

工學碩士學位論文

국내 하프톤 스크린 인쇄를 위한
최적의 스크린 망사 선택
방법에 관한 연구



2013 年 2 月

釜慶大學校大學院

印刷工學科

崔 仁 植

工學碩士學位論文

국내 하프톤 스크린 인쇄를 위한
최적의 스크린 망사 선택
방법에 관한 연구

指導教授 具 哲 會

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함.

2013 年 2 月

釜慶大學校大學院

印刷工學科

崔 仁 植

崔仁植의 工學碩士 學位論文을 認准함

2013年 2月 22日



主 審 工學博士 尹 鐘 太 (印)

委 員 工學博士 趙 가 람 (印)

委 員 工學博士 具 哲 會 (印)

목 차

목차	i
List of Figures	iii
List of Tables	iv
Abstract	v
1. 서 론	1
2. 이 론	3
2-1. 하프톤 인쇄	3
2-2. 스크린 망사 오프닝	4
2-3. AM Screen 방식에 의한 계조 재현	5
2-4. 그레이 밸런스	6
2-4. ISO 12647-5	8
3. 실 험	10
3-1. 원고 제작	10
3-1-1. 그레이 스케일	10
3-1-2. 그레이 밸런스	10
3-2. 제 판	11
3-2-1. 제판 재료	11
3-2-2. 제판 방법	12
3-3. 인 쇄	12
3-3-1. 인쇄 조건	12
3-3-2. 인쇄 재료	13
3-4. 측정 및 분석	14
3-4-1. 측정 장비	14
3-4-2. 분 석	15

4. 결과 및 고찰	16
4-1. 재료의 설정 및 특성	16
4-1-1. 용지의 특성	16
4-1-2. 잉크의 특성	16
4-2. 계조 재현 범위	17
4-2-1. 계조 범위 예측	17
4-2-2. 계조 범위 평가	19
4-3. TVI 평가	22
4-4. 콘트라스트 평가	24
4-5. 콘트라스트 평가	25
5. 결 론	26
참고문헌	27



List of Figure

Figure. 1. Image of halftone printing (left: 50lpi, right: 75lpi).....	3
Figure. 2. Halftone gray scale patch	10
Figure. 3. GATF gray balance chart	11
Figure. 4. Typical screen angles proposed by ISO 12647-5.....	12
Figure. 5. Images of screen printing machine	13
Figure. 6. Images of zoom stereo microscope	14
Figure. 7. Graph on percentage dot area of 75lpi for each mesh screen	19
Figure. 8. Graph on percentage dot area of 100lpi for each mesh screen	20
Figure. 9. Graph on percentage dot area of 150lpi for each mesh screen	21
Figure. 10. Graph on the tone value increase of 75lpi for each mesh	22
Figure. 11. Graph on the tone value increase of 100lpi for each mesh	23
Figure. 12. Graph on the tone value increase of 150lpi for each mesh	23

List of Tables

Table. 1. The Relationship Between Screen Mesh and Opening.....	6
Table. 2. The Properties of Screen Mesh and Frame.....	11
Table. 3. Specification of Screen Printing Machine.....	13
Table. 4. CIEL*a*b* Coordinates of Media for Print Substrate Color Restrictions.....	16
Table. 5. Comparison between ISO 12647-5 Standard and Ink Type used Experiment.....	17
Table. 6. Minimum Dot Size for Mesh Opening.....	18
Table. 7. The Theoretical Size of Dot Diameter for Halftone Screen Printing from 5% to 30%.....	18
Table. 8. Comparison between Tone Value Range of Each Mesh and Requirement of Tone Value Range for Screen Printing used Solvent Ink proposed by ISO 12647-5.....	18
Table. 9. Comparison of Contrast for Each Mesh Condition.....	24
Table. 10. Comparison of Gray Balance for Each Mesh Condition.....	25

A Study on the Optimal Selection Method of Screen Mesh for Domestic Halftone Screen Printing

In-Sik Choi

*Department of Graphic Arts Engineering, Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

Screen printing is a printing method with flexible plate surface characteristics. In addition, since the appearance of electronics industry the screen printing has been demanding high quality and definition. However, Screen printing is a method for taking ink through mesh opening because screen mesh tends to restrict quality of screen printing. In particular, the biggest problem compared with other printing type is halftone reproduction characteristics.

Halftone reproduction characteristics for screen printing depend on screen mesh and opening. Dot losses or dot gains are observed through various types of screen mesh because thread of screen mesh interfere with the movement of the ink. Excessive dot losses or gains can affect the tonal range. Furthermore, this problem can result in other problem such as bad contrast and gray balance. Therefore, it is an important factor to use proper screen mesh for halftone screen printing.

However, domestic screen printing industry relies on worker's experience in field rather than depending on objective data although standardized specifications and optimal printing conditions are required

for screen printing. For this reason, it is important to stipulate standard condition for domestic screen printing industry.

Therefore, it was examined to find tonal range by mesh opening in halftone prints process of screen printing used domestic paper and ink in this study.

In addition, TVI(Tone Value Increase) characteristic was observed by comparing to the manuscripts and prints of the dot area ratio. Furthermore, contrast value and gray balance were confirmed for each condition of the printout. Conditions for the proper selection of screen mesh screen for the quality of the prints were also examined, compared with the international standard of screen printing, ISO 12647-5.



1. 서 론

스크린 인쇄는 판면이 유연한 특성을 가지는 인쇄 방식으로, 다양한 피인쇄체에 인쇄가 가능하기 때문에 전자, 자동차, 섬유, 문구류, 광고, 가전제품, 건축 사업 등 여러 산업 분야에서 선화 인쇄 및 하프톤(half tone) 인쇄로 널리 이용되고 있다. 또한 산업 기술의 발달과 더불어 스크린 인쇄도 점점 고정세화 되어 가고 있으며, 더욱더 고급 인쇄물을 제공할 수 있게 되었다.

그러나 스크린 인쇄 기법은 다른 인쇄 방식과 달리 망사의 오프닝을 통해서 잉크를 전이시키는 방식이므로 망사에 따라서 재현할 수 있는 인쇄 품질이 한정된다.^{1), 2)} 특히 다른 오프셋 인쇄 및 그라비어인쇄와 비교하여 가장 문제가 되는 것은 망점 재현 특성이다.

