



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사학위논문

염화비닐 공중합체를 이용한 유리
표면 보호필름에 관한연구



2014년 2월

부경대학교대학원

인쇄공학과

김병진

염화비닐 공중합체를 이용한 유리 표면 보호필름에 관한연구

지도교수 윤 종 태

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.



2014년 2월

부경대학교대학원

인쇄공학과

김병진

김병진의 공학석사 학위 논문을 인준함.

2014년 2월 21일



주 심 공학박사 (인)

위 원 공학박사 (인)

위 원 공학박사 (인)

목 차

목차	i
List of figures	iii
List of tables	iv
Abstract	v
1. 서 론	1
2. 이 론	2
2-1. 레오로지와 오프닝 이론	2
2-1-1. 점도와 레오로지	2
2-1-2. 점도의 단위	2
2-1-3. 점도와 의소성 흐름	2
2-2. 레오로지	4
2-2-1. 점탄성	4
2-2-2. 요변성	5
2-3. 오프닝 이론	6
2-3-1. 오프닝의 구성	6
2-3-2. 관 떨어짐 조작	9
2-4. 전이 방정식	12
2-4-1. 전이 정수	13

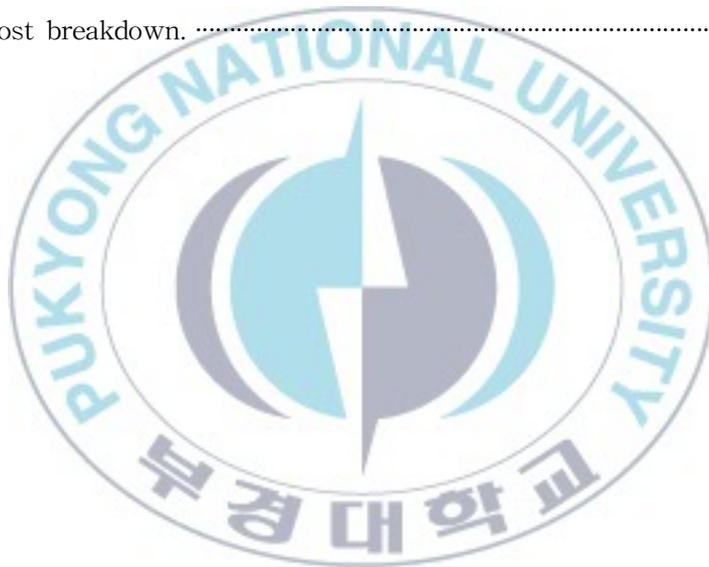
3. 실험	17
3-1. 실험조건	17
3-1-1. 분산성	17
3-1-2. 인쇄 작업성	17
3-1-3. 내마찰성	17
3-1-4. 접착력	18
3-1-5. 내이행성	18
3-1-6. 접촉각	18
3-1-7. 굴절율	19
3-2. 잉크 제조실험	19
3-3. 잉크 비교실험	20
3-4. 실험인쇄조건	22
3-5. 실적용 평가	24
3-5-1. 불량률	24
3-5-2. 생산성	25
3-5-3. 시장 경쟁력	26
4. 결과 및 고찰	27
4-1. 잉크조건 최적화	27
4-2. 공정적용 적합성 확인	28
4-2-1. 불량률 확인결과	28
4-2-2. 생산성 확인결과	29
4-2-3. 원가절감 확인결과	30
5. 결론	31
참고문헌	32

List of figures

Fig. 1. Fluid flow behavior type Newtonian & Non-Newtonian.	3
Fig. 2. Pseudoplastic flow structure cause.	4
Fig. 3. Thixotropy curve.	5
Fig. 4. Opening of imagine cross-section.	7
Fig. 5. Opening cross-section.	8
Fig. 6. Valva of squeegee motion.	9
Fig. 7. The falling plate lately.	10
Fig. 8. A falling force of plate and cohesiveness.	11
Fig. 9. Conceptual curve of ink transfer.	15
Fig. 10. Curves of typical ink transfer and fractional ink transfer.	16
Fig. 11. Image of screen printing machine.	23
Fig. 12. Image of IR drying machine.	23
Fig. 13. Image of MIR drying machine.	24
Fig. 14. Image of 3D measuring instrument.	24
Fig. 15. Image of chemical exfoliation test.	25
Fig. 16. Image of film type exfoliation test.	25
Fig. 17. Image of ultrasonic exfoliation test.	26
Fig. 18. Weekwork scratch breakdown trend.	29
Fig. 19. Lot size scratch breakdown trend.	29

List of tables

Table 1. Experiment developmental ratio(1).	20
Table 2. Experiment developmental ratio(2).	21
Table 3. Test conditions of screen printing.	22
Table 4. Each experiment developmental ratio test result.	28
Table 5. Productivity by hour.	29
Table 6. Cost breakdown.	30



Study on the glass protective film using
polyvinyl chloride copolymer

Byung-jin Kim

Dept. of Graphic Arts Engineering, Graduate school,
Pukyong National University

Abstract

According to this study, thin film paste compositions and a cover glass protection utilized them can minimize the damage on the surface of the cover glass that could be occurred processes for cutting and processing the cover glass used for electronic equipment and all that sort of things. These are also commensurate with using for environment-friendly products of solventless type as a temporary protective film of ITO film. In addition, they are able to minimize gap of refractive index and contact angle through dressing that could be left on the surface. They make possible to remove protective film easily due to great migration resistance following processing the cover glass which lead to cut down personnel and material expenses.

1. 서론

휴대 가능한 모바일기기에서 첨단 3D 화면을 비롯한 터치스크린의 대중화에 힘입어 여러 모바일기기 및 전자기기에 사용되는 커버글라스 또는 ITO패턴 처리된 글라스가 폭넓게 사용되고 있다. 이에 따라 기기별 커버글라스의 절삭 및 가공공정 또한 전자기기 시장에서 중요한 요소로 작용하고 있다.

커버글라스의 절삭 및 가공 공정에서 발생할 수 있는 불량을 방지하기 위해 보통 스크린 인쇄기법을 활용한 보호필름을 커버글라스에 접착시킨 후 절삭공정을 하는 것이 일반적이다. 크기별 절삭 및 측면 가공작업 시 발생하는 유리칩, 이물질 등의 오염원으로부터 글라스를 보호하기 위해 상용화된 보호필름의 경우, 잦은 모델변화와 적용별 패턴 사이 간격의 정밀도를 대응하기엔 재료적 누수를 감안해야 하며, 인건비 등의 추가적인 비용이 발생하게 된다. 또한 측면 그라인딩 시 연마재를 포함한 연마액은 일정 유압으로 분사하게 되므로 진행공정에서 일정수준의 피막강도와 점착성을 필요로 한다. 또한 점착성이 부족한 경우 보호층의 탈막으로 인한 제품오염 및 불량제품을 생산하게 되며, 일정 수준 이상의 점착력을 가질 경우, 페이스트를 코팅처리후 박리작업 시 소요시간의 증가와 더불어 유분기를 추가로 제거해야하는 어려움이 발생한다.

상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서 개발하고자 하는 커버글라스 보호필름은 페이스트 소재인 열화비닐계 수지와 주요 특성을 부가할 수 있는 첨가제를 적용하여 스크린인쇄 작업성을 비롯한 열경화 후 점착성과 내이행성, 피막강도 등의 특성을 갖도록 하였다. 또한 절삭 가공 이후 표면 화학처리 등의 세정작업을 필요로 하지 않는 박리형 페이스트 조성물과 이를 이용한 커버글라스 필름을 개발하고자 하는 것을 그 목적으로 하였다.

2. 이론

2-1. 레오로지와 오프닝 이론

2-1-1. 점도와 레오로지

점도란 흐름에 대한 저항성이며, 어떤 물질에 외력이 가해지면 그에 대응하는 특성치이고 유동도(Fluidity)의 역수로서 나타낸다. 이러한 점도는 평행판 점도계(spread-o-meter) 외에도 측정이 가능하다. 그리고 분자량과 점도는 밀접한 관계가 있는데 이는 분자량의 증가에 따라 점도도 비례적으로 증가 한다는 것을 보여 주고 있다. 잉크도 고분자 물질중의 하나로 점도가 높은 것이 대부분이다.¹⁾

2-1-2. 점도의 단위

$$\eta(\text{Viscosity}) = \tau(\text{shear stress}) / \dot{\gamma}(\text{shear rate}) \dots\dots\dots(1)$$

$$\tau(\text{shear stress}) = F(\text{force}) / A(\text{area}) = \text{dyne} / \text{cm}^2 \dots\dots\dots(2)$$

$$\begin{aligned} \dot{\gamma}(\text{shear rate}) &= (dy/dx) / dt \\ &= dv(\text{differential velocity}) / dx(\text{differentia thickness}) \end{aligned} \dots\dots\dots(3)$$

$$\begin{aligned} \eta(\text{Viscosity}) &= \{(g \cdot \text{cm} / \text{sec}^2) / (\text{cm}^2/\text{l})\} / 1/\text{sec} \\ &= \{(g \cdot \text{cm}) / (\text{sec}^2 \cdot \text{cm}^2)\} / 1/\text{sec} \\ &= g / (\text{sec} \cdot \text{cm}) \\ &= 1 \text{ Poise} \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

2-1-3. 점도와 의소성 흐름

레오로지의 기본은 shear stress에 대한 shear rate의 관계에 의한 S-S(stress-strain)곡선을 이해하도록 한다. Fig.1 에서 A는 Newtonian, B는 Pseudoplastic flow, C는 Dilatant, D는 Plastic flow를 나타내고 있다.

