

## 그라비아 인쇄 롤 가공 기술

고성림 | 건국대학교 기계공학부, 교수 | e-mail : slko@konkuk.ac.kr

인쇄전자 소자를 생산하는 기법으로 R2R 방식의 연속 공정 기술이 부각되고 있다. R2R 공정에서 결과물에 중요한 영향을 미치는 요소들 중의 하나로 그라비아 인쇄 롤을 들 수 있다. 현재까지 그라비아 인쇄 롤 가공 기술은 획기적인 발전을 이루어 왔다. 이 글을 통하여 가공 기술과 인쇄 롤의 중요성에 대하여 소개하려 한다.

그라비아 인쇄는 롤 코팅의 일종으로, 정방향(direct)/역방향(reverse) 그라비아 인쇄와 오프셋 정방향(direct)/역방향(reverse) 그라비아 인쇄가 있다. 그라비아 인쇄란 음각 가공(engraving)된 그라비아 롤에 잉크를 공급하여, 과공급 된 잉크를 닥터 블레이드(doctor blade)로 제거한 후 소재(web)상에 전이하는 방식이다. 고속/대량 인쇄가 가능하지만, 음각 가공 공정의 어려움과 고가라는 단점이 있다. 볼록판 인쇄나 평판 인쇄방식에는 농담을 나타내기 위해 잉크를 다량으로 전이하려 하면, 잉크가 퍼져 화선의 선명성을 잃어버리게 된다. 이에 반해 오목판 인쇄방식에는 잉크를 누르는 작용을 하지 않기 때문에 화선의 선명성을 잃지 않고, 잉크를 다량으로 전이할 수 있다. 그라비아 인쇄에서 품질을 결정하는 중요한 요소는 단위 길이 안에 얼마나 많은 망점이 존재하는 것과 단위 면적 안에 얼마나 많은 체적의 망점이 존재하는 것이다. 그만큼 음각 가공공정이 차지하는 비중이 매우 크다. 실제 그라비아 롤로부터 전이되는 잉크의 양이 58~59%에 불과하기 때문에 망점의 형상과 잉크의 성질이 매우 큰 영향을 미친다.

그라비아 인쇄의 품질을 향상시키기 위해서는 기본적인 불량률의 개선을 넘어, 전이성이 높은 망점형상의 개발과 잉크의 개발, 망점의 집적도 향상, 닥터 블레이드로 인한 롤의 마모현상 개선 등 여러 복합적인 요소들의 개선이 절실히 필요하다.

그라비아 인쇄 롤의 가공 기법에는 대표적으로 필름 부

식 기법, 전자조각 기법 및 레이저 조각 부식 기법이 있다.

### 필름부식기법

필름부식기법은 동을 도금한 롤에 감광액을 도포한 후 필름을 현상하는 방식으로 15 $\mu$ m 심도에서도 충분한 농도와 계조(gradation) 표현이 가능하며, 또한 최근에는 고농도 잉크를 사용하여 7~12 $\mu$ m 정도의 심도까지 인쇄를 실현하고 있다.

필름부식기법은 작은 작업공간을 필요로 하며, 부식액을 반영구적으로 사용(회수 재사용)할 수 있다. 저심도화에 의한 계조 재현성 및 민판 농도 증가가 가능하기 때문에 다양한 요구 조건에 능동적으로 대처할 수 있으며, 생산성이 매우 높은 방식이다. 필름부식기법은 약알칼리 현상타입의 감광재를 사용하기 때문에 환경 친화적인 제판 공정이기도 하다.

- 감광 : 연마고정이 끝난 롤 표면에 사진 감광성 감광액을.
- 노광 : 감광액이 롤 표면에 필름을 밀착한 후 UV광원에 노출시켜 필름의 문양을 롤에 새기는 공정.
- 현상 : 알칼리성 수용액을 이용하여 롤에 새겨진 문양을 현상하는 작업.
- 부식 : 롤 표면에 인쇄가 가능 가능하도록 깊이를 주어 망점을 형성하는 공정.

