

인쇄물의 품질 관리

오프셋인쇄는 세계적으로 가장 많이 사용되는 인쇄기법으로, 고품질 인쇄물 생산에 적합하다. 인쇄물 품질 평가는 계조재 현성, 색재현성, 망점재현성, 인쇄균일성, 선예성, 콘트라스트, 광택, 뒤비침, 내구성, 공해성 등을 객관적으로 분석해 이뤄진다. 대한인쇄문화협회에서는 문화체육관광부의 지원을 받아 '품질향상을 위한 평판 오프셋 인쇄기 운용기술' 교재를 개발해 고품질 인쇄물 생산을 위한 인쇄기 기본정비와 품질관리 등에 대해 정리했다. 본지에서는 교재에 게재된 내용을 정리해 연재한다. <편집부>

1. 품질관리

1) 품질관리 개요

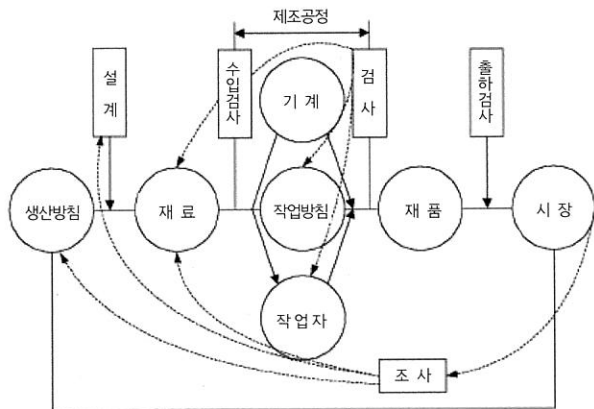
품질이란 고객이 요구하는 품질을 생산하기 위한 합리적이고 경제적 인 모든 활동이라고 말할 수 있다. 우리나라에서 품질관리 활동이 시작된 것은 1961년 공업표준화법이 제정되면서 부터다. 1990년대 들어 국제표준화기구가 국제품질보증시스템으로 제정한 ISO 9000 시리즈를 우리나라 기업이 도입하면서 품질경영에 대한 개념이 확산되기 시작해 오늘날에는 기업의 대부분이 종합품질경영(TQM)을 기업 경영의 중요한 과제로 삼고 있다.

종합품질경영의 바탕이 되는 종합품질관리(TQC)는 소비자가 만족할 수 있는 품질의 제품을 가장 경제적으로 생산하고 서비스할 수 있도록 사내 각 부문의 품질개발, 품질유지, 품질개선 노력을 종합하기 위한 효과적인 시스템으로 파이겐바이움(A.V. Feigenbaum)이 주창한 개념이다. 품질에 대한 책임을 제조부분에만 국한하지 않고 전사적인 접근으로 확장했다.

품질에 영향을 주는 생산의 주 요소는 4M, 즉 원재료(material), 기계설비(machine), 사람(men), 기술(method)로 구성된다. 이를 세분화한 7M은 자본(money), 시장(market) 및 전체를 통괄하는 경영(management)을 포함하고 있으며, 파이겐바이움은 품질에 영향을 주는 요소로 9M(markets, money, man, motivation, material, machines and mechanization, modern information

method, mounting product requirements)을 제시하고 있다.

<그림 91>은 생산공정의 전체 흐름을 나타내는 것으로 생산의 각 요소와 활동이 경제적, 합리적으로 결합되었을 때 품질관리는 완성된다. 관리는 회사의 경영방침을 계획하고 수립해 모든 기업 운영을 적절히 통제하는 매니지먼트(management)와 어떤 표준이나 목표를 설정해 그것을 달성하기 위한 모든 행동을 제어하는 컨트롤(control)의 의미가 있다. 관리를 세분하면 계획, 실시, 검토, 조치를 나타내는 PDCA 사이클로 나타낼 수 있다.



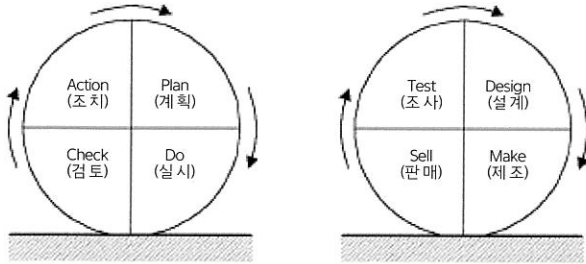
<그림 91> 생산공정의 흐름

① 계획(plan) : 경영 방침에 역점을 두고 목표로 하는 품질을 만들기 위해 필요한 조직, 방법, 조건 등에 대한 모든 사항을 계획하는

것을 말한다.