스크린 인쇄의 망점 재현 특성에 가장 큰 영향을 주는 것은 스크린 망사이다. 망사의 오프닝 정도에 비해 망점이 너무 작으면, 망점이 내려가야 할 위치에 있는 스크린 판의 개방 구멍을 실이 방해하여 망점이 제대로 형성되지 않는다. 또한, 계조 레벨이 높아지게 하면 인쇄판의 망점은 개방구로 빠져나가면서 잉크 퍼짐 현상이 일어나게 되어 어두운 부분에 망점이 사라지게 된다. 이러한 현상 때문에 하프톤 스크린 인쇄에서는 망점 축소나 확대 현상이 일어날 수 있으며, 이것은 인쇄물의 계조 재현 범위에 있어서 매우 큰 영향을 주게 된다. 뿐만 아니라 인쇄 작업에서 계조 재현의 문제는 원고에 대한 최적의 콘트라스트 재현에 방해가 되고, 컬러 인쇄에서는 프로세스 잉크들 사이에 적절한 그레이 밸런스(gray balance) 비율을 얻는 것이 어려움으로 하프톤 스크린 인쇄에 있어서 적절한 망사의 선택은 매우 중요한 요소라고 할 수 있다.^{3), 4)}

이러한 이유로 스크린 인쇄는 인쇄 조건과 그에 따른 표준화된 규격이

필요하지만 국내 스크린 인쇄 산업의 작업 현장에서는 객관적인 데이터보다 실무자의 경험에 의존하기 때문에 이러한 점을 고려하여 고품질 인쇄물의 품질 관리를 위해 표준화 지침이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 생산된 용지와 잉크를 이용한 스크린 망점 인쇄물 제작에서 망사의 오프닝 정도에 따른 계조 재현 범위를 알아 보았고, 원고와 인쇄물의 망점 면적률(percentage dot area)을 비교함으로써 TVI(tone value increase) 특성을 관찰하였다. 또한, 인쇄물의 각 조건에 따른 콘트라스트 값과 그레이 밸런스를 찾아보았으며, 스크린 인쇄의 국제 표준 규격인 ISO 12647-5와 비교하여 인쇄 품질을 위한 최적의 스크린 망사 선택 조건에 대하여 비교 검토하였다.



2. 이 론

2-1. 하프톤 인쇄

주요 인쇄 공정 상 이미지의 재생산이라는 것은 원 도안이나 사진으로 된 것을 색상이나 명암을 연속된 색조로 표현하는 것으로 이러한 인쇄 작업을 하기 위해서는 이미지를 해체시키거나 작은 점으로 만들어 사진 필름을 제작해야 하는데 이러한 필름을 전문 기술 용어로 리소그래피 필름(lithographic film)이라고 부른다. 이러한 필름은 오프셋 인쇄에서 인쇄판(plate)이나 스크린 인쇄에서 인쇄판(stencil)을 만드는 원고가 된다.

망점의 대소는 원래 도안이나 원고의 색조 값에 따라 달라지는데 간단히 말하자면 Figure 1과 같이 밝은 부분은 망점이 작게 표출되고 어두운 부분은 큰 망점으로 필름에 표시된다. 이와 같이 크게 형성되는 망점은 필름의 대부분 어두운 부분과 연계하여 필름을 만들게 된다. 또한 하프톤 인쇄의 해상도는 망점 수가 몇 개인지 또는 직선 인치(lpi)당 몇 선인지로 구분하게 된다.



Figure 1. Image of halftone printing (left: 50lpi, right: 75lpi).

색조 값은 망점 범위의 백분율로 표시하는데 0%는 빛이 완전히 통과할 수 있는 투명 부분을 말하게 되며, 100%는 빛이 완전히 차단되는 것을 말한다. 선의 빈도가 커질수록 망점의 모양은 눈에 잘 보이지 않게 된다. 또한 망점의 백분율 값을 통해 망점의 크기가 달라지며, 인쇄된 하프톤의 명암을 구분 짓게 된다.

오늘날 하프톤을 생성시키는 방법은 색상의 수정이나 이미지 처리를 위하여 스캐너나 전문 컴퓨터 소프트웨어를 사용한다.

2-2. 스크린 망사 오프닝

스크린 인쇄에 있어서 잉크의 전이는 망사의 두께 및 오프닝의 크기 등에 의하여 좌우된다. 여기서 오프닝은 잉크가 통과하도록 열린 부분을 말하며, 이 오프닝이 큰 부분, 다시 말해 화상 면적이 넓어 거의 대부분의 망이 열린 상태에서 잉크를 통과시키는 경우, 잉크 전이량은 망사 두께에 의해 결정된다. 따라서 망사의 두께는 잉크 전이량과 깊은 관계가 있다. 그러므로 망사 mesh와 함께 두께도 고려해야 한다.

스크린 망사의 호칭 치수인 mesh는 스크린 망사의 규격에서 스크린 섬유 밀도를 표시하는 수치로서 1 inch 또는 1 cm안에 있는 망목수(실의 올수)를 나타낸다. 그러므로 스크린 인쇄에 있어서 하프톤 이미지는 선수와 계조로 측정되고 있다. 인쇄되는 inch(또는 cm)당 망점수가 많을수록 이미지의 해상력이 좋아진다.^{5), 6)}

따라서, 정확한 mesh 수와 망사의 직경을 올바르게 선택하는 것은 섬세한 하프톤 인쇄에 있어서 필수적인 부분이다.

각 계조 %에 대한 망점 size는 다음의 식 (1)과 (2)로 산출된다. cm로 된 선수를 사용할 시는 식 (1)과 같다.

$$\text{망점 size}(\mu m) = \frac{1.1284 \times \sqrt{A}}{B} \times 1000 \quad (A : \text{계조}, B : \text{선수}) \quad (1)$$

예) 5% 계조에서 34선/cm의 망점 size:

$$\frac{1.1284 \times \sqrt{5}}{34} \times 1000 = 74 \mu m$$

또한 inch로 된 선수를 사용할 시는 식 (2)와 같다.

$$\text{망점 size}(\mu m) = \frac{1.1284 \times \sqrt{A'}}{B'} \times 1000 \times 2.54 \quad (A' : \text{계조}, B' : \text{선수}) \quad (2)$$

예) 5% 계조에서 86선/inch의 망점 size:

$$\frac{1.1284 \times \sqrt{5}}{86} \times 1000 \times 2.54 = 74 \mu m$$

출력 이미지의 선수가 증가하고 망점 size가 감소함에 따라 망사의 mesh 선택이 더욱 중요하다. mesh 수를 선택하는데 있어 1차 moire를 감소시키기 위해 스크린 mesh 수와 출력 선수 사이의 비율을 가능한 높여야 한다. 비율이 높을수록 스크린 망사를 이용한 하프톤 인쇄에 있어서 moire¹⁰⁾가 적어질 수 있다.

2-3. AM(Amplitude Modulation) Screen 방식에 의한 계조 재현

망점을 인쇄할 때 중요한 것은 스크린 망사에 의해 인쇄될 최대 망점과 최소 망점이다.

오프셋 인쇄의 경우 일반적으로 3%~97% 범위의 망점을 재현하지만 스크린 인쇄에서는 mesh에 제약을 받아 오프셋 인쇄와 같은 망점 재현은 불가능하다. 다음은 스크린 망점 인쇄에 필요한 요소를 나열한 것이다.

① 원색 인쇄물을 인쇄하려면 인쇄물 크기와 완성된 인쇄물을 어느 정도 거리를 두고 볼 것인지를 고려하여 선수를 결정한다.

② 인쇄할 선수가 결정되면 최소 망점의 크기와 최대 망점 크기를 계산한다.

스크린 인쇄판은 중간 계조를 중심으로 인쇄하면 하이라이트부의 화상은 유제의 작은 면적이 오프닝 되어 망점이 형성되고, 새도부의 화상은 유제의 작은 면적이 유제로 막힘에 의하여 망점이 형성된다. 그러므로 하이라이트부나 새도부 모두 최소 망점을 계산해야 한다. 즉 오프닝 된 부분의 최소 크기와 유제로 막힌 부분의 최소 크기를 각각 하이라이트부와 새도부로 나타내게 된다.

