

# 그라비아 인쇄기계에 대한 이해(3)

신동호/성안기계공업(주) 대표이사

## 목차

### 1. 머리말

### 2. 그라비아 인쇄기의 종류

- 2-1. Common Impression 그라비아 인쇄기
- 2-2. Stack 그라비아 인쇄기
- 2-3. Inline 그라비아 인쇄기

### 3. 그라비아 인쇄기의 구성

### 4. 각 Unit별 구조와 기능

- 4-1. 급지부
- 4-2. 송지부
- 4-3. 인쇄부
  - a. 판동부
  - b. 압동부
  - c. 독터장치

- d. 잉크 팬
- e. 건조장치
- f. 냉각장치
- g. 핀트 제어장치
- h. 구동장치
- i. 가이드 롤러
- j. 프레임
- k. 제어반
- 4-4. Out Feeding Unit
- 4-5. 권취부
- 4-6. 구동장치

### 5. 주변기기

### 6. 그라비아 인쇄기의 다목적화

### 7. 맺음말

#### d. 잉크 팬

잉크 팬의 기능은 동판에 연속적으로 잉크를 공급하기 위한 것으로써 각 기계 메이커나 인쇄공장에 따라 디자인이 매우 다양하나 크게 두 가지의 형태로 구분할 수 있다.

하나는 동판을 팬에 담긴 채로 회전시켜 하는 방법으로서 가장 많이 사용된다. 비교적 사용이 간편하나 용제의 증발면적이 커서 운전중 용제의 손실량이 많고 팬 내부에서 동판이 회전할 때 잉크의 유동이 거의 같은 모양을 반복하므로 이때 표면층에 발생하는 잉크도막이 인쇄불량의 원

인이 되므로 이를 제거할 수 있는 설계상의 배려가 요구된다. 또 한 가지 형태는 구미지역에서 많이 활용하는 방법으로써 잉크 Applicator를 부착, 용제의 증발면적을 최소화하여 잉크의 증발에 따른 도막현상을 방지할 수 있으나 반드시 잉크펌프를 사용하여야 하므로 적은 양의 인쇄물에는 잉크의 손실이 많고 청소하는데 소요되는 시간이 긴 불편이 따른다.

#### e. 건조장치

그라비아 인쇄의 경우는 매 색도 인쇄후 반드시 건조과정을 거쳐야 다

음 색도를 인쇄할 수 있으므로 건조 장치의 능력은 곧 인쇄속도와 매우 밀접한 관계에 있고 기계운전시 소모되는 에너지의 2/3이상이 건조를 위한 열에너지로 소비되므로 운전비용과도 매우 밀접한 관계에 있다. 따라서 효율적인 건조장치의 설계는 결과적으로 인쇄제품의 생산가격에 막대한 영향을 미친다고 보아야 한다.

건조와 관련된 기술적 이론의 전개는 매우 많은 양의 설명이 요구되므로 본고에서는 그 기본적 구성요소와 구조 및 열원의 종류와 선택 등에 관하여 기술하고자 한다.

▲건조장치의 구성요소

- Chamber
- Blower
- 열매체(열원)
- 제어장치

건조장치는 위에 언급된 것처럼 크게 네 가지로 구성된다고 볼 수 있다.

(1) Chamber(건조기)

건조란 인쇄과정에서 묻혀진 잉크 속의 용제를 증발시키는 것이므로 가능한 한 적은 비용으로 빠른 시간 내에 증발시킬 수 있도록 설계되어야

할 것이다.

이를 위한 설계방식으로 가장 많이 활용되는 것이 노즐을 이용한 열풍을 인쇄면에 빠른 속도로 부딪치게 한 후 증발된 용제를 급속으로 건조기 외부로 배출시키는 방법이다.