- ② 실시(do) : 각 부분이 협력하여 계획대로 실시한다.
- ③ 검토(check) : 모든 것이 계획대로 실시되는지 검토한다.
- ④ 조치(action) : 검토된 결과에 따라 조치를 취한다.

4단계가 PDCA 순서대로 실행하고 다시 ①단계로 되돌아가는 것을 사이클(cycle)이라고 한다. 데밍 사이클은 품질에 대한 책임감을 중 요시하는 관념이다.



<그림92> PDCA 사이클과 데밍사이클

(1) 품질관리 도구

품질관리 활동은 육감에 의해서 판단하지 말고, 사실을 객관적으로 나타내는 데이터를 합리적인 방법에 의해 구하고 이를 통계적 방법으로 정리한 정보를 바탕으로 판단하는 것이 바람직하다.

품질관리 도구에는 특성요인도, 파레토그림, 체크시트, 히스토그램, 그래프, 층별, 산점도 등이 있으며, 이를 QC7 도구라고 한다.

① 특성요인도 (cause and effect diagram)

문제의 결과가 어떤 원인으로 일어나는지 그 인과 관계를 살펴보고 도식화해서 한 눈에 볼 수 있게 나타내므로 문제점을 파악하고 해결 방안을 찾는 데 유용한 도구이다.

② 파레토그림 (pareto diagram)

불량, 결점, 고장 등에 대해 어떤 항목에 문제가 있는가, 그 영향은 어느 정도인가를 알아낼 수 있다.

③ 체크시트 (check sheet)

불량 수, 결점 수 등 셀 수 있는 데이터를 분류 항목별로 알기 쉽게 표나 그림으로 도식화한 것을 말한다.

④ 히스토그램 (histogram)

길이, 무게, 시간, 경도 등을 측정된 데이터(계량치)가 어떤 분포를 하고 있는지 알기 쉽게 나타낸 그림이다.

⑤ 그래프 (graph)

단순명료하게 많은 정보를 빠르게 보여주기 위한 각종 그림을 말한다.

⑥ 층별 (stratification)

집단을 구성하고 있는 많은 데이터를 어떤 특징에 따라 몇 개의 부분 집단으로 나누는 것을 말한다.

⑦ 산점도 (scatter diagram)

두 개의 짝으로 된 데이터를 그래프 용지 위에 점으로 나타낸 그림으로 산포도라고도 한다.

(2) 품질관리의 효과

품질관리를 실시한 결과 및 성과는 업체의 추진 방법이나 실천 정도에 따라 다를 수 있지만 일반적으로 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

- ① 생산 제품의 품질이 향상된다.
- ② 불량률 감소로 제조원가가 절감된다.
- ③ 불량품 감소로 생산량이 증가한다.
- ④ 품질에 대한 인식이 높아진다.
- ⑤ 표준화할 수 있다.

2. 인세물의 품질관리

인세물의 품질을 향상시키기 위해서는 최종 인세물의 평가를 정확히 해야 한다. 평가방법으로는 주관적인 평가, 객관적인 평가 및 계측기를 이용하는 방법이 있다.

1) 주관적인 평가

인간의 육안에 의해 평가하는 방법은 평가 당시 그 사람의 정신적인 감정이 개입되거나 평가자의 지적 수준과 특히 인세물에 대한 예술적인 감각과 전문성 등에 따라서 결과가 달라질 수 있다.

예를 들어 광택이 많이 나는 용지에 광택 바니시 등을 많이 첨가하고 인세물의 광택에 중점을 둔 화려한 인세물을 가장 좋은 인세물이라고 말하는 사람이 많다. 하지만 이런 평가를 하는 사람들은 대체로 인세물과 인세에 대해 잘 모르는 경우가 많으며, 이와 같은 평가기준을 갖고 있는 사람들은 대부분 인세물의 수요자라는 점이다. 반대로 무광택이면서 전체적인 인세물의 분위기가 침착하고 화려하기보다는 우아한 인세물을 좋은 인세물로 평가하는 사람도 많다. 이런 평가는 대체적으로 미술적인 감각이 있는 사람, 혹은 인세를 전문적으로 하는 경우가 많은데 이런 사람들은 주로 인세물을 생산하는 입장에 있다.