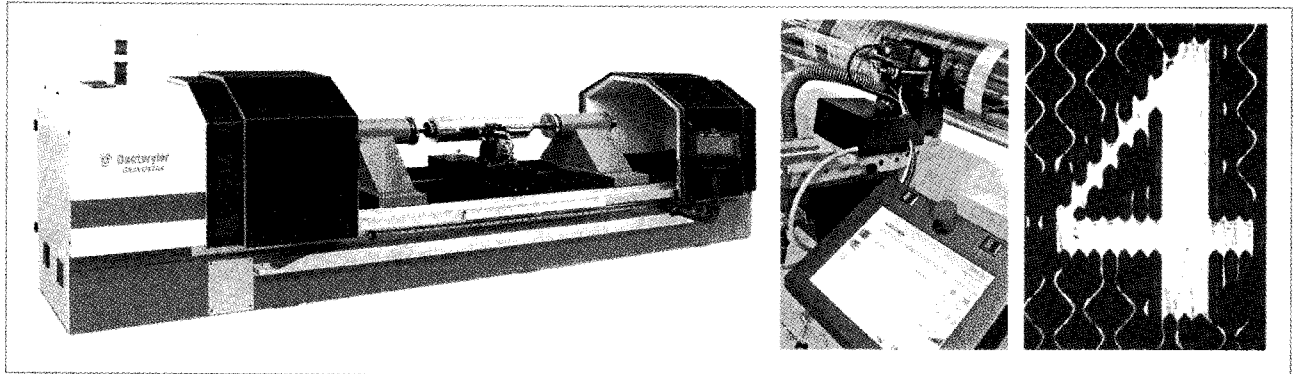


그림 1 전자조각기(Daetwyler 社)와 망점의 형상(회전하는 롤을 직접 다이아몬드 스타일러스(diamond stylus)로 가공하기 때문에 물질무늬와 같은 결과가 나온다.)

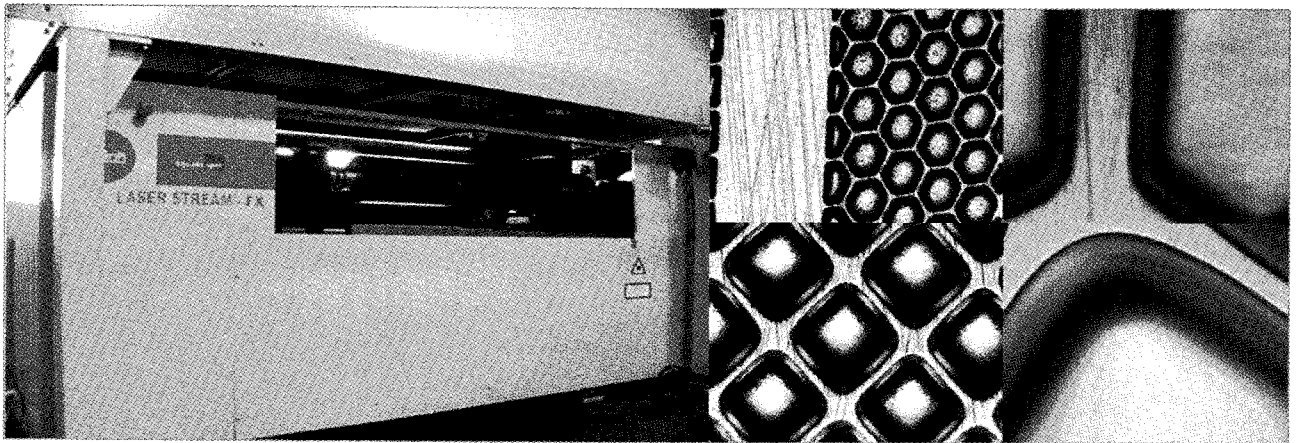


그림 2 레이저 광분해 장비(Think Lab. 社)와 망점의 형상

### 전자조각기법

다이아몬드 스타일러스를 이용해 동도금된 롤의 표면을 조각해서 인쇄용 그라비아 망점을 형성하는 제판시스템 중의 하나로 컬러 인쇄물의 재현성이 우수하다.