A. Newtonian

외력에 대한 정비례유동이다. 주로 저분자 물질(물, 알코올, 등)들이며 Newtonian에 대하여 곡선으로 나타나는 유체는 Non-Newtonian라 하고 Pseudoplastic(shear thinning), Dilatant(shear thickening)등이 속한다.

B. Pseudoplastic flow

플렉소 잉크와 그라비아 잉크들이 이에 속한다.

C. Dilatant

Pseudoplastic flow와 반대경향을 지니며 shear rate가 증가하면 액체의 점도가 증가한다. 좁처럼 볼 수 없는 유동이며 비닐프래스티줄 등이 여기에 속한다.

D. Plastic flow

일정 stress이상을 가해야만 유동을 시작하며 최초의 흐름에 필요한 최소한의 shear stress를 나타낸다. 대표적으로 인쇄잉크가 여기에 속한다.²⁾

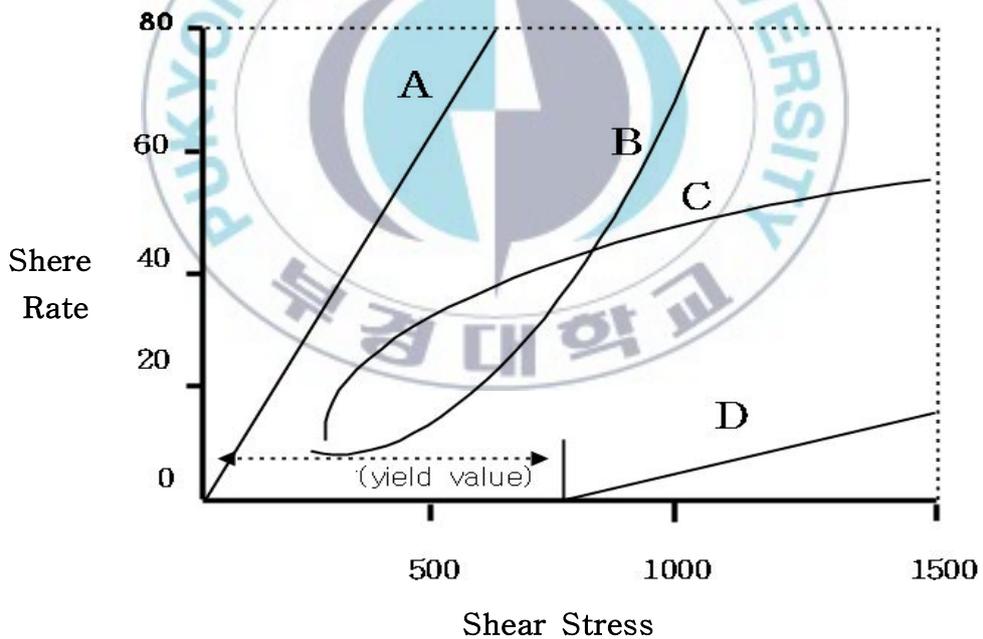


Fig. 1. Fluid flow behavior type Newtonian & Non-Newtonian.

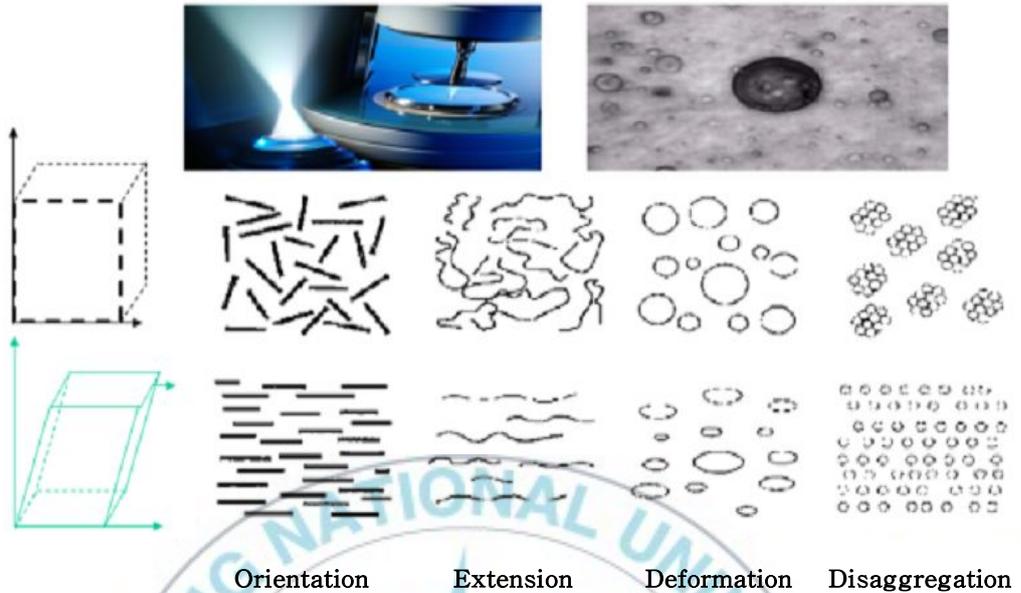


Fig. 2. Pseudoplastic flow structure cause.

2-2. 레오로지

2-2-1. 점탄성

물체에 급격한 힘을 가하면 탄성적인 응답을 하지만, 서서히 힘을 가하면 점성적인 거동을 하게 되는 현상을 레오로지에서는 점탄성(viscoelasticity) 이라고 한다.

대부분의 지구상 존재하는 물질은 이 성질을 가지고 있으며, 인쇄잉크도 역시 점성과 탄성의 흐름과 변형을 하고 있다. 비뉴턴성이 되는 이유도 점성과 함께 탄성을 가지고 있기 때문이라고 볼 수 있다. 현재는 인쇄잉크에 합성수지 투입량이 점차 증가하는 추세이므로 인쇄잉크의 탄성 역시 중요한 유동특성으로 취급되어야 하며, 인쇄기상에서 유체의 해석을 위한 중요인자이다. 이와 같은 이유들 때문에 레오로지의 식들은 최소한 두개 이상의 변수를 포함하고 있는데, 그것이 점성과 탄성이다.^{3~4)}

2-2-2. 요변성

점성을 가지는 유체에 어떤 전단 속도(shear rate)가 가해지면 점도는 낮아진다. 이러한 유체의 유동에 있어 전단 속도가 증가함에 따라 점도의 감소(shear thinning)는 즉각적으로 일어나거나 일정한 시간이 걸린다. Fig. 3처럼 다시 서서히 원래의 점도로 돌아가는 것을 요변성(thixotropy)이라 한다. 예를 들어 일상생활에서 많이 사용하는 볼펜은 글씨를 쓰지 않을 경우 잉크가 흘러나오지 않지만, 사용하게 되는 경우 볼(ball)이 잉크에 외력을 가하게 되므로 점도가 떨어져서 잉크가 밖으로 흘러나오게 되는 원리를 이용한 것이다.

인쇄 기계의 롤러 사이에 잉크는 기계의 힘을 받아서 충분한 유동성이 있기 때문에 종이와 같은 피 인쇄체에 잘 전이되지만 일단 피인쇄체에 전이된 잉크는 유동성을 가져서는 안 되므로 잉크의 요변성은 매우 중요한 요소이다.⁵⁾

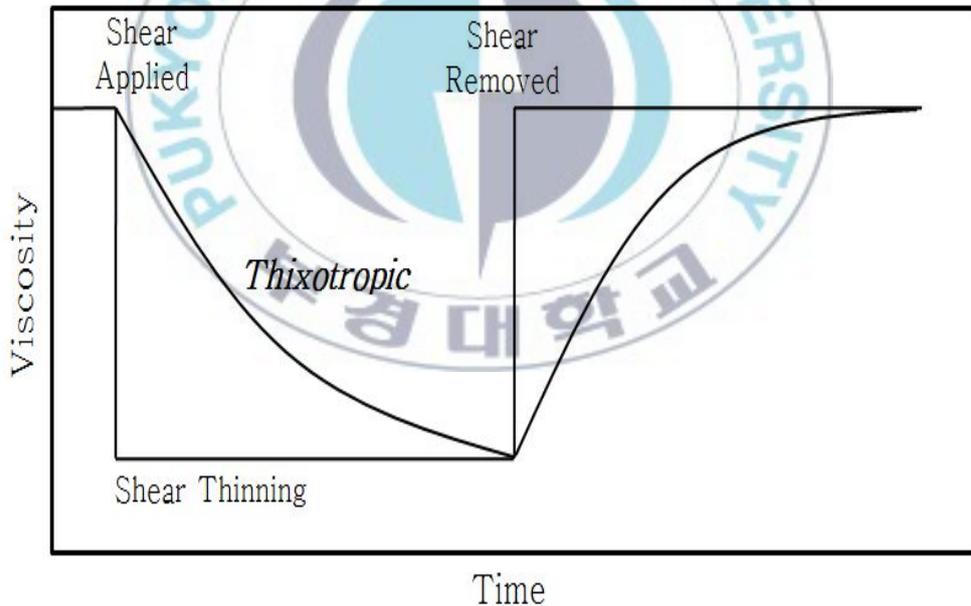


Fig. 3. Thixotropy curve.