따라서 원단에 가해져야 할 열풍의 속도, 이와 관계되는 노즐의 크기 및 형상, 또한 노즐과 원단과의 거리 등은 건조속도와 밀접한 관계를 가지고 있으며 인쇄속도가 빠를수록 노즐을 통과하는 풍속은 거의 비례하여 빨라져야 한다(표 3 참조).

또한 건조과정에서 증발된 건조기 내의 용제 밀도는 용제의 종류에 따라 폭발위험이 수반되므로 이에 대한 특별한 설계상의 주의가 요구되며 [표 4]는 이에 대한 용제별 폭발한계치를 보여준다.

최근 일부 인쇄기의 건조기는 노즐 대신에 여러 개의 구멍을 통하여 열풍을 공급하는 경우를 볼 수 있으나 이는 노즐 방식보다 비효율적이므로 그라비아 인쇄기에서는 사용하지 않는 것이 바람직하다고 본다.

또한 건조기의 크기는 인쇄될 원단의 폭과 잉크의 도포량에 따라서 결정되어야 하며, 이 경우 인쇄원단

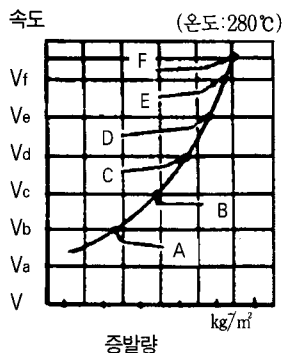
의 투명 여부에 따라 표면 혹은 이면 인쇄가 결정되며 이에 따라 불투명 인쇄물(종이류)의 경우는 제1도 인쇄부를, 또한 투명 인쇄물의 경우는 마지막 인쇄부의 건조기를 길게 할 필요가 있다.

건조기 내부를 원단이 통과할 경우에는 원단의 종류에 따라서 열에 의한 수축 또는 신장이 일어나며 또한 노즐을 통하여 공급되는 빠른 공기에 의한 원단의 떨림 현상이 발생되므로 노즐 뒷편에 가이드 롤을 부착하여 이를 방지하여야 원단의 진행 위치를 일정하게 유지할 수 있고, 이때 가이드 롤 역시 열에 의한 길이 변화가 발생되므로 축 지지부의 적절한 대책이 요구된다.

한편 건조기 내부에서 건조과정중에 증발된 용제를 포함한 공기는 급속히 외부로 배출시켜야 하고, 이때 용제 함량이 적은 공기는 일부 회수(Recycle)할 수 있도록 하면 열의 손실을 일부 방지할 수 있다. 일반적으로 약 30%의 공기를 회수하며 설계에 따라 최대 50%까지 회수하는 경우도 있다.

또한 건조기 내부의 공기압력은 인쇄실의 압력보다 낮도록 하여야 하며 이를 위하여 급풍량 보다는 배풍량을 약 20% 정도 크게 하여야 한다.

[표 3] 증발에 대한 풍속효과



| km/sec | kg/m² |
|--------|-------|
| 20     | 20.0  |
| 30     | 29.5  |
| 40     | 37.0  |
| 50     | 43.0  |
| 60     | 46.5  |
| 65     | 50.0  |

[표 4] 각 용제별 폭발한계

| 용제명  | 상 한   | 하 한   |
|------|-------|-------|
| 톨루엔  | 6.8%  | 1.4%  |
| 키시렌  | 6.0%  | 1.0%  |
| 메탄올  | 36.5% | 6.0%  |
| 에탄올  | 19.0% | 3.28% |
| 작산에틸 | 11.4% | 2.2%  |
| MEK  | 11.5% | 1.8%  |

## (2) Blower

앞에 언급된 바와 같이 인쇄속도에 따라 공급 공기의 조건이 결정되므로 이를 충족시키기 위하여 적절한 Blower의 선택이 요구된다. 아울러 소음대책과 열원의 종류 및 열풍의 공급 경로에 따른 압력 손실량 또는 열 교환시 효율을 고려한 공기의 통과속도 등을 설계시 반드시 배려하여야 한다.