망사의 기하학적 구성으로 인쇄 가능한 최대 망점³⁾을 결정하기 위한 식을 좀 더 세분화하여 표시하면 Table 1과 같다.

Table 1. The Relationship Between Screen Mesh and Opening

		Shape	$W > D$	$W = D$	$W < D$
Plain Weave	H	Theoretical	$W + D$	$2W + D$	$2(W + D)$
		Practical	$2W + D$	$2(W + D)$	$2W + 3D$
	S	Theoretical	$W + D$	$W \times \sqrt{2}$	$W \times \sqrt{2}$
		Practical	$W \times \sqrt{2} = (eM)$	$W + D$	$W + D$

(H: highlight, S: shadow, D: thread diameter, W: mesh opening, eM: mesh opening diagonal length)

2-4. 그레이 밸런스

그레이 밸런스(gray valance)는 원고의 중성 회색(neutral gray), 즉 무채색을 cyan, magenta, yellow의 프로세스 잉크를 사용하여 재현하는 능력을 말한다.

그레이 밸런스에 대한 필요성은 cyan, magenta, yellow의 프로세스 컬러

러 잉크의 특성에서 비롯되며, 이 잉크들은 감색 혼합 이론에 기초를 두고 있다. 각 잉크가 이상적인 경우 스펙트럼의 3분의 1은 흡수하고 3분의 2는 반사한다. 그러나 실제 프로세스 컬러 잉크는 분광 특성이 이상적이지 못하고 불순한 특성을 가지고 있기 때문에, cyan, magenta, yellow의 3가지 프로세스 컬러 잉크를 동일한 망점 면적률로 중첩 인쇄하면 중성 회색이 아닌 갈색을 띠게 된다.

색분해 작업자는 중성 회색을 재현하는데 필요한 cyan, magenta, yellow 잉크의 비율을 알게 되면 원고의 모든 색을 정확하게 재현할 수가 있다. 'GATF Gray Balance Chart'는 네 가지의 서로 다른 톤 밸류(tone value)에 대하여 중성 회색을 재현할 수 있도록 cyan, magenta, yellow 잉크용 필름에서 요구되는 삼원색의 망점 면적률을 결정하기 위하여 사용되는 품질 관리용 차트이다. 이 그레이 밸런스 차트에서 각 톤 레벨(tone level)은 수직축과 수평축을 따라서 각각 magenta와 yellow 잉크의 망점 면적률을 점진적으로 변화시킨 일정한 범위의 틴트 패치(tint patch)로 구성되어 있다. Cyan 잉크의 망점 면적률은 주어진 매트릭스(matrix) 내의 모든 사각형에 대하여 일정하게 유지된다.

요구하는 인쇄 범위가 정상적으로 제작되는 인쇄기 상태에서 각 인쇄사가 표준으로 정한 프로세스 잉크와 종이 및 판을 사용하여 차트를 인쇄한 후, 각 매트릭스의 사각형 내에서 가장 중성에 가까운 패치를 찾아낸다. 또한 시각적 평가를 위하여 사진촬영 또는 인쇄한 망점 계조의 그레이 스케일을 표준 관측 조건(standard viewing condition)에서 비교의 기준으로 사용할 수가 있다. 평가할 패치는 다른 패치로부터 분리시키기 위하여 그레이 스케일에 구멍을 뚫고, 이 구멍을 인쇄한 그레이 패치 위에 올려놓기도 한다. 표준 조건 하에서 표준 회색에 가장 가까운 패치를 선택하여 차트에 표시된 수치로부터 이 패치에 대한 필름의 망점 면적률(dot

value)을 결정하게 된다.

색분해에 대한 교재에서는 주로 출처에 따라 일정하지 않은 일반적인 그레이 밸런스의 설정 방법들을 보여준다. 이러한 방법들은 항상 magenta 와 yellow 판의 망점 면적률은 같고, cyan 판은 약간 높게 규정하고 있다. Cyan 판의 망점 면적률을 약간 높게 함으로써 전형적인 프로세스 컬러 잉크의 분광 반사율 곡선(spectral reflectance curve)이 이상적이지 못하기 때문에 나타나는 연분홍 갈색(pinkish-brown)의 색조를 보정하게 된다. 일반적으로 cyan 판의 망점 면적률은 하이라이트에서는 2~4%, 미들톤에서는 10~15%, 새도에서는 3~10% 정도로 높게 한다. 이러한 그레이 밸런스 조절 방식을 사용하면 사용하지 않는 것보다는 좋지만, 그레이 밸런스는 여러 가지의 인쇄 작업 상의 변수의 영향을 받는다는 사실에 유의해야 한다. 자주 사용하는 잉크, 종이 및 인쇄기의 조합에 대하여 그레이 밸런스 시험을 실시하는 것이 이상적이다.

2-5. ISO 12647-5

ISO는 국가 표준 단체들로 이루어진 세계적인 연합이다. 보통 세계 표준을 준비하는 작업은 ISO 기술위원회에서 수행한다.⁷⁾ 기술위원회의 구성원은 위원회의 위원이 될 권리를 가진다. 또한, ISO와 협력관계에 있는 국제적인 조직, 정부 기구, 비정부 기구도 표준화 작업에 참여할 권리를 가진다. 특히 ISO는 전기 기술적인 표준에 관한 모든 사항은 IEC와 협력한다.

국제 표준은 ISO/IEC 지시 사항 Part2에 주어진 규격에 따라서 초안이 작성된다. 기술위원회의 주요 업무는 국제 표준을 작성하는 일이다. 기술위원회에 채택된 국제 표준안은 투표를 위해 각 구성원들에게 배부된다.

국제 표준으로서의 공표는 적어도 투표를 한 구성원들의 75%이상의 승인이 필요하다.

ISO 12647-5는 ISO/TC130, Graphic Technology에 의해 입안됐다.

ISO 12647은 “Graphic technology - Process control for the manufacture of half-tone colour separations, proof and production prints” 라는 타이틀 아래, 다음과 같은 파트들로 구성되어 있다.

- 파트1 : 파라미터들과 측정 방법들
- 파트2 : 오프셋 프로세스
- 파트3 : 신문 운전
- 파트4 : 출판 그라비아 프로세스
- 파트5 : 스크린 인쇄
- 파트6 : 플렉소 인쇄
- 파트7 : 디지털 데이터를 통한 교정 프로세스

ISO 12647-5는 스크린 인쇄에 대한 표준으로써 정의와 일반적인 원리 및 순서 등을 기반으로 스크린 인쇄에 대한 스크린 각도, 그레이 밸런스를 비롯하여 피인쇄체, 잉크 등의 특성을 명시하고, TVI나 민판 농도 등의 표준을 제시하였다.

3. 실험

3-1. 원고 제작

3-1-1. 그레이 스케일

본 연구에서는 하프톤 스크린 인쇄의 계조 재현 특성을 파악하기 위한 샘플 원고와 그레이 밸런스를 알아보기 위한 샘플 원고 등 두 가지로 제작하였다. 특히 해상도에 따른 하프톤 스크린 인쇄의 계조 재현 특성을 파악하기 위하여 75 lpi, 100 lpi, 150 lpi의 세 가지 해상도로 나누었고, 5%에서 100% 단계까지 각각 5%단계의 망점으로 구분한 20단계의 halftone gray scale patch를 제작하였다. Halftone gray scale patch별 크기는 각각 0.8cm×0.8cm로 Figure 2과 같이 제작하였다.