2-3. 오프닝 이론

스크린 인쇄 작업은 제판과 스퀴지를 장착하고 조정한 잉크를 여기에 공급하여 피인쇄체를 놓고 스퀴지를 압착하여 실시한다. 스퀴지 작동을 위한 잉크의 공급은 잉크 스크레퍼로 하는 것이 일반적이다. 잉크는 스퀴지의 동작에 따라 내압이 가해져 인쇄판의 오프닝부에 있는 잉크가 스크린사의 오프닝을 통과하여 피인쇄체에 전이된다. 오프닝은 스크린사의 두께 및 망목수로 구성되어진다. 스크린사의 실의 재질, 굵기, 직조적이 구성 요소이다. ⁶⁾

2-3-1. 오프닝의 구성

잉크의 통과 경로로서 오프닝의 구성을 살펴보면, 이때 사의 직조적은 일반적으로 사용되고 있는 평직이고, 실은 모노필라멘트인 것을 전제로 한다. 견장 메이커의 카탈로그에는 품종, 규격, 메시, 실, 굵기, 오프닝, 오프닝에리어, 두께, 중량, 폭 등이 명시되어 있다. 이것은 인쇄판 제작을 위한 것일 뿐만 아니라 인쇄 작업에도 필요한 데이터이다. 스크린사의 구성요소는 실이며, 이것이 짜여져 네모형의 공간을 만드는데, 이 공간이 오프닝이다. 그 크기를 표시하는 데에는 하나의 오프닝 낱실과 낱실 사이의 길이와 씨실과 씨실 사이의 길이 곱의 제곱근으로 계산한다. 일반 사에서는 낱실과 씨실의 짜넣는 실의 수는 같으므로 오프닝은 정사각형이 된다. 낱실의 저신장 메시 중에는 직사각형도 있다. 스크린사를 지정함에 있어서는 실의 재질, 메시 수, 실의 굵기를 말하면 된다. 그 중에서 수치로 표현할 수 있는 것은 메시 수 M 과 실의 굵기 D 이다. 이 두가지로 사의 구성요소가 되는 수치를 유출해 낼 수 있다. 이것을 M 으로 나누면 하나의 오프닝을 포함하는 실의 중심간 길이 L 이 얻어진다. L 에서 D 를 뺀 것이 오프닝을 표시하는 수치이다. ⁷⁾ Fig. 4는 오프닝의 가상 단면도로서 메시 수는 같지만 실의 굵기는 다른 스크린사로 한다. 원형은 실의 단면으로 그 지름을 D_1, D_2 로 하고, $D_1 < D_2$ 이다. 그림에서 빗금을 그은 부분의 면적을 비교하면 $B > A$ 이다. 경험으로 볼 때 명백히 A 의 사보다 B 의 사 쪽이 잉크전이량도 많고 인쇄시의 잉크 피막은 두껍다. 스퀴지가 작동할 때 컬러부분의 잉크가 전이된다. 이때 전부가 전이하는 것이 아니라 잉크의 분열에 의해 일부는 실에 얽혀 잔류하게 된다.

스크린사의 메시 수를 M으로 하고 Fig. 4와같이 모노필라멘트로 지름을 D로 한다.

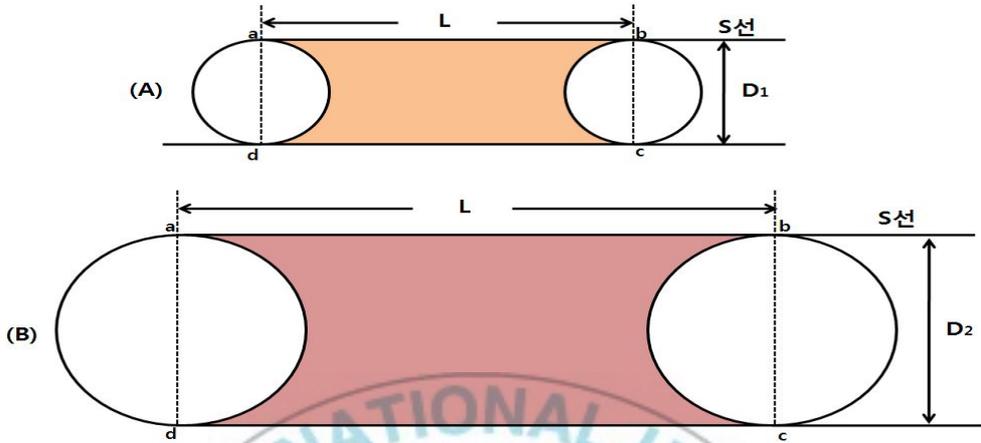


Fig. 4. Opening of imagine cross-section.

실과 실의 중심간 길이 L은 25,400미크론/M이다. 메시 수가 정해져 있는 L이 일정할 때 실의 굵기 D의 변화에 따라 Fig. 4에서 컬러 부분의 면적이 어떻게 변하는지를 고찰해 본다. 점 a와 점 b를 연결하는 선을 스퀴지가 통과하는 선이라고 가정하여 스퀴지 선이라고 명명한다. 밑변 dc는 평활한 피인쇄체의 표면선이다. $D \times L$ 은 abcd의 면적이다. $(D/2)2\pi$ 는 실의 단면적이다.⁸⁾

여기서

$$DL - (D/2)2\pi = Y \dots\dots\dots(5)$$

라고 하면 Y는 빗금 부분의 면적이다. (1)의 방정식을 D에 대해 미분하면,

$$Y' = L - D\pi/L$$

Y'를 0으로 하면

$$L = D\pi/2, \quad 2L = D\pi \dots\dots\dots(6)$$

로 된다.

이것은 빗금 부분의 면적이 최대치를 취할 때의 조건이고, 실의 굵기 D가 L의 두 배 길이를 원주로 된 원의 지름값과 같을 때 빗금 부분의 면적은 최대치를 갖게 된다. 이 방정식을 기준으로 오프닝 공간을 고찰한다.

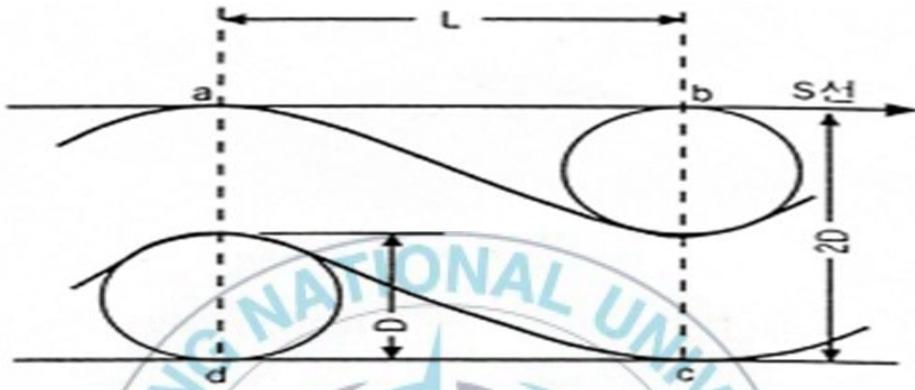


Fig. 5. Opening cross-section.

Fig. 5는 사의 하나의 오프닝 단면도이다. ab는 스퀴지선 S이고 dc는 피인쇄체의 표면이다. 날실과 씨실이 직교하는 점(結節点)의 중심선 ad와 bc를 연결하는 네 개 면으로 막혀진 공간은 사를 구성하는 하나의 단위로 생각할 수 있다. 이 덩어리가 사방으로 연결되어 사를 이루고 있는 것이다. 이 단위 공간 A에서 실이 점유하는 부피 B를 제거한 빈틈을 오프닝 공간이라고 정의한다. 이 부피는 실의 지름을 D, 실 사이의 길이를 L, 오프닝 공간을 Y로 하면 다음과 같다.

단 위 공 간 : $A=2DL^2$

오프닝 공간 : $Y=2DL^2-2(D/2)2\pi L \dots\dots\dots(7)$

(7)식을 D로 미분하면,

$$Y'=2L^2-D\pi L$$

Y'를 0으로 하면,

$$2L=D\pi \dots\dots\dots(8)$$

(8)식은 (5)식과 같은 결과로서 오프닝 공간이 최대치를 갖는 L과 D의 조건에는 변함은 없다. 그런데 L을 일정하게 하여 D를 $2L=D\pi$ 에서 $2L < D\pi$ 로 할 때 실은 굵어져서 오프닝 공간은 감소되어 간다. $2L > D\pi$ 로 되어 실이 가늘어 져도 마찬가지로 오프닝은 감소한다. 이것은 전체적인 체적이 감소하기 때문이다. 잉크 통과성의 요소로서 오프닝 공간과 실 표면적과의 관계를 고찰해 보았을 때, (7)식은 오프닝 공간의 용적이다. 실의 표면적은 $2D\pi L$ 이므로 (7)식을 이것으로 나누면 $(L/\pi)-(D/4)$ 로 된다. 이것은 D에 관한 일차식이므로 D가 작아지면 그 값은 증가하고, 그 극한은 L/π 가 된다. 이것은 잉크가 전혀 통과되지 않음을 의미한다.^{9)~10)}

2-3-2. 판 떨어짐 조작

인쇄 작업에 있어서 판의 장착 위치는 피인쇄체에 밀착시키는 것이 아니고 일정한 간격을 둔다. 판막과 피인쇄체는 스퀴지 선단의 한 선에 접촉하고 다른 부분은 피인쇄체와 접촉하지 않게 한다.

