film layer is relatively low than Nickel surface and the durability of Nickel surface coated DLC metalized thin film layer is superior to Nickel surface. A relative evaluation of three form plate wetting properties using varnish liquid-drop plate indicates superior printing aptitudes for N<sub>2</sub>DLC, DLC, Nickel plate order as above.

Key-word: Galvanic process, Nickel metal relief printing plate, DLC convex plate, wetting properties.

## 1. 서 론

인쇄란 직접적, 간접적으로 인류의 문화를 보다 빨리, 다량으로 싸고 정확하게 전달 보존할 목적으로, 판을 개입하여 종이나 기타의 물질 위에 잉크로서 글자나 기타의 동형 등을 고정화하는 행위이다. 인쇄 과정은 인쇄기계를 통하여 판에 옮겨진 인쇄잉크를 종이 같은 피인쇄체에 전이시켜 고착화함으로 완료된다.<sup>1, 2)</sup>

일반적으로 볼록판 인쇄 방식은 인쇄의 4가지 방식 중 역사가 가장 오래된 인쇄 방법이며 볼록판 인쇄(relief printing)에 사용하는 판은 잉크가 묻는 화선부가 비화선부보다 높게 되어 잉크를 피인쇄체에 전이시킨다. 볼록판 인쇄를 통한 인쇄물에는 명함, 신문, 서적 등이 있으며, 인쇄된 화상은 인쇄판의 화선부가 볼록하게 나와 있기 때문에 인쇄물의 뒷면에 눌린 자국이 약간 튀어나오게 되며, 화상의 경계가 뚜렷하게 나타나 선명하고 강한 인상을 주는 것이 특징이다. 최근 은행권 및 상품권, 증·채권 등 유가증권의 인쇄에 있어 위조 방지 요소로서의 기능을 갖는 미세선(superfine line)의 재현이 가능한 인쇄의 요구가 증대되고 있는데,<sup>3~6)</sup> 이는 단순히 원도 필름 및 인쇄판에서의 세선 재현만으로 가능한 것이 아니라 이에 상응하는 인쇄판의 내마모성 향상을 병행함이 필수 조건이다.

본 연구에서는 내구성이 높은 금속 볼록 인쇄판의 제조 기술을 개발하는 방안의 하나로 CVD(Chemical Vapor Deposition)에 의한 표면 처리 기술을 적용하였다.<sup>7~10)</sup>

## 2. 실 험

### 2-1. 감광성 수지 볼록인쇄판

금속 볼록판 제조를 위한 모재가 되는 유가증권 인쇄용 감광성 수지 볼록 인쇄 판재는 독일 Flintgroup사로 부터 수입한 제품으로서 감광 수지의 주성분은 폴리아미드계로서 열경화성이며, 감광 수지의 반응은 UV 경화성이다.

### 2-2. 원도 필름

요철화된 판면의 마찰력을 평가하기 위하여 사용된 시험용 원도는 Figure 1에 보여주는 네거티브 필름으로서 판재 제조사인 Flintgroup사에서 제공되었다.

### 2-3. 현상액

감광 수지의 반응은 UV 경화성이며 노광되지 않는 부분은 알코올에 용해하므로 현상액은 알코올 : 물 = 80 : 20으로 조성하여 사용하였다.



Figure 1. Original film for image reproduction.

### 2-4. 금속 블록판

금속 블록판의 모판은 감광성 수지 블록 인쇄판을 모판으로 사용하여 금속 블록판을 제작하였다. 금속 블록 인쇄판은 도금의 기술을 응용한 전태 방법을 사용하여 감광성 수지 블록 인쇄판 면에 니켈을 전태 하여 제조된 「Ni-블록 인쇄판」이다. 일반적인 전태 방법은 금속-금속간 전태이나, 본 연구에서는 감광성 수지 블록 인쇄판에 금속 인쇄판 복제를 시도하였다.