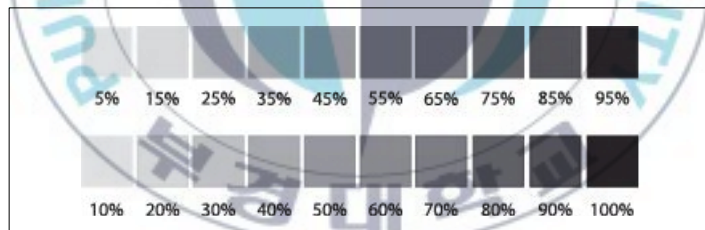


Figure 2. Halftone gray scale patch.

3-1-2. 그레이 밸런스

조건에 따른 그레이 밸런스 특성을 알아보기 위해 그레이 밸런스 차트 원고를 제작하였다. 본 연구에서는 GATF에서 제안한 총 183개의 patch로 이루어진 그레이 밸런스 차트를 이용하였다. 그레이 밸런스 구성 조합은 cyan을 각각 10%, 25%, 50%, 75%으로 나누었고, magenta와 yellow는 cyan으로부터 1~2% 정도로 단계 변화를 주어 구성하였다.

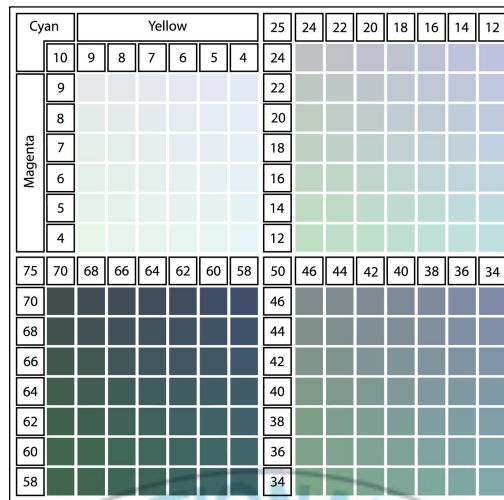


Figure 3. GAFT gray balance chart.

3-2. 제 판

3-2-1. 제 판 재료

실험에 사용한 판의 프레임 규격은 32 cm × 32 cm이었으며, 재질은 Table 2와 같이 알루미늄을 사용하였다. 또한 망사는 폴리에스테르 소재로 오프닝 정도에 따라 나타나는 결과를 확인하기 위해 300-34 PW, 350-31 PW, 420-28 PW 등 세 가지 mesh 타입으로 나누어 제 판하였으며, 감광액은 Dirasol-22 (SERICOL社)을 사용하였다.

Table 2. The Properties of Screen Mesh and Frame

Screen Mesh	Mesh	Type
	300-34 PW, 350-31 PW, 420-28 PW	Polyester
Frame	Width × Length	Type
	32 cm × 32 cm	Aluminium

3-2-2. 제판 방법

본 연구에서 제판은 일반적으로 스크린 인쇄에서 활용되는 직접법을 이용하였고, 이때 판의 장력은 24(N/cm)로 고정하였으며 감광액은 전면 2회, 후면 1회 도포 후 건조하였다. 또한 moire⁸⁾ 방지를 위해 각 분판 필름에 스크린 각도를 적용하였으며 스크린 각도는 ISO 12647-5에서 제안한 규격을 사용하였다.

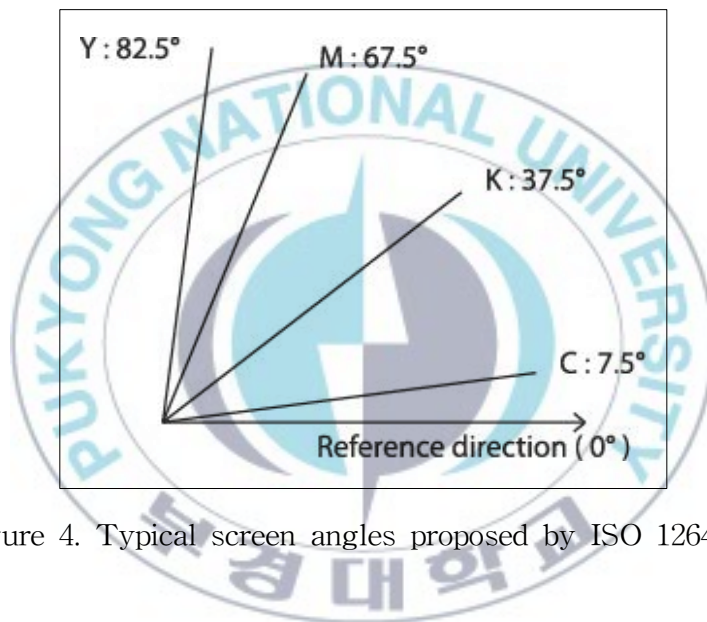


Figure 4. Typical screen angles proposed by ISO 12647-5.

3-3. 인쇄

3-3-1. 인쇄 조건

인쇄는 Figure 5와 같이 BS-150ATC(반도산업(주)) 반자동 스크린 인쇄기를 사용하였으며, 인쇄기의 자세한 사양을 Table 3에 나타내었다. 특히 본 연구의 인쇄 조건은 스쿼지 각도가 80°, 인쇄 압력이 6 kgf/cm², 인쇄 속도는 200 mm/sec로 설정하였다.



Figure 5. Images of screen printing machine.

Table 3. Specification of Screen Printing Machine

Item	Values
Max. Printing Size	150 × 150 mm
Screen Frame Size	320 × 320 mm
Printing Table Size	230 × 230 mm
Printing Thickness	0.05 ~ 10 mm
Squeegee Angle	60° ~ 90°
Printing Speed	Min. 1 mm/sec ~ Max. 250 mm/sec
Printing Pressure	0 ~ 10 kgf/cm ²
Squeegee Method	AC Servo Motor

3-3-2. 인쇄 재료

피인쇄체는 국산 80g/m²의 아트용지를 사용하였으며, 잉크는 국산 스크린 인쇄용 PVC 잉크를 사용하였다. 하프톤 스크린 4색 인쇄에서는 오프셋 인쇄와 마찬가지로 cyan, magenta, yellow, black의 스크린 인쇄용 프로세스 잉크를 사용한다. 하지만 스크린 인쇄는 잉크 층이 두껍고, 인쇄 환경에 따라 전이 정도가 달라져 색재현에 차이가 있을 수 있으므로 인쇄

조건에 따라 잉크의 농도를 달리하여 원하는 민인쇄 농도를 얻는다. 본 실험에서는 사용된 국산 스크린용 잉크와 투명 잉크(vernish)를 배합하여 피인쇄체에 대한 잉크의 민인쇄 농도를 결정하였다. 투명 잉크의 비율을 10으로 두고 각 잉크를 1~10단계까지 첨가하는 방법으로 잉크 농도를 달리하여 배합하였으며, 배합된 잉크를 이용한 민판 인쇄물을 통해 잉크 배합 비를 결정하였다. 이때 최적의 값을 얻기 위해 ISO 12647-5에서 제시한 솔리드 색(solid color)의 CIEL*a*b* 값과 비교하여 허용 오차 범위 내에 있는 농도를 선택했다.