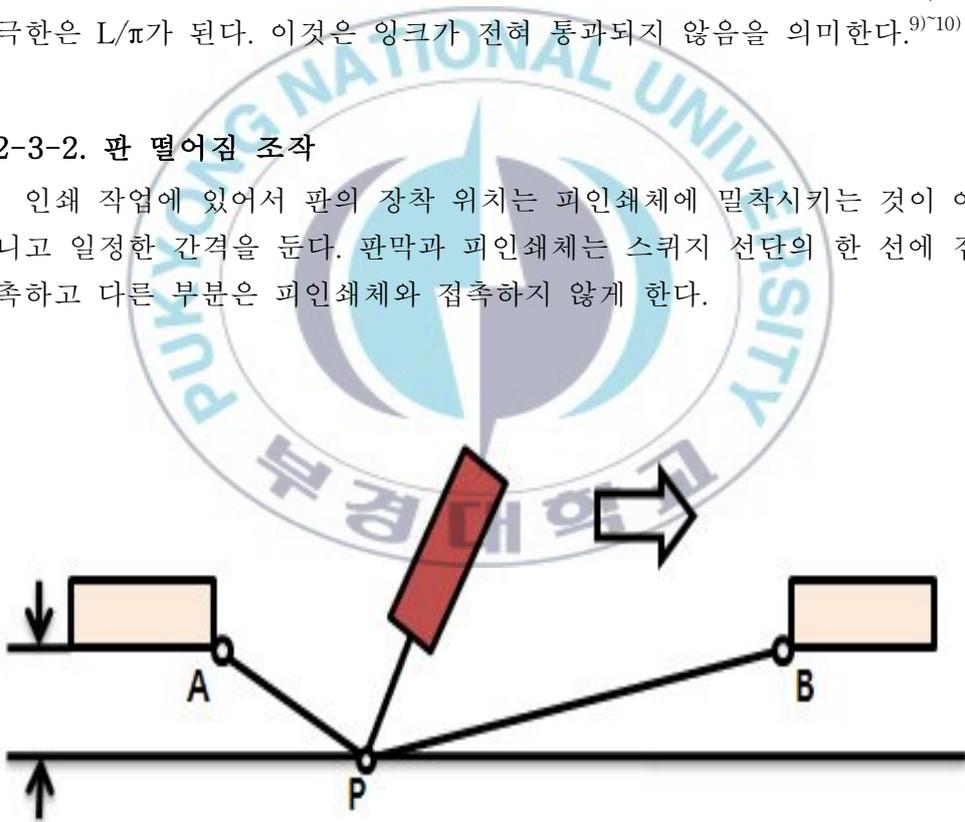


Fig. 6. Valva of squeegee motion.

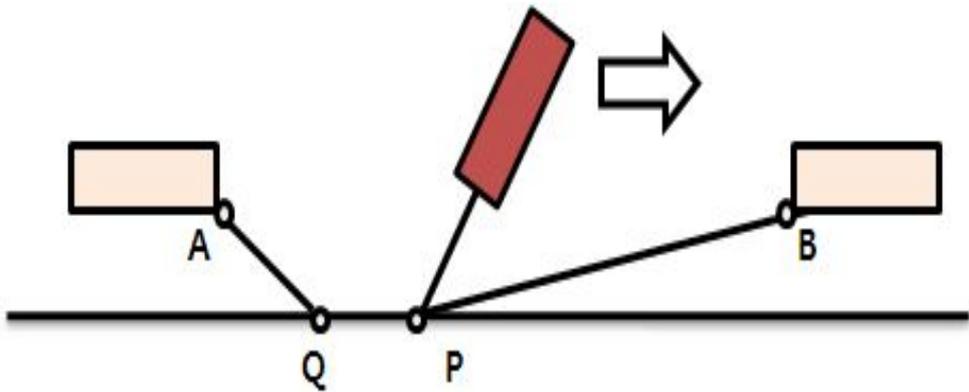


Fig. 7. The falling plate lately.

Fig. 6에서 스퀴지 선단과 접촉되고 있는 P점이 스퀴지의 압력에 따라서 A에서 B의 방향으로 이동하고 있을 때, P점 통과 후의 AP면의 판막은 반드시 피인쇄체에서 떨어져야 한다. AP의 떨어짐이 늦어져 Fig. 7과 같이 Q까지만 떨어지는 경우는 다음 두 종류가 있다. 첫 번째는 Q도 P점의 이동에 따라서 떨어지지만 P점과 일치하지는 않는다. 두 번째는 Q점이 순간적으로 정지되거나 또다시 이동을 개시하거나 또는 정지한 경우이다. 이 거동을 일으킨 시점에서 인쇄잉크 피막은 경계와 같은 피막 얼룩이 생긴다. 이전의 시점에서 스크린판의 한 쪽을 조금 올려주면 Q점은 P점에 근접하거나 일치된다. 스크린판을 피인쇄체와 거리를 두고 장착하는 것은 항상 피인쇄체와 판막이 스퀴지 선단에서 압착된 한 선만으로 밀착시키는 조건이 필요하기 때문이다. 판막 AB라고 하는 길이를 APB로 늘리기 위해서 스크린판막은 본래의 AB라고 하는 길이로 복원하려는 장력이 P점에 걸려 이것이 판 떨어짐 작용을 하게 되는 것이다. 스크린판막을 피인쇄체로부터 떨어뜨리는 거리에는 P점이 피인쇄체에 접촉하고 그밖에는 떨어져 있다고 하는 것만이 아니라 치수 정밀도의 확보 문제와 더불어 생각해야 한다. AP+PB와 AB의 차가 커지면 스크린판을 지나치게 늘려 인쇄하여 인쇄된 무늬와 원고와의 치수 오차가 커지게 된다. 이때는 스퀴지의 인압과도 관련이 있게 된다.

스�퀴지를 장착했을 때의 인쇄 테이블에 대한 압력을 VP로 하면, 스크린판막에 대해서 이 압력으로 피인쇄체와 밀착된다. 그러나 스크린판막

은 판 떨어짐의 장착에 의해 AB로의 복원력 VP로 들어 올려지므로,

$$VP - VP_1 = \text{스퀴지 선단의 피인쇄체에 대한 압력} \dots\dots\dots(9)$$

$$VP + VP_1 = \text{스퀴지 선단이 받는 압력} \dots\dots\dots(10)$$

으로 된다. VP₁이 강할 경우에는 외관상 스퀴지 압을 강하게 하더라도 스크린판막과 피인쇄체의 밀착력이 약하고 화상이 샤프하게 인쇄되지 않는다. 또 스퀴지 고무가 이 압력으로 직선성을 잃어 전방에서 구부러진다.¹¹⁾

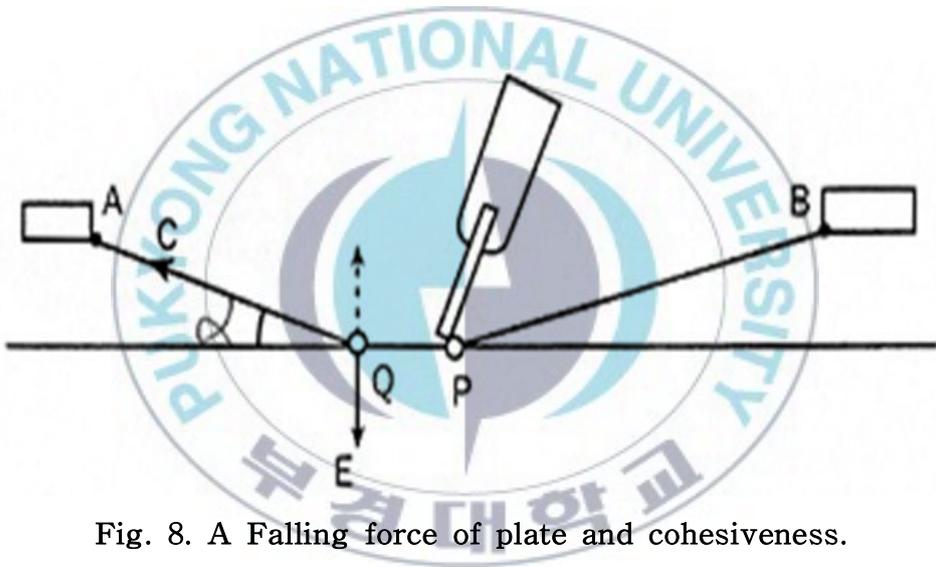


Fig. 8. A Falling force of plate and cohesiveness.