이와 같이 인세물의 좋고 나쁨의 판단은 그것을 보는 사람의 기호와 입장에 따라 상당히 크게 변화되므로 어떤 것이 옳다고 명확하게 말할 수 없다. 따라서 인세물을 만들어 공급하는 입장에서는 가능한 많은 수요자의 만족을 얻을 수 있는 인세물을 만들도록 노력해야 한다.

2) 객관적인 평가

인세물의 망점 모양이나 화선의 미세한 원소들의 모양을 관찰해 인세물을 평가 또는 판단하는 방법을 미시각적인 방법이라고 하는데 인세물의 객관적 평가 기준은 주로 미시각적인 대상을 평가하는 경우가 많다.

객관적인 평가 방법의 주요 평가 요인은 계조 재현성, 색 재현성, 망점 재현성, 인쇄 균일성, 선예성, 콘트라스트, 광택, 뒤비침, 내구성, 공해성 등이다.

(1) 시각적인 평가 대상

- ① 농담의 재현성을 평가한다.
- ② 콘트라스트, 선예성, 인쇄물의 균일성 등을 평가한다.
- ③ 종합적인 색상의 재현상태를 평가한다.
- ④ 광택, 인쇄물의 미려함 등을 평가한다.
- ⑤ 인쇄 후 뒤비침을 평가한다.
- ⑥ 기타 인쇄물의 더러움, 비화선부의 오염, 뜯김, 얼룩, 문어남 등을 평가한다.

(2) 미시각적인 평가 대상

- ① 망점의 재현상태를 면적, 농도, 윤곽 등 계측기를 이용해 평가한다.
- ② 용지 표면강도에 의한 미세한 뜯김, 보풀, 미세한 허기 등을 평가한다.
- ③ 잉크의 침투 깊이, 잉크의 건조 표면, 잉크 접착 상태 등을 평가한다.

(3) 물리 화학적 분석 평가 대상

- ① 인쇄물의 잉크 및 종이 등의 재료 분석 후 평가한다.
- ② 재료의 계면장력, 정전기, 피인쇄체의 접착력, 습수와 유화 등을 평가한다.
- ③ 인쇄 압력 분표, 잉크의 레올로지, 종이의 압축 및 탄력성 등을 평가한다.
- ④ 인쇄물의 내구성, 공해성 등을 종합평가한다.

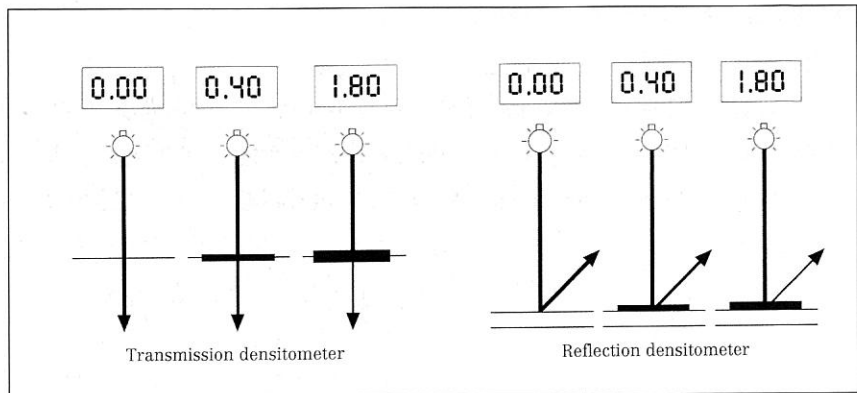
(4) 기계의 물리적인 감응 평가

- ① 특수 인쇄물을 reader, writer, sensor 등의 감응 효과로 평가한다.

3) 계측기를 이용한 평가

(1) 농도법

인쇄물의 반사율이나 투과율을 측정한 값을 인쇄 잉크의 농도(density)라고 한다. 인쇄 잉크의 농도는 재현작업이나 인쇄공정에서 품질관리를 하거나 인쇄물의 객관적인 평가방법으로 많이 사용되고 있으며 인쇄적성을 연구하는 방법 중에 가장 쉽고 가장 많이 사용



<그림 93> 반사농도계와 투과농도계

하고 있는 방법이다.