### 2-5. 니켈도금 용액 및 표면 세척

금속 블록판 전태를 위한 도금용액은 일반적으로 널리 사용하는 설펠산 니켈 용액으로 건욕하여 실시하였다. 표면 세척 및 은분무 특성 강화를 위하여 감광성 수지판의 표면에 NaCl 함유된 유기산을 사용하여 세척하였다.

세척 처리 과정을 거친 이후에 표면에 전도성을 부여하기 위하여 감광성 수지판에 스프레이건을 이용하여 은도금 용액과 환원 용액을 동시에 분무하여 표면에 얼룩이 생기지 않도록 감광성 수지판 표면에 은이 완전히 환원 석출될 때까지 은도금을 형성하였으며 은도금 용액은 질산은 용액을, 그리고 환원 용액은 하이드라진 용액을 사용하였다.

니켈 전태를 위하여 니켈설펠레이트( $\text{Ni}(\text{SO}_3\text{NH}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), 염화니켈( $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), 붕산( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 및 첨가제로 구성된 용액을 사용하였다.

### 2-6. DLC-블록 인쇄판 및 N<sub>2</sub>DLC-블록 인쇄판

C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> 기체를 사용한 CVD(Chemical Vapor Deposition) 방법을 이용하여 Ni-블록 인쇄판 표면 위에 DLC(Diamond Liked Carbon) 증착 막을 형성시킨 「DLC-블록 인쇄판」과, DLC 증착 박막의 표면을 N<sub>2</sub> 플라즈마 표면 처리하여 표면 개질한 「N<sub>2</sub>DLC-블

록 인쇄판」을 각각 준비하였다. 여기서 DLC-블록 인쇄판과 N<sub>2</sub>DLC-블록 인쇄판은 한국의 K사의 연구실에 의뢰하여 제작되었으며 DLC 증착 막의 두께는 1.2 $\mu$ m이다.

### 2-7. 밀착력 평가

Ni과 DLC 증착 막의 밀착력을 측정하기 위한 기기는 자체 제작된 것으로서 2개의 볼리드 스크루와 연결되어있는 크로스헤드 및 압자 모듈을 서보모터를 이용하여 상하, 좌우로 이동시켜 시험편의 박막에 일정한 속도로 박막에 하중을 주면서 이동시켜 모재에 입혀진 코팅 박막을 탈막 시키는 힘의 정도로서 밀착력을 가늠한다.

### 2-8. 마찰 계수 측정

MOBE사에서 제작된 MF-31을 사용하여 Ni-블록 인쇄판, DLC-블록 인쇄판, 및 N<sub>2</sub>DLC-블록 인쇄판의 표면에 대한 마찰 계수를 측정하였다.

### 2-9. 접착각 측정

판면의 잉크 적성을 평가 위하여 Ni-블록 인쇄판, DLC-블록 인쇄판, 및 N<sub>2</sub>DLC-블록 인쇄판의 표면에 잉크의 주성분인 평판 바니시(약 93%wt)에 용제류, AHBC(약 7%wt)를 첨가하여 만든 시험 용액을 각각 적용하여, (주)SEO에서 생산된 FTA-200 접착각 측정기를 사용하여 접착각을 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3-1. 표면 개질된 금속 블록 인쇄판의 물성

니켈(Ni) 금속 표면을 갖는 금속 블록판 인쇄판은 감광성 수지 블록 인쇄판을 모판으로 사용하여 전대 방식에 의해 제작되었다. 전대 방식에 의해 제작된 금속 인쇄판은 모판의 표면 상태가 그대로 전이되어지는 특성이 있다. 아울러 금속 블록판의 더 높은 내쇄력 및 잉크 적성 향상에 대한 연구를 위하여 Ni-블록 인쇄판, DLC-블록 인쇄판, 및 N<sub>2</sub>DLC-블록 인쇄판을 각각 준비하였다.