3-4. 측정 및 분석

3-4-1. 측정 장비

인쇄된 halftone gray scale patch는 줌 실체 현미경 JSZ-7XB(삼원과학산업(주))를 이용하여 각 level의 망점 직경을 μm 단위로 측정하였으며, 망점은 무작위로 30개를 측정하여 평균 값을 데이터로 사용하였다. 그레이 밸런스 테스트 과정에서 중성 회색의 선택을 객관적인 값으로 평가하기 위해 Eye-one Pro(X-Rite)를 사용하여 CIEL*a*b* 값을 통해 분석했으며, 인쇄물 농도 측정을 위해 반사 농도계⁹⁾ DensiEye 700(X-Rite)으로 ISO status E 조건에서 사용하였다.



Figure 6. Images of zoom stereo microscope.

3-4-2. 분 석

측정된 망점의 직경을 통하여 각 level의 망점 면적률을 구하였고, 이를 통해 원고와 인쇄물의 계조 재현에 대한 그래프를 작성하였다. 또한 망점 축소 또는 망점 확대⁹⁾의 TVI(Tone Value Increase)를 구하여 원고의 계조에 대한 TVI 곡선 및 그 특성을 파악하였으며, 이를 스크린 인쇄에 대한 표준 규격인 ISO 12647-5와 비교하였다. 뿐만 아니라 측정된 농도 값과 CIEL*a*b*을 통해 콘트라스트와 적정 그레이 밸런스 값을 찾았으며 이를 통해 스크린 망사의 조건에 따라 달라지는 특성을 파악하고 최적의 인쇄 조건을 검토했다.



4. 결과 및 고찰

4-1. 재료의 설정 및 특성

4-1-1. 용지의 특성

피인쇄체의 표면 색상은 인쇄의 재현에 있어서 매우 중요한 요소이다.

따라서 실험에 사용된 아트용지 표면 색상을 측정하였고, ISO 12647-5의 기준과 비교한 결과를 Table 4에 나타내었다. Table 4와 같이 사용된 용지의 CIEL*a*b* 값이 94.4, 0.5, -4.2로 모두 ISO 12647-5에 명시되어 있는 범위에 포함됨을 확인할 수 있었다.

Table 4. CIEL*a*b* Coordinates of Media for Print Substrate Color Restrictions

	L*	a*	b*
ISO 12647-5	$100 \geq L^* \geq 90$	$-3 \geq a^* \geq 3$	$-5 \geq b^* \geq 5$
Media	94.4	0.5	-4.2

4-1-2. 잉크의 특성

본 실험에서 최적의 민인쇄 농도를 얻기 위해 투명 잉크와 각 프로세스 잉크의 배합 비를 달리하여 관찰한 결과 Table 5와 같았다. Table 5의 결과와 같이 실험에 사용된 cyan, magenta, yellow, black의 국산 PVC 잉크 모두 ISO 12647-5에서 명시된 범위에 포함되는 CIEL*a*b* 값을 찾을 수 있었고, 결정된 조건의 반사 농도는 평균 ISO 규격과 약 0.1~0.2의 차이를 보였다.

Table 5. Comparison between ISO 12647-5 Standard and Ink Type used Experiment

		C	M	Y	K
ISO 12647-5	L^*	59	51	90	24
	a^*	-35	70	-11	0
	b^*	-43	-15	66	0
	Density	1.28	1.54	0.72	1.63
Domestic PVC ink	L^*	59.8	49.7	91.3	23.3
	a^*	-35.5	70.6	13.1	2.4
	b^*	-45.4	-10.2	64.5	3.6
	Density	1.392	1.385	0.978	1.765
Comparison	ΔE^*_{ab}	2.579	5.00	2.89	4.38
	Deviation tolerance (ΔE^*_{ab})	4	5	6	6

(C : cyan, M : magenta, Y : yellow, K : black)

4-2. 제조 재현 범위

4-2-1. 제조 범위 예측

본 실험은 300 mesh, 350 mesh, 420 mesh의 mesh 변화를 준 3개의 스크린 판을 이용하였으며, 제조 범위의 예측을 위해 망점 면적률이 나타내는 이상적인 망점의 직경을 계산하였다. 또한 제조 범위의 하이라이트 부분에서 잉크가 스크린 망사를 통과하여 피인쇄체로 전이될 때, 망사에 의해 전이를 방해 받더라도 일정한 망점 면적률을 얻기 위해서는 최소 망점의 크기가 두개의 오프닝 구경(opening area)과 한 개의 실 직경(thread diameter)의 합보다 커야하므로, 이 최소 망점 크기와 계산 값을 비교하여 제조 범위를 예측하였다. 뿐만 아니라 이를 ISO 12647-5에 명시된 제조 범위와 비교하여 최적의 제조 재현을 갖는 스크린 망사를 예측하였으며,

이를 통해 300 mesh의 경우엔 75 lpi 이하의 재현에 적합하며, 350 mesh는 75 lpi와 100 lpi, 420 mesh는 75 lpi, 100 lpi, 150 lpi의 재현이 적합할 수 있음을 예측하였다.

Table 6. Minimum Dot Size for Mesh Opening

	300 mesh	350 mesh	420 mesh
Minimum Dot Size(μm)	134	113	92

Table 7. The Theoretical Size of Dot Diameter for Halftone Screen Printing from 5% to 30%

Tone Value (%)	75 lpi(μm)	100 lpi(μm)	150 lpi(μm)
5	85.452	64.089	42.726
10	120.85	90.635	60.423
15	148.01	111	74.003
20	170.9	128.18	85.452
25	191.08	143.31	95.538
30	209.31	156.98	104.66

Table 8. Comparison between Tone Value Range of Each Mesh and Requirement of Tone Value Range for Screen Printing used Solvent Ink proposed by ISO 12647-5

Screen Ruling(lpi)	ISO 12647-5	300 mesh	350 mesh	420 mesh
75	10 to 90	15 to 85	10 to 90	10 to 90
100	20 to 80	25 to 75	20 to 80	15 to 85
150	25 to 75	-	-	25 to 75

4-2-2. 제조 범위 평가

300 mesh, 350 mesh, 420 mesh의 각 스크린 판에 75 lpi, 100 lpi, 150 lpi의 총 9개의 인쇄물을 인쇄하고 측정하였다. 각 인쇄물의 망점 면적률은 측정된 망점 직경을 통하여 원의 넓이를 구하는 방법을 이용하여 단위 면적에 대한 원의 넓이로 계산하였고, 이 때 망점은 완벽한 원형이라고 가정하였다. Figure 7~9는 인쇄된 각 단계의 망점 면적률을 필름과 비교하여 나타낸 그래프이다.