농도를 측정하는 기구를 농도계(densitometer)라고 하고 농도계를 사용하는 방법을 농도법이라고 한다. 농도계는 손에 들고 사용하는 장비 또는 자동 계측 장치의 형태로 사용되고 있다.

농도계에는 투명 필름의 흑화도(blackening)를 측정하는 투과 농도계(transmission densitometer)와 불투명한 물질에 잉크로 인쇄된 인쇄물이나 인쇄된 상 등을 측정하는 반사 농도계(reflection densitometer)가 있다.

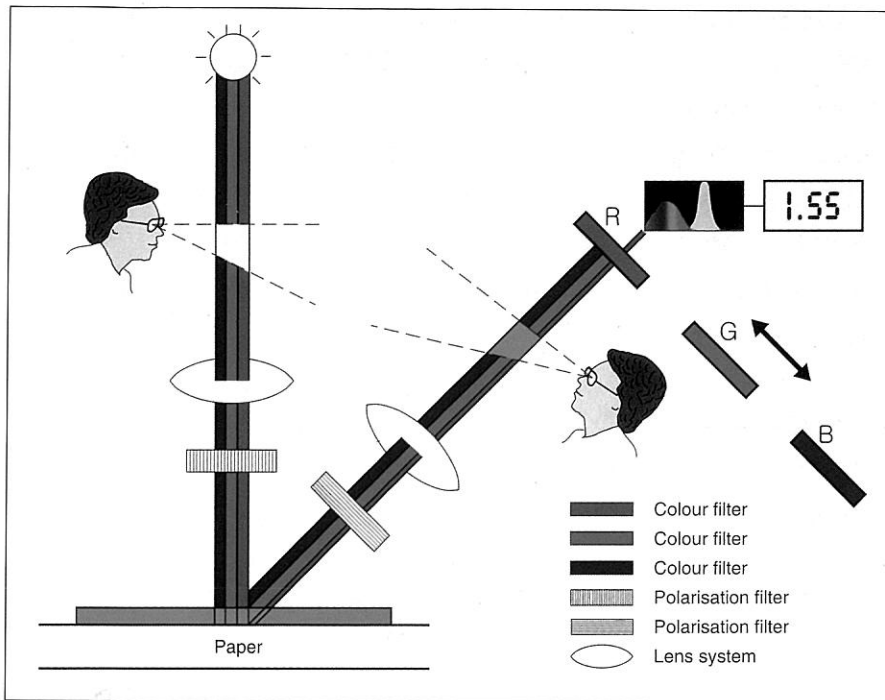
① 반사 농도계의 측정 원리

반사 농도계에서 측정된 잉크는 광원에 의해 비취진다. 이 빛 중에 흡수되지 못한 대부분의 빛은 인쇄용지의 불규칙한 면에 의한 산란에서 발생된다. 반사된 빛의 일부는 다시 잉크 속을 통과하고 다시 반사되거나 흡수된다. 또 흡수되지 않고 남은 빛은 탐지기에 도달하고 탐지기에 의해서 빛은 전기적 신호로 전환된다. 반사 농도계의 측정 결과가 농도의 단위로 얻어지게 된다.

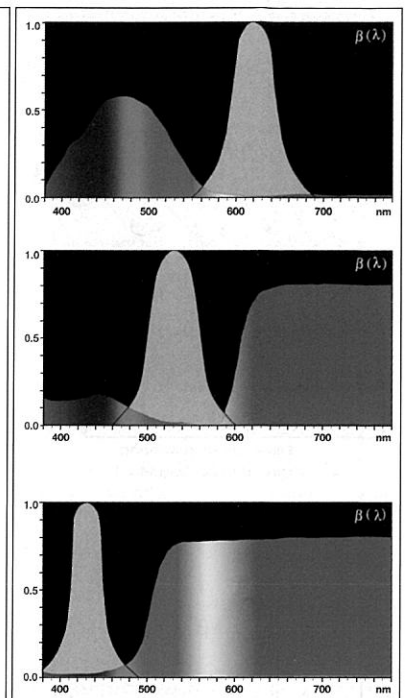
농도 측정법에서는 렌즈 시스템에 의해 빛의 초점을 맞추도록 돼 있다. 편광 필터(polarization filter)는 건조되지 않은 잉크의 표면에서 얻은 측정값과 건조된 잉크의 표면에서 얻은 측정값간의 오차를 방지하기 위해서 사용한다.