Ni 금속 표면 위의 DLC 증착 막이 어느 정도의 힘으로 부착되어 있는지를 평가하기 위하여 기관으로부터 DLC 증착 층을 분리하는데 필요한 힘의 정도를 살펴보기 위하여 스크래치-오프(scratch-off) 시험을 실시하였다. Figure 2는 Initial load- 0.2N, Final load-5N, Scratch length-10.0mm, Scratch speed-0.2mm/s의 조건에서 스크래치-오프 시험의 결과를 시각적으로 보여주는 현미경 사진이다.

이 시험에서 약 3.6N 정도에서 탈막 현상을 볼 수는 있었는데, 사실 탈막이라는 표현

보다 파손이라 칭함이 더 적당할 것이다. DLC 증착 막의 지지체 역할은 하는 모재인 Polyamide 성분의 나일론 수지판이므로 판면 전체가 아닌 제한된 영역에 가해지는 외압에 대해서는 해당 부분에서 판면 형태 변형을 가져오는 현상이 발생한다. 그리고 DLC 증착 막은 경질이며 부서지기 쉬운 특성을 가지고 있다는 것도 아울러 고려할 수 있다. Polyamide 성분의 나일론 수지판은 부서지기 쉬운 경질의 DLC 박막을 제대로 지지하지 못하여 스크래치-오프 시험에서 가해지는 하중에 의해 박막이 파손됨으로 판단할 수 있으며, 이 시험의 결과 값을 정확한 자료로 인정하기에는 부적당함이 사료된다. 인쇄판의 내구성은 판면의 마모 정도로 평가할 수 있으므로 내마모성 평가에 연관지어 DLC 증착 막 표면의 마찰 특성을 시험하였다.



Figure 2. Optical microscope image of scratch test in DLC coated Ni plate.

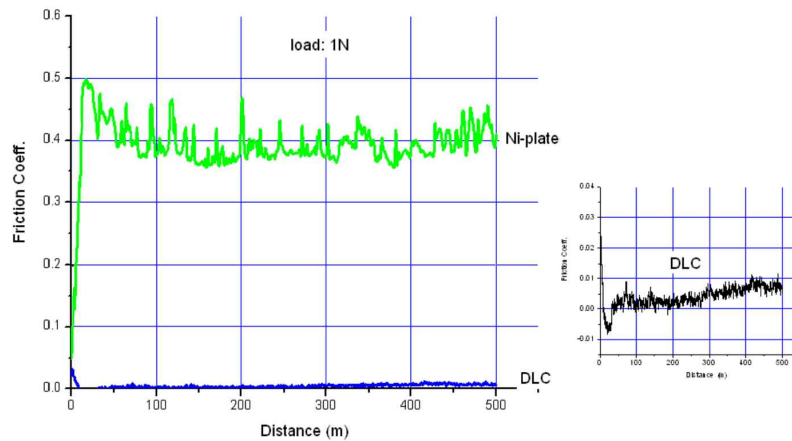


Figure 3. Friction property of each coating on plates.

Figure 3은 Ni-블록 인쇄판에 DLC-블록 인쇄판 표면의 마찰 시험에 관한 자료이다. 이 자료에 의하면 Ni 표면의 마찰 계수는 0.4 정도이며, DLC 증착 막 표면의 마찰 계수는 0.01이하임을 볼 수 있으므로 Ni 표면에 비하여 DLC 증착 막 표면의 마찰 계수가 상대적으로 매우 적음을 알 수 있다.