기존의 1매 필름을 스캐닝 드럼(scanning drum)에 부착해서 조각하는 방식에서 한층 진보된 filmless HDP(Helio Data Processing) 시스템은 디지털 데이터를 art pro란 소프트웨어를 이용해 직접 조각하는 시스템이다.

전자조각의 경우 망점의 형상은 스크린 앵글에 따라 정해진다. 밝은 부분과 어두운 부분의 심도가 망점 폭에 비례하여 변하므로 연조 그림 인쇄에 적합하다.

### 레이저 가공기법(부식 및 직접 가공)

레이저를 이용하여 롤을 가공하는 기법에는 UV(ultra-violet) 광경화성 폴리머를 사용하는 방법과 IR(infrared) 광분해성 폴리머를 사용하는 방법이 있다. 광경화성을 응용한 롤의 가공 공정은 우선 롤 표면에 UV 광경화성 폴리머를 코팅한 후 건조시킨다. 폴리머가 코팅된 롤 표면에 원하는 형상으로 UV 광원의 레이저 빔을 선별적으로 조사한 후 폴리머를 현상액으로 세척한다. 여기서 빔이 조사되어 광경화가 일어난 부분은 롤 표면에 남게 된다. 다음으로 산성의 부식 용액으로 롤을 부식시키면 경화된 폴리머는 부식액에 용해되지 않고 남게 되어 이 부분은 식각되지 않으므로 남게 된다. 이 후 롤을 물로 세척하여 광경화된 폴리머를 제거하고 나면 최종적으로 식각된 롤을 얻게 된다.

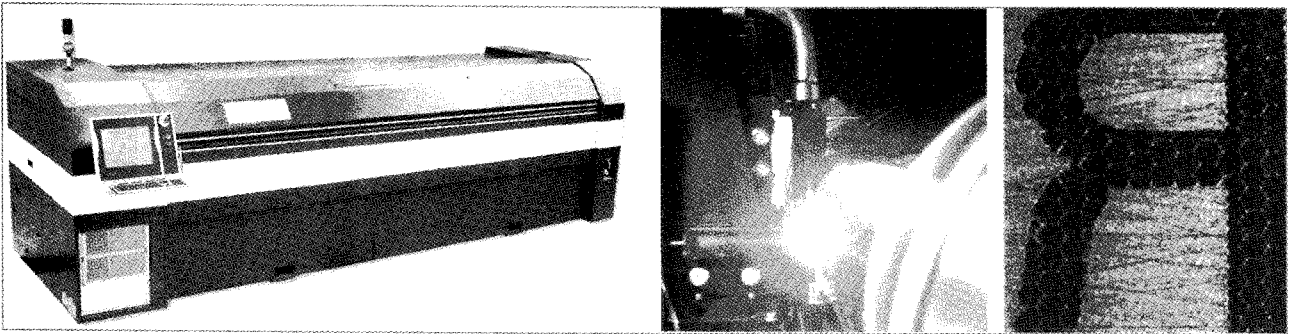


그림 3 직접 레이저 가공 장비(Daetwyler 社)와 망점의 형상

광분해성을 응용한 롤의 가공 공정은 우선 롤 표면에 광분해성 폴리머를 코팅한 후 건조 시킨다. 그리고 IR 광원의 레이저를 표면에 선별적으로 조사하면 레이저 빔이 조사된 부분의 폴리머는 분해되어 없어지고 빔이 조사되지 않은 부분의 폴리머는 롤 표면에 남는다. 다음으로 부식 용액으로 롤을 부식시킨 후 폴리머를 제거하고 나면 식각된 롤을 얻게 된다.