특히 소음의 정도는 80~85dB을 초과하지 않도록 하여야 하며, 이를 고려할 때 Blower의 날개(Impeller)는 약간 큰 것으로 하는 것이 바람직하다. 열교환기의 공기 통과속도는 5m/sec를 넘지 않는 것이 바람직하다.

## (3) 열원(열매체)

건조기의 열원을 선택할 때는 경제성, 안전성, 제어성 등을 충분히 고려하여야 하며, 국가나 지역에 따라 이에 대한 여건은 다소 차이가 있다. 증기(Steam), 전기, 열매체보일러 또는 Gas연소방식 등이 활용되며 각기 장·단점이 있다.

## (4) Steam Boiler

국내에서 가장 많이 활용되는 방법으로써 초기 투자비는 비교적 높으나 제어 정밀도가 좋은 편이다. 그리고 안전도는 매우 높으나 초기 운전시 건조에 필요한 온도까지 소요되는 시간이 길고 관리비용이 많이 든다.

## (5) 전기

초기 투자비가 매우 적은 편이고 사용이 간편하나 운전비용이 비싼 편이다. 제어 정밀도가 비교적 낮으며 간접열풍방식으로 하면 안전에 문제가 적으나 복사열을 이용한 직접 가

열방식으로 할 경우 안전에 매우 유의하여야 한다.

## (6) 열매체 보일러(Thermo Oil Boiler)

이 방법은 열 교환 매체로써 비교적 잠열(Latent Heat)이 높은 오일을 가열시켜 열교환시키는 방법으로써, 온도 제어 정밀도가 높고 매우 안전하나 초기 투자비가 높고 관리비용이 높은 편이다. 사용온도까지 소요되는 시간이 매우 길며, 특히 온도 제어용 부품의 선택에 유의하여야 한다. 필자의 견해로는 그라비어 인쇄기용으로는 적합하지 않다고 본다.

## (7) Gas 연소방식

어느 열원보다도 직화식이므로 효율을 높일 수 있는 방식으로써 온도 제어 정밀도도 높으며 초기 운전 소요시간이 매우 짧기 때문에 일본 또는 구미지역에서 많이 활용되는 열원이다. 국내의 경우는 Gas의 공급여건을 고려하여야 하고, Boiler 및 제어장치를 수입에 의존하여야 하며 특히 사용 및 관리상의 안전에 유의하여야 한다.

## f. 냉각 장치

그라비어 인쇄기에 있어서 냉각장치는 건조과정을 거친 원단이 열에 의하여 수축 또는 신장되는 것을 막기 위하여 필요하다. 냉각 방법으로는 공기에 의한 방식과 냉각수를 냉각롤러 내부에 공급하는 방법들이 이용되며 이중 냉각롤러에 의한 방법이 더 효과적이다. 이때 유의하여야 할 것은 냉각수의 온도를 20~25도 정도로 유지하는 일이며, 냉각수에 의한 열전도율이 높은 롤러의 재질 선택과 가능한 한 냉각수가 롤러 내부

에 공급되더라도 가볍게 회전되도록 설계하는 일이다.

경우에 따라서 냉각수의 온도가 너무 낮거나 인쇄실 내부의 습도가 높고 롤러와의 온도차가 클 경우 롤러 표면에 결로 현상이 발생할 수 있으며, 이는 곧 인쇄면과 접촉하여 인쇄의 품질을 저하시키는 원인이 될 수 있다. 일부 기계 메이커의 경우 이를 방지할 수 있는 설계가 제시되고 있다. 또한 장기간 기계를 사용할 경우 물에 의한 부식을 고려한 부품의 선택도 채택할 필요가 있다.

## g. 핀트 제어장치

인쇄에 있어서 핀트제어는 가장 중요한 기능이라 할 수 있으며, 좌·우(폭) 방향 제어와 전·후(길이) 방향의 제어장치가 필수적으로 부착되어야 한다.