물론 인쇄판면의 마모 정도는 마찰력의 수직 저항에 연계된 마찰 계수에만 의존하는 것이 아니라 표면 거칠기 및 물질의 굳기 등에도 관계한다. 그런데 본 연구에서 인쇄판면에 Ni 표면의 형성 과정은 감광 수지판 표면 위에 전태 방법에 의하였으며, Ni 금속면 위의 DLC 증착 막 생성 과정은 CVD 방법에 의하였으므로, 이들 Ni 및 DLC 표면의 거칠기는 감광 수지판 표면의 거칠기에 의존하여, 상호 대동소이할 것으로 판단할 수 있다. 물질의 굳기는 그 재료의 고유 물성중의 하나로서 Ni의 굳기는 모스경도 3.8로 알려져 있으나,<sup>11)</sup> DLC 증착 막의 굳기는 상기 표면 스크래치-오프 시험에서 보았던 바와 같은 문제로 인하여 정확한 자료를 얻을 수 없었다.

그러나 표면 마찰 계수가 작을 수록 마모가 적다고하는 일반적인 견해<sup>12)</sup>와 연관 지을 때 전태에 의해 생성된 순수 Ni 표면을 가지는 인쇄판면에 비하여 Ni 표면에 DLC 증착 막 표면을 가지는 인쇄판의 내구성이 훨씬 더 우수할 것으로 판단할 수 있다.

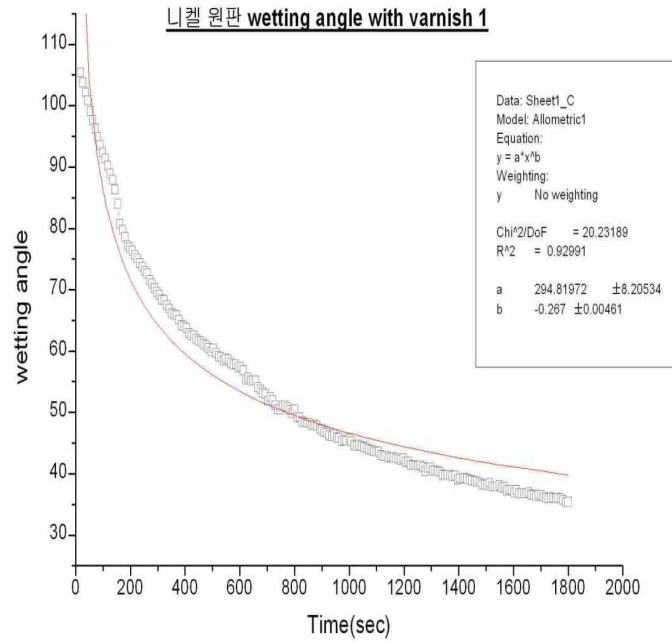
### 3-2. 판면의 적성 평가

접촉각은 수-유 액체 물질에 대한 적성을 평가하는데 중요한 방법 중의 하나라 하겠다. 인쇄 판면의 적성 평가를 위한 접촉각 측정은 3가지 인쇄판 즉, Ni-블록 인쇄판, DLC-블록 인쇄판, 및 N<sub>2</sub>DLC-블록 인쇄판에 대하여 실시되었다.

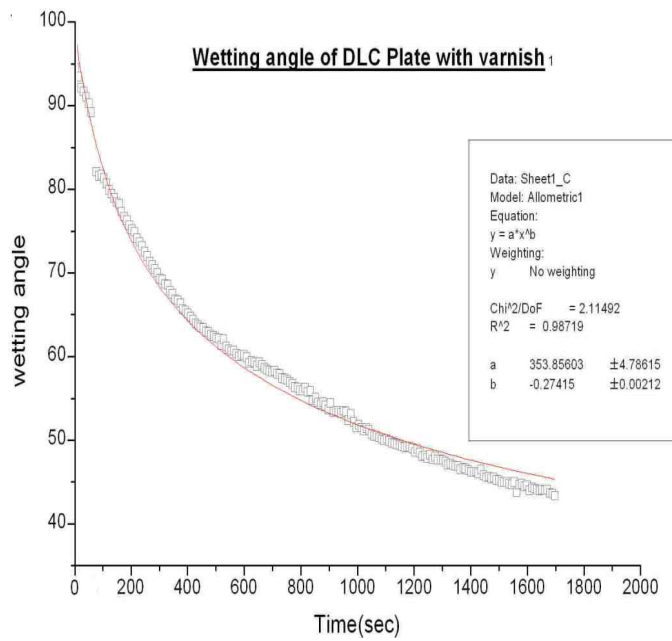
그런데 상기 Ni 금속의 표면에 형성된 DLC 박막 층의 부착력 평가를 위한 스크래치-오프 시험과 내마모성 평가에 연관되어진 DLC 박막 층의 마찰 특성 시험에서 N<sub>2</sub>DLC-블록 인쇄판에 대한 시험이 제외된 이유는 N<sub>2</sub>DLC는 DLC 박막 층에 대한 자체 물성(bulk properties)은 변화시키지 않은 상태에서 DLC 층의 표면만 개질한 상태이므로, 스크래치-오프 시험 및 마찰 특성 시험에 직접적인 인자가 될 수 없기 때문이다.