표면의 위치에 따라 선별적으로 레이저 빔을 조사하여 부분 광경화 또는 광분해를 시킨 후 식각 공정을 이용하면 원하는 모양의 패턴 형상을 갖는 가공 결과를 얻을 수 있다. 한편, 광분해성 응용공정은 광경화성 응용공정에 비하여 현상공정의 생략과 레이저 빔이 조사된 부분이 식각되는 점이 큰 차이라고 할 수 있다.

현재 국내에서 그라비아 인쇄 롤에 사용되는 레이저 장비는 Think Lab 社(일)의 Laser Stream, Schepers 社(스)의 Digilas, ALE 社(영)의 Meridian 등이 있다.

Laser Stream의 경우 대량 생산에 적합하고, 유럽의 장비들은 가공한 부분에 추가로 가공이 가능한 이중 작업을 통하여 양각 롤 등 특수 롤 제작에 사용된다. ALE의 Meridian은 슬리브형의 수지, 고무판(플렉소판)을 직접 태워 3차원 가공이 가능하며, 세라믹 롤도 Direct 가공이 가능하다.

일반적으로 레이저 작업은 동 도금된 롤에 빛의 흡수가 좋은 black lacquer를 도포하여 경화시킨 후 이를 레이저(YAG; Yttrium Aluminum Gaenet 레이저, CO<sub>2</sub> 레이저, UV 레이저 등)로 가공한 후 부식하는 방법으로 진행되어

왔다.

국내에는 없지만 Schepers 社의 Laserstar는 아연(Zn)으로 도금된 롤을 직접 가공이 가능하다. 또한 유럽의 Hell 社는 동도금된 그라비아 롤을 직접 가공하는 기술을 개발하고 있다.

그라비아 인쇄 롤 제작의 경우 필름을 이용한 부식방법에서 전자 조각기를 이용하면서 연조표현이 현격하게 좋아졌으며, 필름의 신축으로 인한 편차가 개선되어 1차로 제품의 변화가 있었다.

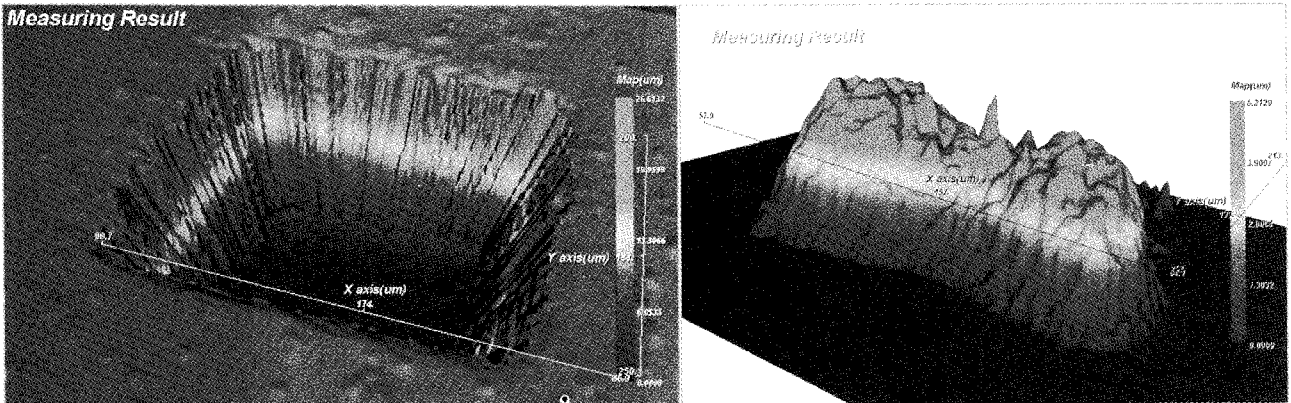
레이저 장비가 개발되면서 필름을 이용한 부식 방법과 전자 조각기의 단점이 많이 보완되었는데 그 내용은 다음과 같다.

- 필름 신축으로 인한 편차.
- 조각기에 의한 가장자리의 톱니현상.
- 필름과 조각기에 의한 망점 형상의 한계.
- 정밀도의 한계.