백색광이 인쇄물이나 시료에 조사되는데 여기서 백색광이란 red, green, blue가 같은 비율로 분포되어 있는 빛을 말한다. 어떤 잉크가 red 빛을 흡수하는 안료를 대부분 가지고 있고 green, blue를 반사한다면 우리는 이것을 cyan 이라고 부르는 것이다.

농도계는 각 색상의 흡수 범위 내에서 측정되는데 농도와 잉크의 두께가 상호관계에 놓여 있다는 것을 알 수 있다. red 필터는 blue와 green은 막고 오로지 red만을 통과하도록 할 때 사용한다. 주어진 잉크의 농도는 주로 안료의 농도와 안료에 의해 만들어진 잉크의 두께에 영향을 받는다.



〈그림 94〉 반사농도계 측정원리



〈그림 95〉 분광반사율 곡선과 컬러 필터

② 컬러 필터와 광도 필터

농도계에 있는 컬러 필터는 cyan, magenta, yellow의 흡수 특성에 알맞아야 한다. DIN16 536과 ISO/ANSI 5/3과 같은 일반적인 필터의 경우 분광 특성이 정의돼 있다. 컬러 필터의 좁고 넓은 폭이 명시돼 있는데, ISO에서는 A와 T로 표시돼 있다. 좁은 폭의 필터는 넓은 폭의 필터에 비해 보다 작은 범위에 사용해야 하고 이런 범위는 필터의 제작회사에서 제공한 측정 데이터 값을 참조해 사용해야 한다.

컬러 필터는 항상 측정할 인쇄 잉크의 색상에서 보색(complementary) 관계에 있는 것을 선택해야 한다. 검은색과 별색은 별도의 필터로 측정하는데 검은색은 육안의 분광감도(spectral of brightness sensitivity)와 일치하는 visual필터를 가지고 측정해야 하고, 별색(special color)은 가장 높은 측정값으로 변환할 수 있는 필터로 측정해야 한다.

〈그림 95〉는 DIN 16 536에 따른 컬러 필터와 cyan, magenta, yellow의 분광 반사율 곡선이다.

컬러 필터의 원리는 농도계뿐만 아니라 색분해 공정과 컬러 스캐너의 원리에서도 가장 중심이 되는 기본 원리이다.

〈표 3〉 인쇄 잉크와 컬러 필터

인쇄 잉크	필터의 색
Cyan	Red
Magenta	Green
Yellow	Blue

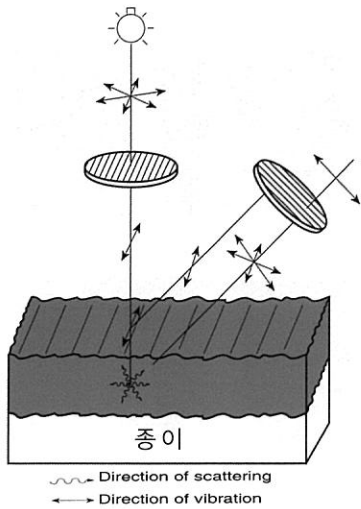
③ 편광 필터

농도계는 건조돼 있는 잉크뿐만 아니라 아직 건조되지 않고 젖어 있는 잉크의 농도도 측정할 수 있다.

인쇄공정에서 잉크는 아주 불규칙적인 구조를 가진 종이 표면에 전이되며 반사효과가 자연스럽게 감소하게 된다. 잉크가 젖은 상태와 건조된 상태에서 각각 측정하면 그 농도 값은 다르게 될 것이다. 이러한 농도 값의 차이를 제거하기 위해 두 개의 교차하는 선으로 된 편광 필터(polarization filter)를 사용한다. 편광 필터는 여러 방향에서 진동되는 모든 빛 파장, 즉 잡광을 차단시키고 오직 하나의 개별적인 진동 방향을 지닌 빛만을 투과시킨다.