시험 용액으로 평판 바니시를 사용하여 3가지 인쇄 판면에 대한 접촉각을 측정하여 판면의 젖음성 정도를 파악하여 잉크 적성을 평가하였다.

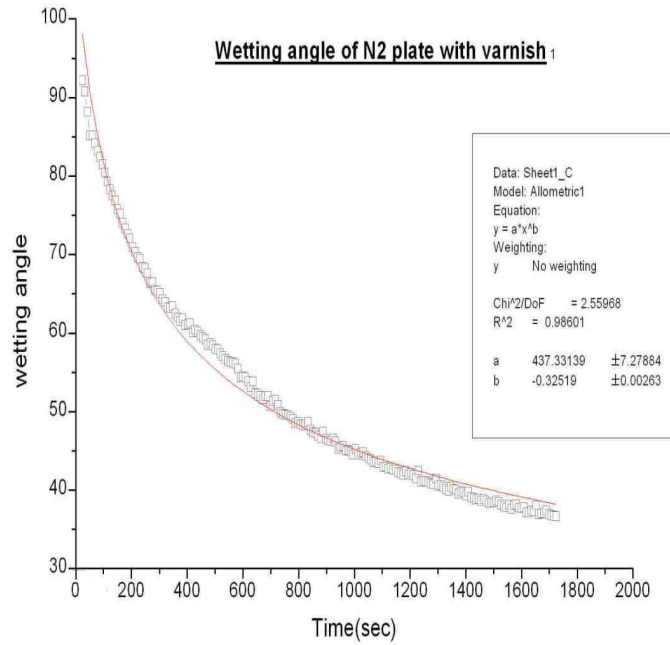
Figure 4는 3가지 인쇄판 면에 적용된 평판 바니시 액적이 1800초까지의 접촉각 변화율을 보여주고 자료로서, A는 Ni 표면, B는 DLC 표면 그리고 C는 N<sub>2</sub>DLC 표면에 대한 각각의 젖음성의 정도이다.



(a) Ni surface



(b) DLC surface



(c) N<sub>2</sub>-DLC surface

Figure 4. Measurement of wetting angle with lithographic varnish on plate surface.

그리고 측정된 이들의 접촉각을 초기, 200초경과, 600초경과, 1000초경과 그리고 1600초경과 했을 때로 구분하여 소수점 이하의 값을 절삭한 다음 Table 1에 간략하게 정리 수록하였다.