지금은 아연 도금된 표면만 가능하지만 앞으로 다른 금속(동, 크롬 등)에 직접 망점 제작이 가능하여진다면, 그동안 레이저 가공 후 부식에 의한 편차에 고민한 많은 전문 작업자에게 큰 도움이 될 것이다.

### 망점의 형상 및 압동 롤과 잉크 전이의 상관관계

그라비아 인쇄 롤에 각인 되어있는 패턴을 확대하면 미세한 망점으로 구성되어 있는 것을 볼 수 있다. 다양한 인



가공된 망점의 형상(좌)과 인쇄 결과(우)

쇄 매체에서 주로 사용되는 망점의 해상도는 약 70~300 Lpi인데 이 때 각 망점이 폭은 약 80~300 $\mu$ m 정도가 된다. 이러한 미세한 홈에 담긴 잉크(유체)의 경우 거시적인 영역에서 크게 고려되지 않았던 표면장력의 영향이 크게 작용하게 된다.

망점에 잉크가 공급되고 닥터 블레이드에 의해 여분의 잉크가 제거 되고 나면 망점안의 잉크들은 벽 쪽으로 약간씩 몰려서 담겨져 있는 경향이 있다. 잉크가 망점 내부의 벽 쪽으로 몰려 있게 되면서 가운데 부분에는 잉크가 가득 채워지지 않고 포물선 형태의 공간이 생기게 된다. 잉크 표면 위에 가득 채워지지 않은 공간의 크기는 망점의 크기에 따라서 또한 달라지게 되며, 망점의 폭이 커질수록 공간도 커지게 되고 가장 가운데 부분의 높이는 더 낮아지게 된다.

망점에 채워진 잉크가 최종 소재에 전이되기 위해서는 소재와 잉크 표면이 접촉해야 하는데 이러한 오목한 부분은 소재와 접촉하기 어렵게 되고 이는 원활한 잉크 전이를 방해하는 요소로 작용하게 된다. 따라서 소재에 힘을 가해 망점 안으로 약간 휘어져 들어가게 함으로써 망점 안에 채워져 있는 잉크 표면과 접촉하게 만드는 역할을 하는 것이 압동 롤이다.

압동 롤의 압력이 낮은 경우에는 피인쇄 소재에 작용하

는 힘이 약해 잉크 표면의 가장 낮은 부분과 접촉하지 못하게 된다. 이러한 경우에는 인쇄물 중간 중간에 잉크가 전이되어 있지 않은 부분이 나타날 수 있다. 또한 압동 롤의 압력이 너무 높은 경우에는 소재가 망점 안으로 지나치게 많이 휘어져 들어가게 된다. 그래픽 인쇄와 같은 오목판 인쇄의 장점 중의 하나는 패턴에서 잉크가 전이될 때 잉크가 눌러서 퍼지지 않아 다른 인쇄 방법에 비해 상대적으로 높은 인쇄물의 두께를 얻을 수 있고 또한 패턴 형상의 왜곡이 적다는 점인데, 위와 같이 소재가 망점 안으로 지나치게 휘어져 들어가는 경우에는 잉크가 전이되는 과정에서 눌러서 망점 바깥쪽으로 퍼지거나 인쇄물의 두께가 낮아질 수 있다. 일반 그래픽 인쇄에서는 이렇게 인쇄물에 제대로 잉크가 전이되지 않아 작은 구멍이 생기거나, 혹은 인쇄물의 높이가 다소 낮게 나오더라도 적절한 수준까지는 크게 문제가 되지 않지만, 전자 소자를 인쇄하는 경우에는 인쇄물의 두께와 표면의 균일성이 전자소자의 성능을 결정하는 데 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 패턴을 구성하는 망점의 크기, 닥터 블레이드에 의해 여분의 잉크가 제거되고 난 후의 망점 안에 채워져 있는 잉크표면의 형상, 잉크 표면과 접촉하여 잉크를 전이시키는 소재의 강성 등을 고려하여 적절한 압동 롤의 압력이 결정되어야 한다.