편광 필터를 젖은 상태와 건조된 상태 등 모든 측정용 광이 통과하는 중간에 끼워 넣는다. 편광 필터는 빛이 특별히 다른 방향으로 진동하는 빛의 파장을 막아줄 뿐만 아니라 빛의 파장이 한 방향으로만 진동하도록 해 주는 역할을 한다. 첫 번째 편광 필터에 의해서 편광된 빛의 일부분은 잉크 표면에서 반사된다. 즉, 진동 방향은 변화가 없다. 두 번째 편광 필터는 90° 방향으로 배치하는데 잉크 표면에서 반사된 빛의 파장이 통과하지 못하도록(잉크의 농도만 측정할 수 있도록) 하기 위한 것이다.

이와 같이 편광 필터가 젖은 잉크의 표면에서 빛이 반사되는 부분을 막아주기 때문에 젖은 잉크나 건조된 잉크의 농도 측정값은 거의 같게 된다. 편광 필터에 흡수된 빛 때문에 검지기에 도달한 빛의 강도는 일반적으로 약해진다. 따라서 편광 필터를 사용한 대부분의 농도계는 일반적으로 다른 광학적인 측정기보다 그 값이 낮다.



<그림 96> 편광 필터의 원리

$$D = \log \frac{1}{\beta}$$

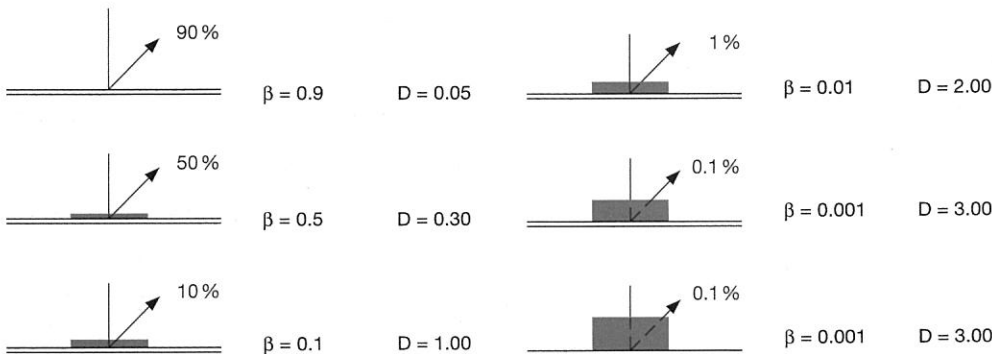
여기서 반사계수 β 는 인쇄잉크의 반사율과 표준 백색광 반사율의 비율이다. 인쇄 잉크의 반사율을 I_B 라고 하고, 표준 백색광의 반사율을 I_W 라고 했을 때 반사계수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\beta = \frac{I_B}{I_W}$$

이와 같은 반사율 계수 β 값을 가지고 잉크의 농도 값을 구할 수 있다. 예를 들어, 인쇄 잉크의 반사율을 50%라고 하고 표준 백색광의 반사율을 100%라고 하면 $\beta=50/100=0.5$ 가 된다. 따라서 농도 값 D 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$D = \log \frac{1}{\beta} = \log \frac{1}{0.5} = \log 2 = 0.3$$

잉크의 두께와 잉크 농도는 밀접한 관련이 있다. 잉크 두께가 증가할수록 빛의 반사율은 감소하고 잉크의 농도 값은 증가한다.