Table 1. Contact Angle of Plate Surface with Lithographic Varnish

Measure Plate Surface	Initial	200sec	600sec	1000sec	1600sec
	Contact Angle				
Nickel	105°	72°	57°	45°	37°
DLC	95°	74°	61°	51°	42°
N <sub>2</sub> DLC	93°	71°	59°	48°	40°

Figure 4 및 Table 1에 나타난 자료에서 보는 바와 같이 초기 접촉각은 Ni 표면이 105°, DLC 표면이 95° 그리고 N<sub>2</sub>DLC 표면 93°로서, 이들 3가지 시료의 상대적인 비교



에서 Ni 표면이 평판 바니시에 대한 젖음성을 가장 적게 가진다는 것을 알 수 있다. 그리고 DLC 및 N<sub>2</sub>DLC 표면에 대한 접촉각의 비교에서 수치적으로는 비록 2° 정도의 차이를 보이고 있지만 이는 거의 유사한 것으로 판단된다.

이들 3가지 시료 모두 시간이 경과 하면서 초기와는 다른 경향의 접촉각을 나타내고 있다. 물론 평판 바니시의 건조 속도, 주변의 온-습도 등의 여러 가지 요인이 있을 수 있으며, 200초를 경과하여 1600초에 이르기까지 어떤 동일한 경과 시간에서 접촉각의 차이가 그다지 큰 값으로 구분되지 않으므로 200초를 경과한 다음의 자료로 판면의 젖음성의 비교를 논하기에는 적당하지 않을 수 있다는 견해도 존재할 수 있겠다. 그러나 접촉각 측정에서 동일한 평판 바니시를 사용하였으며, 측정기기 및 주변 환경 조건 또한 동일한 상태이므로, 일관될 수 있는 경향은 경과 시간 200초를 지나면서 상대적으로 DLC 표면의 젖음성이 가장 낮아지고, 그 다음 N<sub>2</sub>DLC 표면의 젖음성이 중간이며, Ni 표면의 젖음성이 높게 나타나고 있다는 것이다. 그러므로 초기 평판 바니시가 굳지 않은 상태에서는 DLC 표면의 잉크 적성이 다른 시료 보다 우수하지만 시간이 경과하여 바니시 속의 용제가 증발할 수 록 잉크 적성이 다른 시료 보다 더 저하됨을 알 수 있다.

## 4. 결 론

유가증권 인쇄용 금속 블록판의 내구성 향상에 관한 연구를 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 니켈 표면 위에 형성된 DLC 박막은 부서지기 쉬운 특성을 가지고 있는 경질이다.
2. Ni 표면의 마찰 계수는 0.4 정도이며, DLC 박막 표면의 마찰 계수는 0.01이하로서 Ni 표면에 비하여 DLC 표면의 마찰 계수가 상대적으로 매우 적음을 알 수 있으며, Ni 표면을 가지는 인쇄판면에 비하여 Ni 표면에 DLC 박막 층을 가지는 인쇄판의 내구성이 훨씬 더 우수할 것을 판단할 수 있다.
3. 평판 바니시 액적을 사용한 3가지 인쇄 판면에 대한 젖음성 평가의 결과에 의하여, N<sub>2</sub>DLC > DLC > Ni, 표면의 순으로 잉크 적성이 우수함을 알 수 있었다

## 참고 문헌

- (1) 안병렬, 인쇄공학, 세진사(1993).
- (2) 정진성, 제판공학, 세진사(1997).
- (3) Australia Reserve Bank“Embossing of banknotes or the like with security

devices(1994).

- (4) Jackson; Wayne Kevin, Embossing of banknotes or the like with security devices, (1995).
- (5) Banknote Conference Report(2003).
- (6) Rudolf M., "Method and apparatus for examining intaglio printing"(1972).
- (7) Leon I. Maissel and Reinhard Glang: "Handbook of Thin Film Technology", McGraw-Hill Co. Ltd.,
- (8) J. A. Thornton: "Coating Deposition by Sputtering", "Films and Coating for Technology" CEI, Sweden(1981).
- (9) Mwitmer and H. Melchior, Thin Solid films, pp.93(1982).
- (10) D. Wang and T. Oki, Thin solid films, pp. 185, 219~230(1990).
- (11) 이화학사전, 한국사전연구소.
- (12) 表面における理論, 日本化学會, 丸善(1995).