### ▲ 좌·우(폭) 방향 제어장치

일반적으로 인쇄 동판을 좌·우로 운전중에 필요한 위치로 이동시키는 방법을 사용하며 대개 ±15~20mm의 교정을 할 수 있도록 하며 수동 또는 자동제어 장치에 의한 제어를 할 수 있다.

이때 가능한 한 미세제어가 가능한 것이 유리하며 교정후 잠금장치가 필요하다.

### ▲ 전·후(길이)방향 제어장치

전·후방향의 제어방식에는 인쇄 동판의 위치를 제어하는 방식과, 원단의 길이를 변화시키는 방법으로 대별된다.

동판의 위치를 운전중에 변화시키려면 구동장치를 차동기어(Differential Gear)방식으로 해야 한다. 장점으로는 빠른 시간 내에 필요한 위치로 교정할 수 있으므로 주로 두꺼

운 인쇄원단 즉 비닐 장판재 또는 일부 플라스틱 발포벽지 등의 인쇄에 활용되나 동판에 구동을 전달하는 과정의 기어단수가 다단이어야 하므로 장기간 사용할 경우 마모에 의한 기어틈새 때문에 인쇄 정밀도가 떨어지는 것이 단점이므로 일반 연포장용 인쇄기계에는 잘 사용하지 않는다.

원단의 길이를 변화시키는 방법으로는 여러 가지 형태의 설계방식이 있으나 주로 롤(Compensating Roll)의 위치이동 방법을 이용하며, 이때 가능한 한 원단의 길이 변화량이 롤의 위치이동량에 대하여 항상 비례하도록 하는 것이 이상적이다.

이때 가장 유의해야 할 점은 롤의 위치 이동이 매우 정밀해야 하며 이를 위하여 최근에는 Ball Screw를 많이 활용한다.

#### ▲ 자동 핀트 제어장치(Color Controller)

인쇄기의 운전속도가 어느 정도 올라가면 운전자의 육안으로는 인쇄의 핀트 상태를 확인할 수 없게 되며, 확인이 가능하다 하더라도 일시적인 핀트 오차에 대하여 작업자에 의존하여 교정시기에는 비경제적인 결과를 초래한다.

따라서 이를 해결하기 위하여 사용되는 것이 자동 핀트 제어장치이다.

이 제어장치의 구성은 핀트를 확인하기 위하여 쓰이는 스캐너(Scanner)와, 확인된 신호에 따라 필요한 제어를 수행하는 제어장치 및 제어지시에 따라서 필요한 교정기능을 수행하는 교정장치(Correction Motor)로 구성된다.

스캐너는 과거 필름과 같은 투명체와 종이와 같은 불투명체의 종류에

따라 구분하여 사용하였으나 최근에는 투명체와 불투명체에 모두 사용할 수 있도록 개발되어 있다.

또한 제어 장치에는 아날로그(Analog)에 의한 제어 방식과 디지털(Digital)제어 방식이 있으나, 아날로그 방식은 가격은 저렴하나 교정속도가 매우 느리므로 최근에는 디지털(Digital) 제어방식을 주로 사용하며 교정속도도 동판의 매 회전마다 교정능력이 있으므로 매우 신속하기 때문에 인쇄의 품질은 물론 고속운전시에도 핀트 불량에 의한 손실을 줄일 수 있다. 또한 교정 신호에 따라 핀트를 러를 이동시켜 주는데 쓰이는 모터는 과거 Reversible Motor에 간이 브레이크를 부착하는 방식을 사용했으나 이는 모터의 회전에 의한 관성을 완전히 순간 차단하는 데는 한계가 있으므로 최근에는 Stepping Motor에 의한 제어방식을 사용하므로 제어 정밀도가 매우 향상되었다.

#### h. 구동장치

인쇄기의 구동장치는 매우 다양한 설계 방식이 있었으나 가능한 한 주 구동 모터로부터 동판에 이르는 동력 전달과정을 단순화시키고 기어의 단수를 작게 하는 것이 바람직하다.