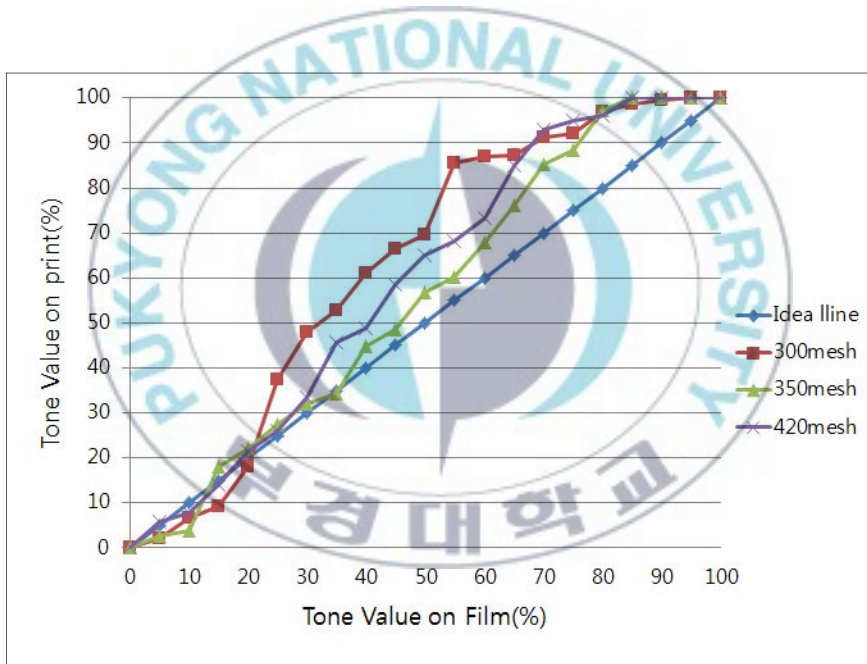


Figure 7. Graph on percentage dot area of 75 lpi for each mesh screen.

Figure 7에 나타난 것과 같이 75 lpi의 스크린 인쇄에서 300 mesh의 경우, 20%이하의 그레이 레벨에서 망점 축소가 일어났으며, 350 mesh에서는 10%이하에서 역시 망점 축소가 일어났다. 하지만 420 mesh에서는 망점 축소가 거의 일어나지 않았다. 또한 모든 mesh의 제조 전 범위에서

망점 확대가 나타났다. 세 가지 해상도 모두 85% 계조 범위에서부터 솔리드 값을 보였다. 이것은 약 5%정도의 오차는 있었지만, 스크린 인쇄에서 인쇄 가능한 최소 망점의 기준에 부합하는 결과를 보였으며, 인쇄 조건에 따라 미치는 영향이 다른 것으로 사료된다.¹⁰⁾

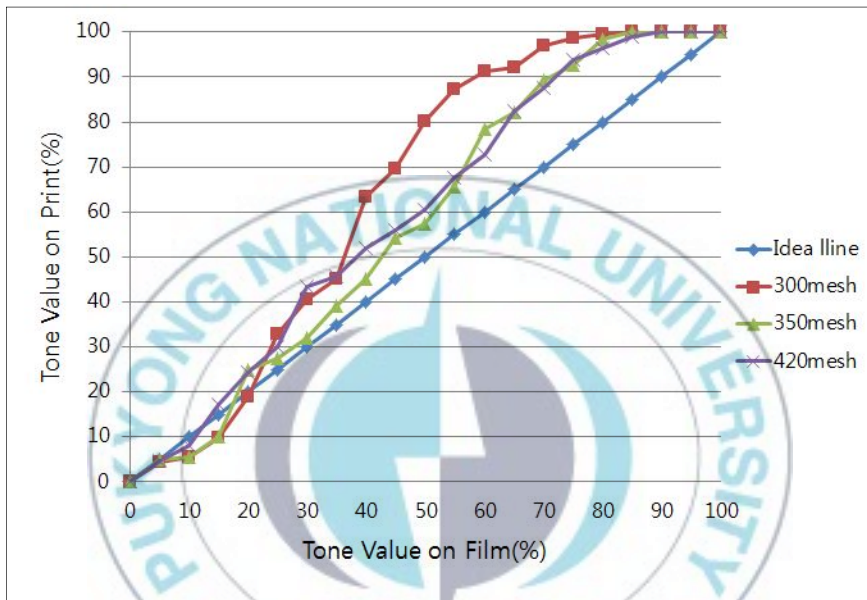


Figure 8. Graph on percentage dot area of 100 lpi for each mesh screen.

Figure 8은 100 lpi 조건에서의 인쇄물 결과이다. 전반적으로 75 lpi와 비슷한 곡선을 나타내었으며, 이 결과 역시 예측한 것과 매우 유사한 값을 나타내었다. 특히 300 mesh의 경우, 다른 mesh의 경우와 다르게 약 75% 범위에서부터 솔리드 값을 보였으며, 이는 망사의 오프닝이 망점에 비해 상대적으로 크고, 망점의 밀도가 높기 때문에 개방구로 빠져나가는 잉크의 퍼짐 현상이 크게 작용한 것으로 생각된다.

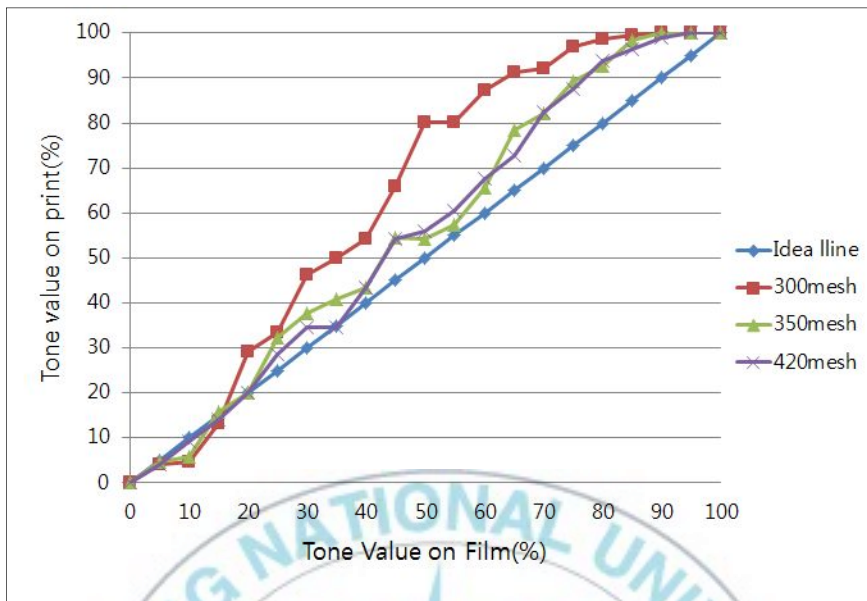


Figure 9. Graph on percentage dot area of 150 lpi for each mesh screen.

Figure 9의 75 lpi와 100 lpi에서는 350 mesh에서 가장 ISO 12647-5에 부합하는 재현 범위가 나타난 반면 150 lpi에서는 420 mesh에서 가장 적합하다고 판단되었다. 또한 150 lpi에서의 420 mesh 조건에서는 예측 결과와 다르게 솔리드 값이 90% 범위에서부터 나타났으며, 이것은 예측되었던 값보다 더 넓은 계조 범위를 보였다. 이것은 420 mesh의 망사 오프닝이 비교적 작고, 망점 크기에 비해 망사의 간섭이 많으므로, 망점 확대가 다른 mesh에 비하여 적게 일어난 것으로 사료된다.

4-3. TVI 평가

Figure 10~12는 제조 재현 곡선을 통해 분석한 TVI 그래프 결과를 나타내었다. ISO 12647-5에는 50 lpi~100 lpi의 해상도에 대한 TVI 규격이 명시되어 있으며, 실험으로 알게 된 각 조건의 TVI 결과와 비교하여 평가하였다.