Fig. 8의 P점에서 판 떨어짐이 늦거나 정지되는 것은 판 떨어짐 점인 Q에 있어서의 판의 장력에 대해서 판과 피인쇄체 사이에서 전이중인 잉크의 응집력이 큰 경우이다. Q점에서 볼 때 QA의 방향으로 판막의 복원력이 움직이고 있다. 이를 QC로 하고, QC와 평탄한 피인쇄체와의 각도를 α 로 하면 Q점에 있어서의 잉크의 응집력을 이겨내어 판막을 끌어올리는 힘은 $QC \sin \alpha$ 로 된다. 잉크의 응집력을 QE로 하면 $QC \sin \alpha \leq QE$ 일 때 Q점은 정지, $QC \sin \alpha > QE$ 일 때 Q점은 P점과 함께 이동하거나 또는 P점과 일치한다. 다색인쇄의 경우에는 전이된 잉크가 앞의 잉크피막

위에 놓이면 용제가 급속히 흡수되어 잉크 농도는 상승하므로 점성이 강해진다. 요변성(搖變性, thixotropy)의 잉크는 스퀴지 통과 후 즉시 분자의 응집이 시작되고 이것이 흡착 현상과 부합되어 점착력이 증대된다. 다색의 경우, 여러 색의 인쇄 피막이 형성되어 있으면 이 피막은 새롭게 전이된 잉크가 팽윤, 용해되어 급격히 점착도가 높은 겔상(狀)으로 판막에 점착하여 무리하게 판막을 떼면 잉크 피막마다 박리가 일어나게 된다.

이와 같이 잉크 중의 용제에 의한 재용해, 피인쇄체인 중합계 플라스틱의 용제 흡수 속도가 온도에 비례해서 빠르다. 따라서 인쇄판의 판 떨어짐의 조건은 스퀴지 통과 직후에 개시되어야 한다. 판 떨어짐을 증가시키는 힘 $QC\sin\alpha$ 는 각도 α 의 변화에 따라서 변한다. P점이 P1, P2, ... 로 A보다 멀어짐에 따라 $\alpha_1 > \alpha_2 \dots$ 로 작아져서 $QC\sin\alpha_1 > QC\sin\alpha_2 \dots$ 로 판 떨어짐의 인력도 작아진다. 따라서 A점은 P점의 이동에 따라서 커져서 A1, A2, ... 로 상승하여 $QC\sin\alpha > QE$ 를 확보, 판 떨어짐을 확실하게 하는 것이 필요하다.^{12)~13)}

2-4. 전이 방정식

인쇄적성을 과학적이고 공학적으로 연구하기 시작한 것은 1950년대부터이며 가장 먼저 해석하려고 했던 것은 잉크와 종이의 전이적성이다. 이 문제를 수학적으로 해석하기 위한 첫 단계는 인쇄판상의 잉크의 양에 따른 인쇄물의 잉크량을 정량적으로 측정하는 것이다. 이와 같이 인쇄판상의 잉크량과 종이 위에 전이되는 잉크량을 그래프로 나타내면 S곡선이 나타나게 되는데 이를 전이곡선이라 하고 전이율로 나타낸 결과를 전이율 곡선이라고 한다. 잉크의 전이율은 종이의 표면 구조 및 판 위의 잉크량과 점도에 따라 달라지며, 일반적으로 표면적이 큰 표면이 거친 종이일수록 전이율이 높아진다. 비도포지는 잉크가 종이 속에 침투하는 양이 많으므로 전이율이 더욱 높아지며, 신문인쇄와 같이 점도가 낮은 잉크를 사용할 때는 최대 85% 까지 이르게 된다.

잉크의 전이 거동은 기본적으로 잉크의 레오로지 특성과 전이 방식에 의존하지만, 인쇄기계 상에서 수반되는 잉크의 고속 신장이나 전단 거동으로 인하여 잉크의 전이율에 대한 점도나 동적 점탄성 등의 미시적인

관계를 이론적으로 규명하는 것은 대단히 어려운 일이다. 따라서 대부분의 잉크 전이 모델에서는 인쇄판과 피인쇄체 사이에서 발생하는 거시적인 전이 기구에 입각하여 실험 결과에서 나타나는 곡선을 정확하게 방정식으로 표현하는데 초점을 맞추어 왔다. 보통 백분율로 표시되는 잉크 전이율은 어떤 Nip안에 존재하는 잉크가 잉크를 전달하고자 하는 잉크 수용롤러로 전이되는 비율로 정의된다. 인쇄기의 궁극적인 기능은 잉크를 종이로 전이시키는 것이므로 잉크를 운반하는 롤러나 실린더에서의 잉크 전이율은 대단히 중요한 문제이다. 잉크막의 분리에 관한 이러한 특성은 인쇄기계 상에서 측정하기가 매우 곤란하다. 그러므로 이러한 연구는 거의 전적으로 인쇄적성 시험기나 교정 인쇄기에서 이루어져 왔으며, 연구의 대부분은 종이에 대한 잉크 전이에 집중되었다.¹²⁾

2-4-1. 전이 정수

Walker와 Fetsko¹⁴⁾는 인쇄판의 중량을 측정하여 처음으로 전이관계를 수식으로 만들었으며 다음과 같은 세 가지 개념을 가정하였다. 먼저, [가정1] 종이와 잉크가 접촉하였을 때 잉크량이 적으면 불완전한 접촉을 하여 잉크 공급의 증가에 따라 빠르게 접촉면이 늘어난다. [가정2] 종이의 표면에는 공극이 발달하여 있으므로 잉크와 접촉 시 압력이 가해지면 적당량의 잉크를 고정화 한다. [가정3] 고정화 하고 남은 자유잉크는 일정한 비율로 나누어 분열한다.

위의 세가지 가정 하에 얻은 식을 Walker-Fetsko식이라고 하고 각각 아래와 같은 세가지 계수를 얻게 된다. 먼저, k 는 용지의 피복 면적비로 종이의 요철부에 채워지는 잉크가 얼마나 빠르게 완전피복에 도달하는가를 의미한다. 다음 b 는 고정화 잉크량으로 완전 피복점에서 용지가 고정화시킨 잉크의 양이며, f 는 자유잉크 분열비로 완전 피복된 후 잉크의 분열비를 뜻한다.

잉크량을 증가시키면서 종이에 전이된 잉크량을 플롯하면 Fig. 2와 같은 곡선을 얻을 수 있다. 여기서 잉크량이 많을 때는(포화점 이후) 1차 함수로 표현할 수 있는데 식 (11)과 같다.

$$y=b+f(x-b)\cdots\cdots\cdots(11)$$

여기서 y 는 종이에 전이된 잉크량, b 는 고정화 잉크량, f 는 자유잉크의 분열비, x 는 인쇄판상의 잉크량(공급량)이다.

식 (11)을 다시 쓰면 식 (12)와 같으며,

$$y=fx+b(1-f)\cdots\cdots\cdots(12)$$

식 (11)을 전이율로 표현하면 식 (13)과 같다.

$$y/x=b/x+f(x-b)/x\cdots\cdots\cdots(13)$$

그러나 잉크량이 작을 때는 잉크의 용지가 불완전한 접촉으로 용지의 요철을 효과적으로 채울 수 없게 된다. 따라서 접촉면적비와 실제 접촉된 영역에서 전이된 잉크량의 개념을 도입하면 잉크에 의해 접촉된 종이의 면적은 식 (14)와 같이 표현한 수 있다.

$$F=1-e^{-kx}\cdots\cdots\cdots(14)$$

또한 실제 접촉된 영역에서 전이된 잉크의 양을 고려하면 식 (5)와 같다.

$$\phi b=b(1-e^{-x/b})\cdots\cdots\cdots(15)$$

이 개념으로 식 (12)를 다시 정리하면 식 (16)과 같이 된다.

$$y=(1-e^{-kx})[b(1-e^{-x/b})+f[x-b(1-e^{-x/b})]]\cdots\cdots\cdots(16)$$

식 (16)이 Walker 와 Fetsko의 전이 방정식이다. 따라서 식 (11)과 식 (13)에서 전이계수 b , f , k 를 얻을 수 있다.