또한 기어박스의 감속비는 사용되는 동판의 최소 및 최대 규격과 인쇄기의 설계속도에 따라서 결정되어야 하며 내부에는 반드시 기어유(Gear Oil)를 공급하는 것이 기계의 내구성을 높일 수 있는 방법이다. 또한 운전도중 인쇄기를 급정지시켜야 할 경우가 있으므로 인쇄부와 인쇄부를 연결하는 카프링도 충격을 흡수할 수 있는 것을 선택하여야 한다.

또한 주 구동모터는 매우 다양한

선택을 할 수 있으나 다음과 같은 모터들이 주로 사용된다.

- V.S Motor
- D.C Motor
- A.C Vector Motor
- 기타

V.S Motor는 가격이 저렴하고 관리의 쉬우나 그라비아 인쇄기의 특성상 저속도 운전시 정확한 동력전달이 어려우며 이는 원단의 장력제어에 영향을 미칠 수 있는 단점이 있다.

D.C Motor는 V.S. Motor보다 비교적 저속에서 고속에 이르기까지 정확한 동력전달이 가능하므로 가장 많이 활용되나 약간 고가이며, 구조적으로 브러시(Brush)를 사용하여야 하므로 방폭형으로 만들기 어렵고 따라서 적절한 관리와 사용상의 안전에 대비하여야 한다.

A.C Vector Drive 방식은 최근에 개발된 방법으로써 모터를 방폭으로 만들 수 있고 브러시를 사용하지 않으므로 관리가 간편하며, 제어 정밀도면에서도 우수하나 가격이 고가이고 수입에 의존하고 있다.

이상에 열거한 종류 이외에도 여러 방법을 사용할 수 있겠으나 유의하여야 할 점은 저속이나 고속에서의 제어 정밀도와 용체에 대한 안전성 및 관리상의 편의성 등을 고려하여 선택하여야 한다.

#### i. 가이드 롤러(Guide Roller)

인쇄기에 있어서 가장 중요한 부품중에 하나로서 메이커에 따라 매우 다양한 설계방식을 채택하고 있으나 가능한 한 가볍게 회전될 수 있도록 하는 것이 가장 중요하다. 이를 위하여는 축수부의 마찰저항, 롤러의 재질, 크기 및 중량, 원단과 롤러와의

접촉각 등에 대한 기술적 고려가 필수적이다.

따라서 축수에 걸리는 하중을 W, 가이드 롤러의 반경을 R, 축수의 반경을 r, 축수의 마찰계수를  $\mu$  라고 하고 가이드 롤러의 마찰력을  $\Delta T$  라고 할 경우 다음과 같은 식이 주어진다.

$$\Delta T = \mu \frac{W \cdot r}{R} \dots\dots\dots(\text{식1})$$

(식1)에서 볼 수 있는 것과 같이 마찰력은 축수의 마찰계수와 롤러의 하중 및 축수부의 반경에 비례하며 롤러의 반경에 반비례함을 알 수 있다.

따라서 마찰력을 적게 하기 위해서는 마찰계수가 작은 베어링을 선택하는 것이 유리하며, 이를 위하여 축수부는 작게 설계하고 베어링에 공급하는 윤활유의 양을 적게 하여 저항을 줄이는 것이 좋다.

또한 롤러의 하중은 가능한 한 가벼운 소재가 좋으며 일반적으로 알루미늄을 사용할 경우 철롤러에 비하여 약 1/2로 하중을 줄일 수 있다. 이때 (식1)에서 보는 바와 같이  $\Delta T$ 를 작게 하려면 롤러의 직경을 크게 할수

록 유리하나 이는 롤러의 하중W가 동시에 커지므로 유의해야 한다.