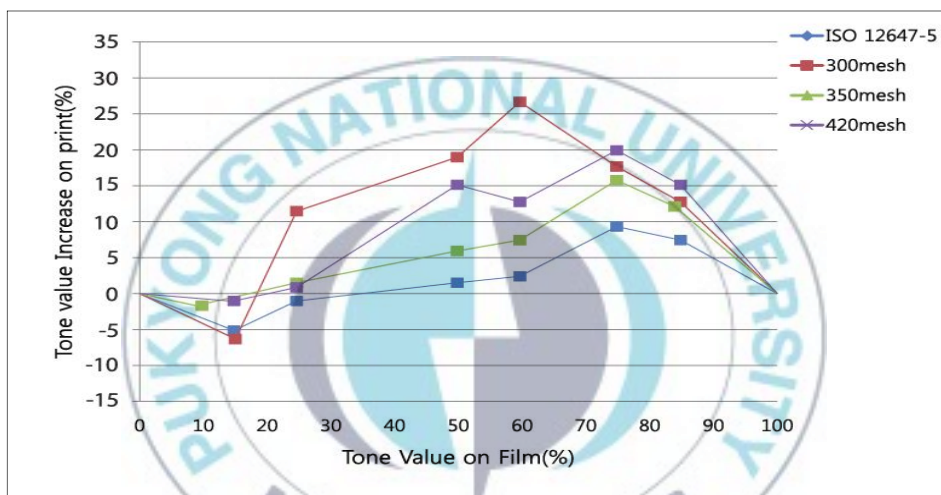


Figure 10. Graph on the tone value increase of 75 lpi for each mesh.

Figure 10에서 300 mesh, 350 mesh, 420 mesh 모두 75 lpi의 해상도에서 조금씩 다른 경향을 보였다. 모두 25%이하에서는 망점 축소를 보이거나 거의 망점 확대가 일어나지 않았지만, 300 mesh에서 망점 확대가 크게 나타났다. 세 가지 mesh를 비교하였을 때, 350 mesh에서 ISO 12647-5와 가장 근접한 경향을 보였다.

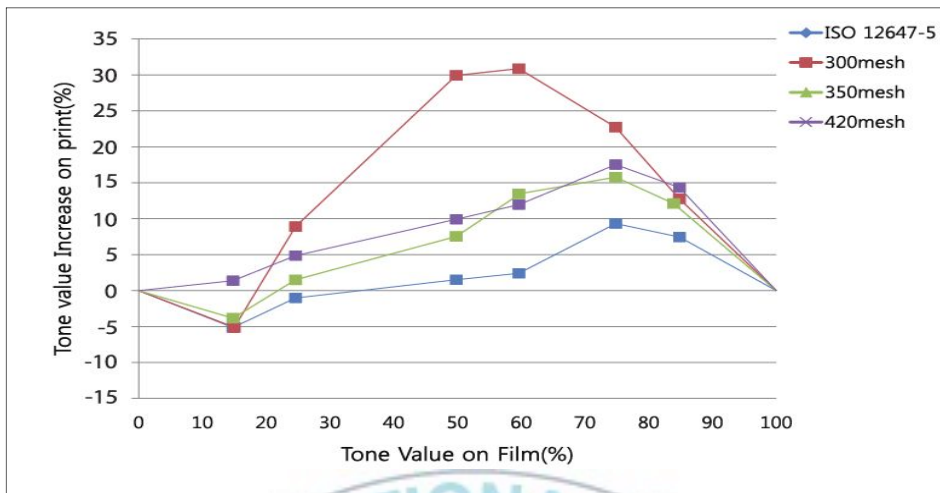


Figure 11. Graph on the tone value increase of 100 lpi for each mesh.

Figure 11에서의 100 lpi 조건에서의 결과는 75 lpi의 결과와 유사하였다. 25% 이하에 계조에서는 전반적으로 망점 축소가 일어났으며 60%이상에서는 망점 확대의 최대치를 보였다. 하지만 420 mesh에서 75 lpi와는 다르게 ISO 12647-5와 근접한 결과를 보였다.

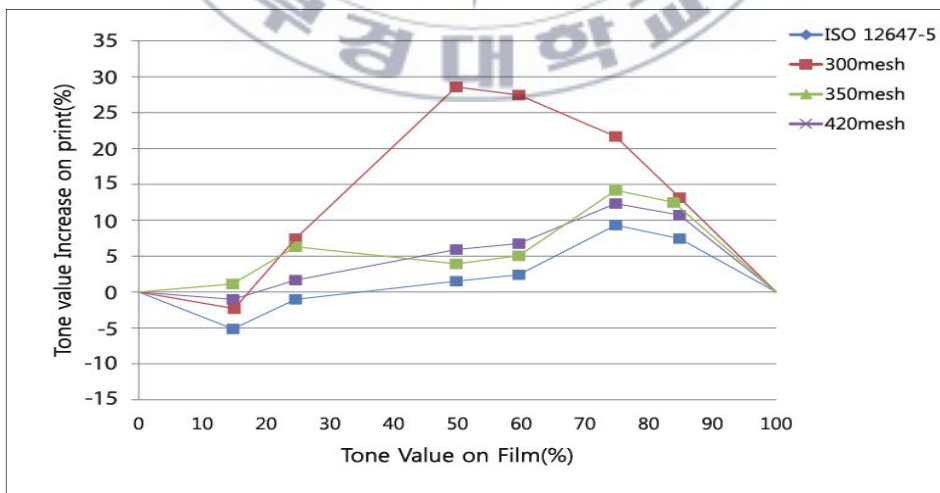


Figure 12. Graph on the tone value increase of 150 lpi for each mesh.

Figure 12의 150 lpi 조건에서 300 mesh일 경우, 전반적으로 큰 망점 확대를 보였다. 또한 전체적으로 350 mesh와 420 mesh가 비슷한 경향을 나타내었지만, 350 mesh보다 420 mesh가 ISO 12647-5 규격에 더 가깝다는 것을 알 수 있었다.

4-4. 콘트라스트 평가

인쇄된 패치의 민판 인쇄 농도와 75% 패치의 농도를 이용하여 콘트라스트를 구하였다. 이때 콘트라스트는 잉크별로 구하였으며, 동일한 해상도에서 스크린 망사의 조건을 다르게 함에 따라 나타나는 차이를 Table 9에 나타내었다. Table 9의 결과와 같이 75 lpi에서는 350 mesh, 100 lpi는 350 mesh, 150 lpi는 420 mesh에서 가장 높은 콘트라스트 값을 보였다. 특히 75 lpi와 100 lpi의 300 mesh에서 콘트라스트가 매우 낮은 이유는 75%에서 솔리드에 가깝게 인쇄되었기 때문이라 사료된다.

Table 9. Comparison of Contrast for Each Mesh Condition

Screen Ruling	mesh	C	M	Y	K
75 lpi	300	2.31	2.84	1.88	3.02
	350	39.53	39.71	30.20	42.50
	420	11.24	11.98	7.65	12.83
100 lpi	300	6.12	6.68	4.92	6.99
	350	39.62	40.11	31.18	42.61
	420	20.67	21.29	15.60	23.37
150 lpi	300	9.79	10.13	9.01	10.92
	350	38.14	39.04	29.12	40.29
	420	40.05	40.54	32.10	43.00

(C : cyan, M : magenta, Y : yellow, K : black)

4-5. 그레이 밸런스 평가

앞서 이루어진 실험 및 데이터를 통해 75 lpi와 100 lpi에서는 350 mesh, 150 lpi에서는 420 mesh의 조건일 때 양호한 품질의 스크린 인쇄물이 가능하였으므로 그레이 밸런스 평가는 이 세 가지 조건에서만 실행하였으며 그 결과를 Table 10에 나타내었다.