이 식은 종이와 잉크의 관계를 나타낸 것으로 종이와 잉크의 고유한 관계를 얻을 수 있다. k 값은 적은 양의 잉크범위에서 얻은 값이므로 포화점 이상의 잉크필름 영역에서는 사용할 수 없다.^{15)~16)}

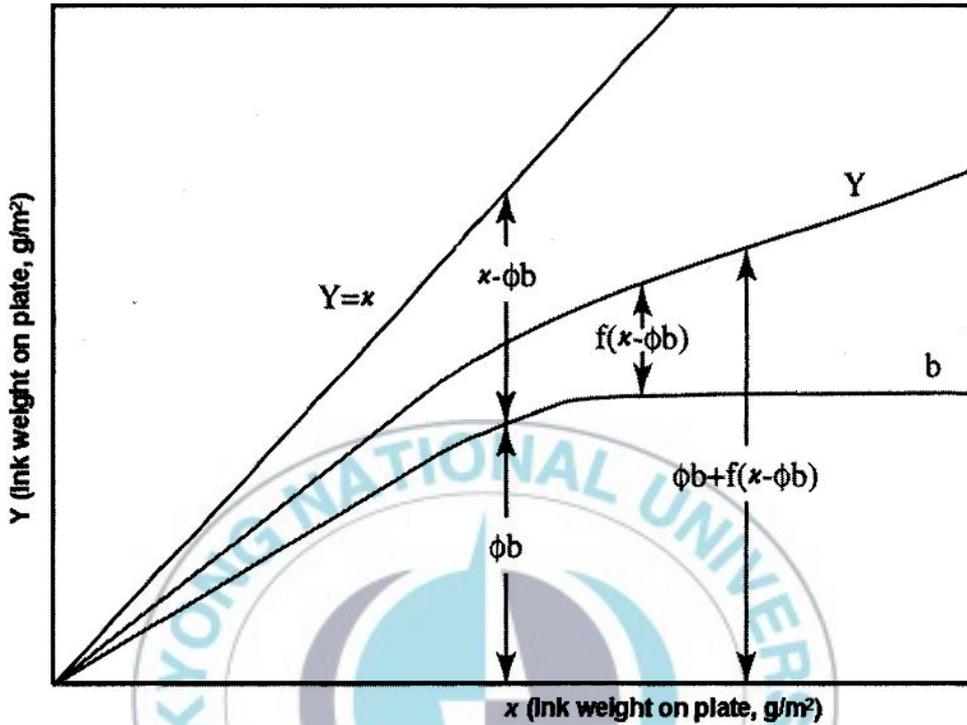


Fig. 9. Conceptual curve of ink transfer.

Fig. 9는 민자 인쇄(solid printing)에서 잉크의 전이 메커니즘을 고려한 것으로서, 피인쇄체와 관련되는 k , b 의 전이 정수의 연관성을 배제하고 자유 잉크량만을 고려하였다. 이와 같이 전이 정수는 인쇄 재료와 인쇄 공정상 조건들에 따른 인쇄 잉크의 전이를 나타내는 변수이므로, 인쇄 공정의 상태를 표현하는 중요한 변수로 사용된다.

잉크량이 증가하면서 종기와 얼마나 빨리 완전한 접촉에 도달되는가를 평활도 상수로서 인쇄 평활도의 측정으로 가능하며 좋은 평활도일수록 높은 k 값을 보인다. 인쇄 압력이 증가하면 인쇄 평활도도 증가하고 종기에 영향을 많이 받는다. 인쇄 속도가 올라가면 k 값은 다소 떨어진다. 15)

b 는 전이율 곡선의 최대 전이율 부분에서의 값이 되며, 종기가 인압을 받고 있는 동안 잉크를 고정화 혹은 수용할 수 있는 최대량이다. 이 값은 종기의 투기도와 평활도에 깊은 관계가 있으며 인압이 올라가면 증가

하고 속도를 감소시키면 증가한다. 또한 잉크의 점도에 큰 영향을 받는다. f 는 포화점 이후 잉크 필름 영역에서의 값을 의미한다. f 값은 고정화 되고 남은 잉크의 분열비를 나타내는 것으로 지배인자가 아직 명확히 알려지지 않는 않지만 종이의 흡수 특성과 관련이 있다고 보고되어 있다.¹⁷⁾

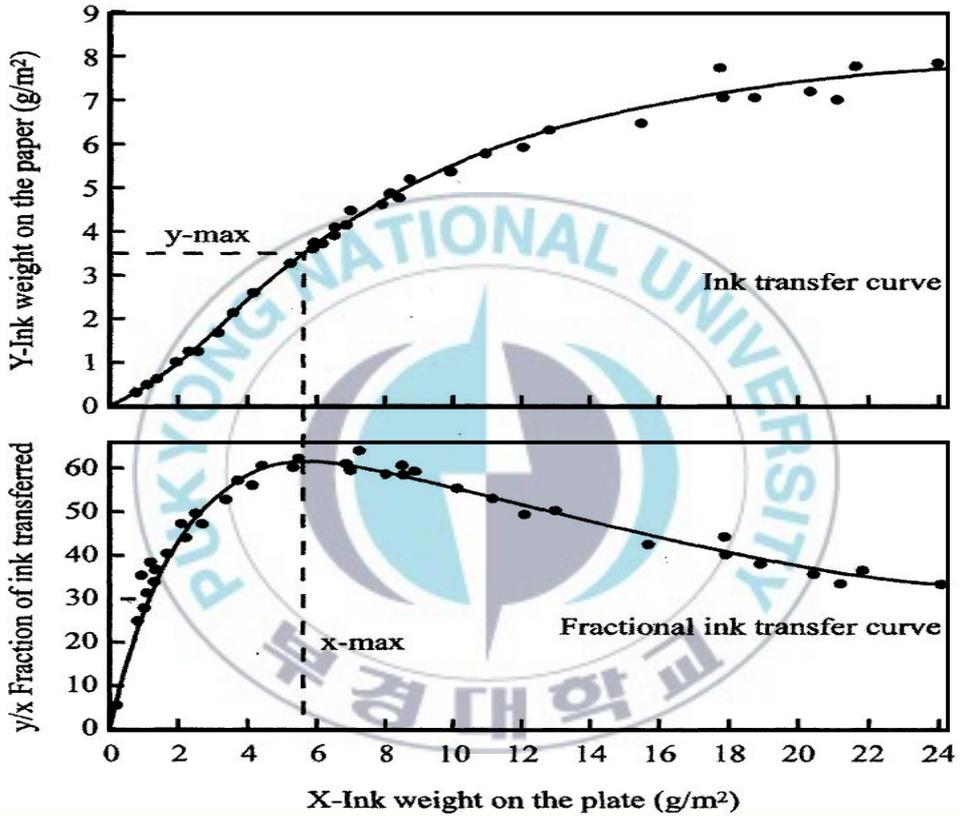


Fig. 10. Curves of typical ink transfer and fractional ink transfer.

3. 실험

본 논문에서는 스크린 인쇄를 이용하여 제작하는 커버글라스 보호필름의 적용 가능성에 목적을 두었다. 실험 데이터 결과값에 대한 고찰을 하고, 실험 결과와 실제 공정에서 상용되는 제품을 비교 분석하였다.

3-1. 실험조건

본 실험은 온도 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ 상대습도 $50\pm 5\%$ 에서 수행하였다.

3-1-1. 분산성

수지 조성물을 성형틀($10\text{cm} \times 10\text{cm}$)에 두께 0.2mm가 되도록 붓고, 180°C 에서 5분간 가열하여 시트를 제조하여 시료 표면을 육안으로 관찰하고, 셀(cell) 표면의 분산 상태를

◎ : 셀(cell)이 균일하게 분산

○ : 전면적의 10% 이하에서 분산불량

△ : 전면적의 50% 이하에서 분산불량

× : 전면적의 100% 이하에서 분산불량의 네 단계로 분류하였다.

3-1-2. 인쇄 작업성

유리 표면에 부착량이 $170\text{mg}/\text{cm}^2$ 이 되도록 페이스트 조성물을 인쇄하고, 건조하여 막의 두께가 $30\mu\text{m}$ 의 소정 패턴이 형성되도록 하였다.

표면에 형성되는 여백 패턴층이 배어나오는지 또는 권충·핀 홀(pin hole)의 발생을 육안으로 관찰하여 권충·핀 홀(pin hole)이 관찰되지 않은 경우를 ◎, 전체 표면에서 한 개 이상 발견된 경우 X 로 하여 나타내었다.

3-1-3. 내마찰성

$10 \times 20\text{cm}$ 의 글라스에 페이스트 조성물을 도포한 후, 200목의 SUS 스크린 메쉬로 코팅하여 180°C 컨벡션 오븐에 6분 동안 경화시켜 준비한다. 내마찰성 시험기(sutherland type rub tester, JIS K5701-1, YASUDA

SEIKI)는 접동자(25.4mm × 50.8mm, 고무두께 : 8mm, 500g)에 마찰용지를 달고, 시편을 원호상에 수평 왕복하여, 마찰거리를 55 ± 1mm, 원호 회전 반경을 180mm로 설정하였다. 그리고 500g/cm²의 하중을 인가하여 45회/min의 속도로 500회 반복하여 시편의 내마찰 정도를 육안 관찰하여, 30 μ m 이상 깊이의 스크래치 발생 시 X, 그 이하 깊이의 스크래치 발생 시 ◎로 하여 나타내었다.

3-1-4. 점착력

80mm × 80mm 글라스에 페이스트를 도포한 후, 200목 SUS 스크린 메쉬로 코팅한 Glass를 180℃ 오븐에 6분 동안 경화시킨 후, 투명 박스 테이프를 50mm × 40mm 크기로 붙인다. 점착력 시험기에 고정할 부분 60mm × 25mm 을 남기고 나머지 글라스를 제거하여 분리시킨다. 그 후 투명 박스 테이프로 고정된 50mm × 40mm 부분을 90 도의 각을 두어 연결한 뒤, load range 5N, 두께 1mm, 넓이 50mm, 길이 20mm 및 시험 속도 100mm/min으로 설정된 점착력 측정기(SWU-10M)에 연결하여 코팅된 필름의 박리 시 점착력 측정을 동일 시편 당 2회씩 실시하여 평균 값을 작성하였다.