또한 축수에 걸리는 하중은 가이드 롤러의 중량 및 원단의 장력에 의한 하중의 합과 같다. 따라서 다음식이 얻어진다.

$$W = W_1 + W_2 \dots\dots\dots(\text{식2})$$

$W_1$  = 가이드 롤러의 중량

$W_2$  = 원단의 장력에 의한 하중

여기서  $W_1$ 은 원단과 가이드 롤러의 접촉각도에 따라 (그림 25)와 같이 크게 변한다.

따라서 원단의 장력에 의한 하중  $W_2$ 는 원단의 장력 T와  $T + \Delta T$ 의 합력에 대한 수직성분과 같다. 일반적으로 원단의 장력 T와  $T + \Delta T$ 는 별로 큰 차가 없으므로  $\Delta T \approx 0$ 으로 간주해도 좋다.

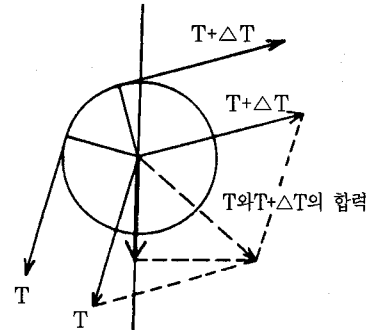
그러므로 마찰력을 P, 접촉각을  $\theta$  (Radian), 원단과 가이드 롤러의 마찰계수를  $\mu$ , 원단의 장력을 T라 할때 (그림26)에서 다음식이 구해진다.

$$P = (e^{\theta} - 1) \cdot T \dots\dots\dots(\text{식3})$$

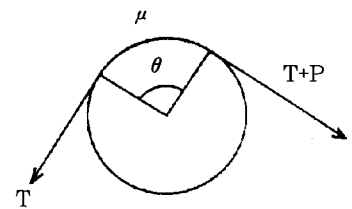
( $e: 2.1828 \dots\dots$ )

여기서  $\mu$  는 원단의 종류 및 가이드

(그림 25) 원단의 축수 하중



(그림 26) 원단과 가이드 롤러의 마찰력



드 롤러의 재질, 표면상태에 따라 변한다.

따라서 (식3)의 계산치인 가이드 롤러와 원단의 마찰력인 P와 (식1)에서 계산된 가이드 롤러의 마찰력  $\Delta T$ 를 비교하여 그 값이  $\Delta T < P$ 가 될 경우는 원단이 롤러에서 미끄러짐이 없이 회전한다고 볼 수 있다.

(계속)

### 벤치마킹

기업들이 주변에서 뛰어나다고 생각되는 상품이나 기술을 배워 자사의 생산방법에 합법적으로 응용하는 것.

다른 우수한 상품들의 기술을 일단 배우고 나서 이를 자사 제품생산에 응용, 새로운 생산방식을 재창조한다는 점이 단순한 모방과는 다르다.

미국의 포천誌가 '쉽게 아이디어를 얻어 새상품 개발로 연결시키는 기법'이라며 벤치마킹(Bench Marking)이라고 이름지었다.

미국의 포드사는 '토러스'라는 차를 만들 때 이 기법을 도입했다. 소비자들이 가장 중요하다고 여기는 400가지 특성을 조사해 그 분야에서 최고의 품질을 가진 車의 기술을 응용했다. 예를 들

어 문손잡이와 앞좌석 부분은 제너럴모터스의 세비루미나, 할로겐헤드라이트는 혼다의 어코드, 가변핸들분하는 닛산의 맥시마 등에서 기술을 응용해 새로운 차를 만들어 내는데 성공했다.

미국의 품질관리협회가 4개업종 580개업체를 대상으로 조사한 결과 31%가 규칙적으로 벤치마킹을 활용하고 있는 것으로 나타났다.

최근 벤치마킹의 유용성이 알려지면서 국내기업들도 앞다퉈 이 방식을 도입하고 있으며 벤치마킹을 소개하는 책들도 봇물을 이루고 있다.