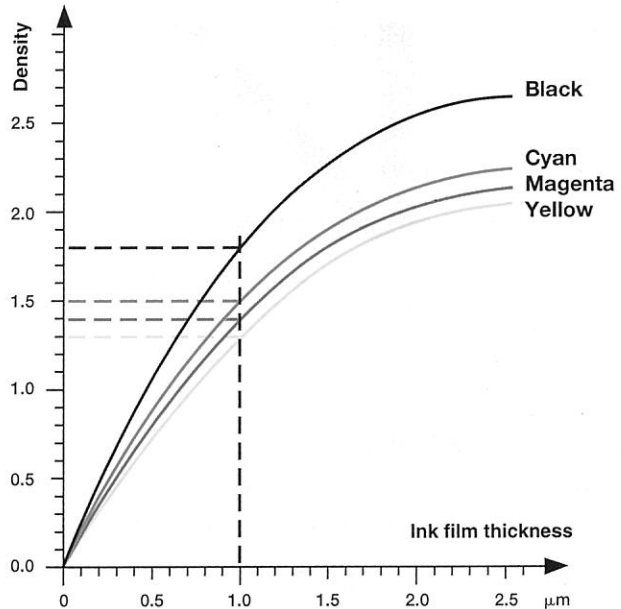


<그림 97> 잉크 두께와 반사계수 및 인쇄농도

④ 인쇄 농도의 정의

농도계는 잉크의 농도 D 에 대한 기록을 대수 값으로 표시한다. 즉, 백색광(reference white)에 대해서 잉크 필름이 흡수한 빛의 대수 비율로 나타내는데 실제로 잉크의 농도 값은 보통 'density'로 부른다. 잉크의 농도 값은 다음 식에 의해 계산한다.

잉크 두께와 농도의 관계를 오프셋 인쇄에서 예를 들면 <그림 98>과 같다. 그림에서 수직선은 일반적으로 오프셋 인쇄의 잉크 두께가 1 μ m인 점을 감안하여 표시한 것이다. 농도 곡선은 잉크 두께가 증가함에 따라 증가하지만 직선적으로 농도가 증가하지 않는다는 특성을 보여준다. 또한 어느 정도 잉크 두께가 형성되면 그 농도는 더 이상 증가하지 않으며 잉크의 최대 농도는 고정되어 오프셋 인쇄의 경우 어느 범위 이상에서는 잉크의 두께와 농도가 관계없다는 것을 알 수 있다.



<그림 98> 오프셋 인쇄에서 잉크 두께와 농도의 관계

⑤ 농도의 측정법

인쇄물의 농도를 측정할 경우에는 영점 조정 즉, 보정을 해야 한다. 보정(calibration)을 하는 이유는 용지의 색에 대한 영향과 잉크의 표면 특성이 잉크 두께의 측정에 대해 영향을 미치는 것을 제거하는데 있다. 보정은 백색 용지에 대해서 zero점을 맞춘다. 보정을 하기 위해서는 절대 백색(absolute white)과 종이의 백색(paper white)의 농도를

측정해 이 점을 zero로 놓는다(눈금 $D=0.00$).

㉑ 민판 농도

민판의 농도계 값을 읽는 것을 민판 농도(DV)라고 한다. 민판 농도는 인쇄된 컨트롤 스트립 위에서 측정하는데, 이것은 인쇄 방향에 대해 직각 방향으로 인쇄된다.

이 컨트롤 스트립에는 C, M, Y, Bk 4색의 인쇄 색과 필요시에는 별 색까지 각 색이 표시된다.

민판 농도 값은 용지 전체와 인쇄가 진행되는 동안 정상적인 범위 (tolerance) 내에서 잉크 두께 값이 유지되도록 하는 것이다.

㉔ 하프톤 농도

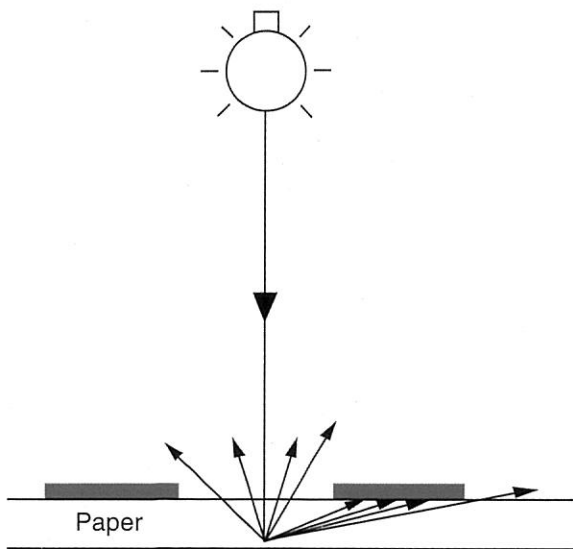
하프톤 농도는 인쇄의 컨트롤 스트립의 하프톤 패치에서 측정된다. 측정하는 지점은 직경 3~4mm 정도이며 이 면적에는 망점과 함께 흰 종이의 반사율이 포함돼 있어서 사람의 눈으로 보는 것과 비슷하다.