Table 10. Comparison of Gray Balance for Each Mesh Condition

Conditions	Tone value	C (%)	M (%)	Y (%)
ISO 12647-5	25 % tone	25	15	15
	50 % tone	50	40	40
	75 % tone	75	64	64
75 lpi / 350 mesh	25 % tone	25	12	12
	50 % tone	50	36	38
	75 % tone	75	62	64
100 lpi / 350 mesh	25 % tone	25	14	14
	50 % tone	50	38	38
	75 % tone	75	62	64
150 lpi / 420 mesh	25 % tone	25	14	14
	50 % tone	50	38	36
	75 % tone	75	64	66

(C : cyan, M : magenta, Y : yellow)

Table 10과 같이 각 조건의 그레이 밸런스 비율은 매우 비슷한 경향을 보였으며, 또한 ISO 12647-5에 명시된 비율과도 매우 유사하게 나타났다. 이것은 잉크 농도와 색상을 ISO 12647-5의 기준에 맞추었으며, TVI 특성 등이 ISO 12647-5에서 제시한 것과 유사한 조건을 참조한 결과로 생각된다.

5. 결 론

국내 하프톤 스크린 인쇄를 위한 최적의 스크린 망사 선택 방법에 관하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 하프톤 스크린 인쇄를 위한 국산 스크린 인쇄용 프로세스 잉크는 그 농도를 조절하여 민판 인쇄의 색상이 달라지며, 적당한 농도를 결정하여 작업을 한다면 균일한 인쇄 품질을 얻을 수 있다. 또한 국산 스크린 인쇄용 잉크 농도를 조절하여 ISO 12647-5에 명시된 잉크 특성을 얻을 수 있었다.
2. 하프톤 스크린 인쇄의 계조 재현 범위는 스크린 선수에 따라 달라지며, 스크린 망사의 조건에 따라 달라진다. 또한 스크린 인쇄의 망점 재현에 있어서 TVI 특성 역시 스크린 망사의 조건에 따라 달라지므로, 인쇄 목적에 맞는 해상도 조절과 스크린 망사의 선택이 필수적임을 알 수 있었다.
3. 스크린 인쇄에서 인쇄 조건이나 인쇄 환경에 따라 계조 재현 범위는 달라질 수 있지만, 인쇄 가능한 최소 망점을 계산하는 것으로 대략적인 계조 재현 범위를 예측할 수 있었다.
4. 하프톤 스크린 인쇄에서 TVI 값의 차이는 인쇄물의 명암 및 콘트라스트에 매우 큰 영향을 주는 것을 알 수 있었다.
5. 잉크 및 용지, 계조 재현 특성 및 TVI 등이 ISO 12647-5의 표준에 만족한다면 적절한 그레이 밸런스를 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- 1) 陽奉石, “新스크린印刷技術”, 서울, 부림출판사, pp.19~20 (1991).
- 2) 정기영, “스크린인쇄이론”, 서울, 한국산업인력관리공단, pp.3~52 (1996).
- 3) 박태현, “스크린판제작기법”, 서울, 인쇄계사출판국, pp.175~193 (2006).
- 4) 강상훈, “인쇄기술”, 부산, 도서출판 신창, pp.52~63 (2009).
- 5) “스크린 인쇄 자료집”, 서울,三成化學商社, pp.36~70, pp.113~156 (1993).
- 6) ALBERT Kosloff M.A, “Screen Process Printing: a practical guide”, London, Blueprint, pp.7~21 (1985)
- 7) ISO 12647-5 Graphic technology-Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints, Part5. Screen Printing (2001).
- 8) J. M. Adams, “Printing Technology”, 4th Edition, Delmar Publishers, pp.381~420 (1995).
- 9) P. Brehm, “Introduction to Densitometry”, Graphic Communications Association, pp.19~32 (1992).
- 10) A. Peyskens. “The Technical Fundamentals of Screen Making”, Italy, Saati s.p.A, pp.103~114 (1989).
- 11) T. Yuasa, and H. Mishina, “Effect of Dot Percentage and Phase on Perspective Recognition of Rosette Pattern”, TAGA Proceedings, pp.19~33 (1994).

감사의 글

2010년 처음 대학원에 진학을 마음먹고 연구실에 교수님을 뵈었던 여름이 생 각납니다. 벌써 졸업을 앞두고, 앞으로 새로운 곳에서 열심히 하겠다는 다짐을 하기 전에 저에게 인쇄라는 학문의 길을 갈 수 있게 많은 격려와 도움을 주신 모든 분들께 일일이 찾아뵙고 인사를 못 드린 것에 대해 용서를 구하며, 또한 감사의 마음을 전합니다.

무엇보다 언제나 관심을 가져 주시고, 많은 가르침을 주신 구철회 교수님께 진심으로 감사의 인사를 드립니다. “감사합니다.” 아낌없는 조언과 함께 논문을 완성할 수 있도록 도와주신 심사위원장 윤종태 교수님, 바쁜 일정에도 관심을 가져 주시며 학문적인 가르침과 격려를 아끼지 않으신 조가람 선생님께 감사드립니다. 또한 제가 인쇄공학도로서 성장할 수 있도록 가르침과 성원을 아끼지 않으신 김성빈 교수님, 이상남 교수님, 안석출 교수님, 남수용 교수님, 손세모 교수님께 감사드립니다.

대학원 생활을 하면서 힘들 때, 언제나 친형님처럼 든든하게 도와주신 김준곤 선배님과 함께 우리 스캐너실 가족 모두에게 감사드립니다. 대학교를 처음 입학할 때부터 함께했던 동기 박상민, 그리고 항상 옆자리를 지켜주며 도와준 이아름, 윤주양, 최준, 안은영 후배님께 감사의 마음을 전합니다.

실험을 위해 도와준 고명중, 정현욱과 함께 언제나 격려의 말을 아끼지 않았던 동기 김윤택, 양주석, 그리고 이용수, 강승훈, 조재형 선배님께 감사드리며, 관심과 조언으로 힘이 되어준 이성준, 송병섭, 신동휘, 오용택, 박주현, 이희정, 이유진, 김민주, 그리고 모든 동문님들과 친구들에게 감사의 인사를 드립니다.

마지막으로 집의 장남으로 항상 믿어주시고, 학문에 전념할 수 있도록 뒷바라지 해주시며, 늘 관심을 가져주신 아버지, 어머니께 감사드리며, 응원을 해주신 남동생에게 고마운 마음을 전합니다.

논문이 잘 마무리 될 수 있도록 격려해주신 모든 분께 다시 한번 감사드리며, 앞으로 건강과 행복이 함께하길 바랍니다. 새롭게 시작되는 도전과 일들이 잘 될 수 있도록 노력하겠습니다. “감사합니다.”

2012년 12월 24일

최인식 올림