3-1-5. 내이행성

이형지에 페이스트를 도포하여 80 μ m 핸드쿼터로 코팅한 이형지를 180℃ 오븐에 6분 동안 경화시킨 다음에, 80mm × 80mm 사이즈로 커팅한 후 페이스트를 박리 시킨다. 박리한 페이스트의 무게를 소수점 4 자리까지 초기무게(Wi)를 측정하고, 80℃의 오븐에 ABS수지판 사이에 시트를 넣고 1kg의 하중을 가한 상태에서 48시간 방치한 후, 시편을 꺼내 시편의 무게(Wo)를 측정하였다.

3-1-6. 접촉각

80mm × 80mm 글라스에 페이스트를 도포한 후, 200 목 SUS 스크린 메쉬로 코팅한 글라스를 180℃ 오븐으로 6분 동안 경화시킨 후 페이스트를 완전 박리 하였다. 접촉각 측정기(Dropmaster 300, FAMAS)를 이용하여 80mm × 80mm Bare glass의 접촉각을 각 5군데 씩 가로, 세로, 대

각선으로 총 30군데를 측정 한 후, 접촉각 시험용 시편의 접촉각을 위, 아래, 대각선 10군데 측정하여 평균값을 구하였다.

3-1-7. 굴절을

ASTM D 542 규격에 준하여 prism coupler 방식으로 실시하였다. 페이스트의 경화 처리한 필름시료(가로 50mm × 세로 50mm, 두께 30 μ m)를 굴절률 기기(Prism Coupler2010/M (Metricon사))를 사용하여, 시료와 프리즘 사이의 접촉 부위는 8mm× 8mm로 준비하고 측정 스팟(spot)의 크기는 직경 1mm로 하였다.

3-2. 잉크 제조 실험

터빈형 교반봉이 부착된 교반기와 300mm 스텐 비이커에 트리-2-에틸헥실 트리멜리테이트(Tris (2-Ethylhexyl) Trimellitate, TOTM) 32.0 중량부, 에폭시화 대두유(Epoxidized soybean oil, ESO) 2.0 중량부 및 트리페닐 아인산(Triphenyl Phosphite, TPP) 2.0 중량부를 투입하여 히팅 맨틀을 이용하여 30℃의 액상 혼합물을 준비한다. 그리고 리그닌 2.0 중량부, 비스페놀 A 다이글리시딜 에테르(Bisphenol A Diglycidyl Ether, BADGE) 1.0 중량부, 안정제로 칼슘 올레이트(Calcium Oleate) 1.2 중량부, 안료로 구리 프탈로시아닌(Copper phthalocyanine blue) 0.3 중량부, 염화 폴리비닐 37.0 중량부 및 염화비닐 비닐아세테이트 공중합체 22.5 중량부를 순서대로 개별 투입 및 교반하여 혼합물인 페이스트를 제조한다. 이때 용기 내부의 온도는 25℃에서 3시간 교반하며 불순물이 혼입이 되지 않도록 실시하여 얻어진 혼합물을 진공 믹서(mixer)로 40 hPa/mbar으로 감압하면서 천천히 교반하고 진공 탈포를 하였다. 제조된 페이스트 조성물은 상기 물성 측정방법에 따라 필름을 형성하였다. 상기 페이스트 조성물의 조성비를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Experiment Developmental Ratio

	Homo polymer	Co polymer	Lignin	BADGE	TOTM	ESO	TTP	Stabilizer	Pigment
Experiment 1	37.00	22.50	2.0	1.0	32.0	2.0	2.0	1.2	0.3
Experiment 2	37.30	22.70	1.5	1.0					
Experiment 3	37.90	23.00	0.6	1.0					
Experiment 4	36.40	22.10	2.0	2.0					
Experiment 5	37.30	22.70	2.0	0.5					

* Homopolymer : 폴리염화비닐,

Copolymer : 염화비닐 비닐아세테이트 중합체,

Lignin : 크래프트 리그닌,

BADGE : 비스페놀 A 디글리시딜 에테르,

TOTM : 트리-2-에틸헥실 트리멜리테이트,

ESO : 에폭시화 대두유,

Stailizer : 칼슘올레이트,

Pigment : 구리프탈로시아닌

3-3. 잉크 비교 실험

터빈형 교반봉이 부착된 교반기와 300mm 스텐 비이커에 트리-2-에틸헥실 트리멜리테이트(Tris (2-Ethylhexyl) Trimellitate, TOTM) 32.0 중량부, 에폭시화 대두유(Epoxidized soybean oil, ESO) 2.0 중량부, 및 트리페닐 아인산(Triphenyl Phosphite, TPP) 2.0 중량부를 투입하여 히팅 맨틀을 이용하여 25℃의 온도에서 액상으로 녹인이다. 그다음 상온으로 유지시키며 액상혼합물을 준비 하였다.

상기와 같이 준비된 재료를 이용하여 비스페놀 A 다이글리시딜 에테르 (Bisphenol A Diglycidyl Ether, BADGE) 1.0 중량부, 충전제 중질 탄산칼슘(평균입도 1에서5 μ m) 4.0 중량부, 안정제로 칼슘 올레이트(Calcium Oleate) 1.2 중량부, 안료로 구리 프탈로시아닌(Copper phthalocyanine blue) 0.3 중량부, 염화 폴리비닐 35.75 중량부, 및 염화비닐 비닐아세테이트 공중합체 21.75 중량부를 순서대로 개별 투입하여 교반하고 혼합물

인 페이스트를 제조하였다.

이때 용기내부 온도는 25℃에서 3시간 교반하며 불순물의 혼입이 되지 않도록 실시하며, 얻어진 혼합물을 진공 믹서(mixer)로 40hPa/mbar에서 감압 하면서 천천히 교반하고, 진공 탈포를 하여 준비 하였다.

제조된 페이스트는 조성물 물성 측정방법에 따라 필름을 형성 하였으며. 상기 페이스트 조성물의 조성비를 Table 2에 나타내어 실험 진행하였다.

Table 2. Experiment Developmental Ratio

	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6	Sample 7	Sample 8	Sample 9	Sample 10
Homo polymer	37.75	37.00	38.25	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00
Co polymer	21.75	22.50	23.25	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50
Lignin	-	-	-	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
BADGE	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
TOTM	32.0	32.0	32.0	-	-	-	-	34.0	33.5	34.0
DOA	-	-	-	32.0	-	-	-	-	-	-
DOP	-	-	-	-	32.0	-	-	-	-	-
PDGAP	-	-	-	-	-	32.0	-	-	-	-
AAP	-	-	-	-	-	-	32.0	-	-	-
ESO	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	-	2.0	2.0
TPP	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.5	-
Filler	4.0	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Stailizer	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Pigment	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

* Homopolymer : 폴리염화비닐,
 Copolymer : 염화비닐 비닐아세테이트 중합체,
 Lignin : 크래프트 리그닌,

BADGE : 비스페놀 A 디글리시딜에테르,
TOTM : 트리-2-에틸헥실 트리메틸테이트,
DOA : 디(2-에틸헥실)아디페이트,
DOP : 디옥틸프탈레이트,
PDGAP : 폴리-디(2-에틸헥실) 글리콜아디페이트
(Poly-di(2-ethylhexyl) glycoladipate),
AAP : 아디픽산 폴리에스터(adipic acid polyester),
TPP : 트리페닐포스페이트,
ESO : 에폭시화 대두유,
Stailizer : 칼슘올레이트,
Pigment : 구리프탈로시아닌

3-4. 실험 인쇄 조건

실험에 사용된 인쇄방식은 스크린인쇄로 항온항습실에서 실험을 진행하였으며, 대영시스템 반자동 뉴턴680 설비를 이용하였다. 인쇄 작업 조건 및 건조조건은 동일한 조건으로 진행하였으며, 인쇄 후 스크레치 발생한 수량으로 기존의 페이스트 잉크와 비교 평가를 진행하였다. 이 외의 제판조건 또한 모두 동일하게 적용하였다.

Table 3. Test Conditions of Screen Printing

Parameter	Setting	Note
Print Speed	10~15mm/sec	
IR Belt Speed	1.0±0.1m/min	
IR Temp Setting	140/190/160±5℃	
MIR Belt Speed	2.0±0.5m/min	
MIR Temp Setting	29~33A	220~240℃
Final Tickness	30~40μm	



Fig. 11. Images of screen printing machine.



Fig. 12. Images of IR drying machine.



Fig. 13. Images of MIR drying machine.

3-5. 실적용 평가

상기 연구를 토대로 하여 현재 국내에서 커버글라스 제조라인을 가지고 있는 G사에서 기존의 사용중인 약품 박리제품과 비교평가를 진행하였다.

3-5-1. 불량율

기존의 사용중인 잉크와 최적화된 잉크를 주차별, Lot별로 분류하여 스크래치 불량율 단계별로 비교평가 실시하였으며, 3D 측정기를 이용하여 확인 하였다.



Fig. 14. Images of 3D measuring instrument.