측정값은 하프톤(DR)에서의 잉크 농도이다. 하프톤 농도는 측정 부분에서 총면적에 대한 망점 면적비가 클수록, 인쇄 잉크의 두께가 높아질수록 그 값이 높아진다.

㉕ 인쇄물에서의 하프톤 값

스크린을 농도계로 측정했을 때, 그 농도는 기하학적인 망점의 면적 비가 아니라 측정지점에서 도트와 백지 부분사이의 면적 비율 즉, 광학적인 유효 면적비이다.

기하학적인 유효 피복 면적과 광학적인 유효 피복 면적 사이의 차이는 사람의 눈으로 관찰하는 것과 광학적으로 측정되는 것의 차이에 있다. 인쇄되지 않은 부분 사이의 종이 내부로 빛의 일부분이 침투해 들어가 반사되면 잉크의 뒷면에 흡수되는데 이 효과를 'light gathering'이라고 부른다. 광학적으로 망점이 실제보다 더 크게 보이는 것으로 광학적인 유효 피복 면적은 기하학적인 유효 피복 면적에 광학적인 도트 계인을 더한 것이다.



<그림 99> 광학적인 유효 피복 면적

⑥ 평가

민판과 하프톤 농도의 측정값으로 도트 계인과 콘트라스트가 정의된다. 주어진 DV와 DR 값으로 인쇄FD에서의 하프톤 값은 Murray-Davies 공식으로 계산할 수 있다.

$$FD(\%) = \frac{1 - 10^{-DR}}{1 - 10^{-DV}} \times 100$$

도트 계인Z(%)는 인쇄FD의 하프톤 값과 이미 알고 있는 필름FF의 하프톤 값 사이의 차이에 의해서 구해진다.

$$Z(\%) = F_D - F_F$$

콘트라스트는 DV와 DR의 측정값으로 구해진다. 3/4톤에서 DR값을 가장 잘 측정하는 식은 다음과 같다.

$$Krel(\%) = \frac{DV-DR}{DV} \times 100$$

잉크 트래핑은 컬러 영역이 포함된 인쇄 컨트롤 스트립의 민판 중첩 영역에서 모든 2색 중첩과 모든 3색 중첩에 대해 각각의 색에 대한 민판 농도 값으로 계산된다. 잉크 트래핑은 하나의 잉크가 다른 잉크 위에 중첩돼 있는 퍼센트를 나타내는 것으로 트래핑이 100%일 때 분리된 잉크와 종이, 이에 인쇄된 잉크의 관계를 보여준다. 다음 식은 2색 중첩의 경우를 나타낸다.

$$FA_2(\%) = \frac{D_{1+2}-D_1}{D_2} \times 100$$

여기서 D1+2는 두 색이 중첩된 곳에서의 잉크 농도, D1은 첫 번째로 인쇄된 색상의 잉크 농도, D2는 마지막으로 인쇄된 색상의 잉크 농도를 말한다.

(2) 현미경

인쇄물의 품질 평가와 문제점 분석 및 인쇄적성을 관찰하기 위한 방법 중 인쇄물의 상태를 현미경이나 확대경으로 확대해 연구하는 방법을 측미법이라 한다.

잉크와 용지, 인쇄 기계 및 인쇄판 등의 적성을 분석학적으로 연구하는데 대단히 유효하다. 측미법은 투과형과 반사형 두 가지로 나눌 수 있으며 다음과 같은 방법이 많이 사용된다.

- ① 확대경(10~50배 정도)으로 인쇄상태를 관찰한다.
- ② 현미경(100~2,000배 정도)으로 망점의 변형상태를 관찰하는 방법이 있는데, 현미경과 농도계를 합해 미소 반사농도를 측정하는 방법도 있다. 이 방법은 농도법과 측미법을 함께 사용하는 방법이다.
- ③ 전자현미경에 의한 재료의 구성입자간의 상태를 관찰하는 방법이 있다. 잉크 중의 안료가 종이의 섬유소 어느 부분에 있는지를 보거나 종이의 섬유소와 첨가제들의 모양을 보는데 유용하다. 또한 안료의 형태, 기름과의 혼합 상태와 분리 정도 볼 수 있는데 인쇄판의 표면 입자를 관찰하는 방법 등은 인쇄적성의 향상 기술을 보여준다. ↻