3-5-2. 생산성

시간당 생산량을 기존 사용품 대비 최적화된 제품을 비교분석 진행하였다.



Fig. 15. Images of chemical exfoliation test.

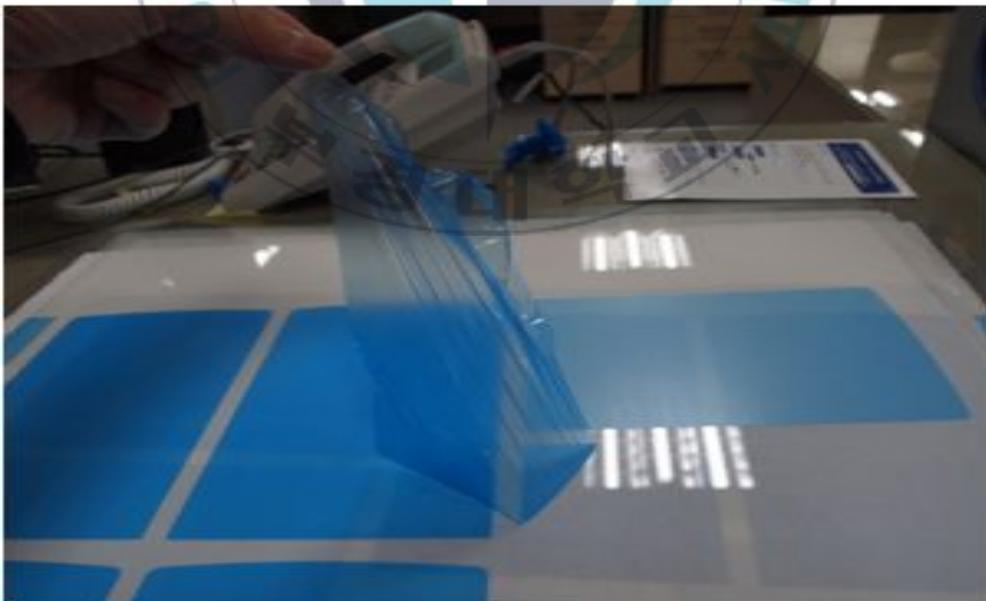


Fig. 16. Images of film type exfoliation test.

3-5-3. 시장 경쟁력

기존 제품의 금액과 최적화된 제품의 금액을 원가계산 및 실사용량 확인 그리고 실제 공정에서 친환경적으로 사용에 적합한 제품인지 평가를 진행하였다.

Fig. 17의 경우 증류수에 잉크필름이 박리가 되는가를 확인하는 실험으로서 480KHz의 초음파를 이용하여 50℃의 증류수에 120분간 침전 상태에서 박리여부를 확인 하였다.

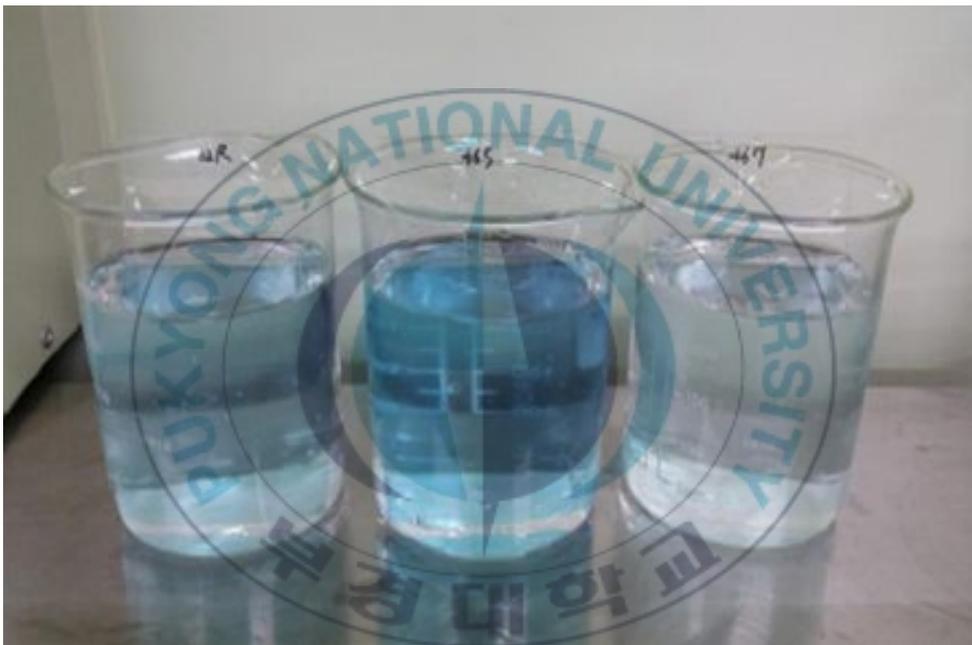


Fig. 17. Images of ultrasonic exfoliation test.

4. 결과 및 고찰

4-1. 잉크 조건 최적화

Table 4를 보면 Sample 4 시료에서 대략 절반 이하의 표면분산이 발생하였으며, 인쇄 작업성에서도 Sample 1, 4에서 점도의 증가로 인하여 여백 패턴층이 배어나오거나 권충·핀 홀(pin hole)이 발생하였다.

실험에선 표면분산이 발생하지 않았으며 인쇄작업성도 우수한 것으로 나타났다. 내마찰성을 살펴보면 실험 1과 Sample 8에서는 스크래치가 발견되지 않거나 발생율이 낮았으나, 저, 고분자 가소제를 적용한 Sample 4에서는 본 연구의 중요 구성성분 중 하나인 리그닌이 포함되었더라도 내마찰성의 효과를 보이지 않고 있다. 따라서 리그닌의 혼합과 함께 멜리테이트계 가소제가 첨가되어야 본 연구에서 원하는 우수한 물성을 얻을 수 있다는 것을 확인하였다. 점착력을 살펴보면 실험 1에서 점착성 0.4N 이상의 특성을 나타내는 반면, Sample 는 0.2 미만에서 0.3의 범위를 보여주고 있다. 또한 내이행성 측면에서도 실험의 평균 내이행성은 0.03%로 글라스 표면에 전이 및 이행성이 매우 낮은 특성을 나타내는 것으로 나타나 페이스트 분산 안정성과 더불어 내이행성이 탁월한 것을 확인할 수 있었다. 또한 접착각 및 굴절율 차를 통해 페이스트 조성물의 각 샘플별 경화 후 잔류성의 차이를 확인하여 반자동식 컨베이어 벨트 상부의 센서가 인식 가능한 최적의 범위 및 기준을 확인할 수 있었다. Sample 1과 같이 리그닌을 제외하고 충전제를 투입한 경우, 굴절율 차이가 오히려 증가하는 현상을 확인할 수 있었다. 저, 고분자 가소제를 적용한 실험 4의 경우, 고분자 가소제인 PDGAP을 투입한 Sample 6에서 굴절율 차가 본 연구의 실험 1 내지 3과 유사한 굴절율 차이를 보였으나, 분산성, 인쇄 작업성 및 내마찰성의 수치가 낮게 나오는 것을 확인할 수 있었다. 그밖에 2차 가소제로서 에폭시화 대두유 또는 트리페닐아인산의 유무에 따라 굴절율의 차이가 크다는 것을 확인할 수 있었다.

Table 4. Each Experiment Developmental Ratio Test Result

	Dispersibility	Printability	Non scratch	Viscosity (N)	Resistance (%)	Angle (°)	Refractive
Experiment 1	◎	◎	◎	0.513	0.005	33.5	0.0059
Experiment 2	◎	◎	◎	0.492	0.007	39.8	0.0086
Experiment 3	◎	◎	◎	0.448	0.02	44.3	0.0085
Experiment 4	◎	◎	◎	0.403	0.03	50.0	0.0107
Experiment 5	◎	◎	◎	0.418	0.02	46.7	0.0097
Sample 1	◎	×	×	0.252	0.91	47.8	0.0291
Sample 2	◎	◎	◎	0.353	0.79	48.1	0.0178
Sample 3	◎	◎	◎	0.256	0.71	52.9	0.0118
Sample 4	△	×	×	0.235	3.23	49.1	0.0432
Sample 5	△	×	×	0.101	5.95	50.1	0.0521
Sample 6	△	×	×	0.343	1.69	39.5	0.0070
Sample 7	△	×	×	0.399	1.30	31.7	0.0051
Sample 8	△	◎	◎	0.190	3.52	47.8	0.0315
Sample 9	△	◎	◎	0.187	4.80	48.3	0.0304
Sample 10	◎	◎	◎	0.197	6.40	51.8	0.0458

※ Best ◎ / Normal △ / Bad X

4-2. 공정적용 적합성 확인

최적화된 잉크를 이용 기존제품과 공정능력 평가결과 기존제품 대비 아래의 특성치에서 우수한 결과를 확인할 수 있었다.

4-2-1. 불량률 확인결과

샘플수량 약 2만셀 진행하여 스크레치 불량률을 확인한 결과 기존 제품

에 비하여 스크레치 불량률 약10% 대비 약 2에서 3% 스크레치 불량률로 불량률 감소 효과를 확인할 수 있었다.

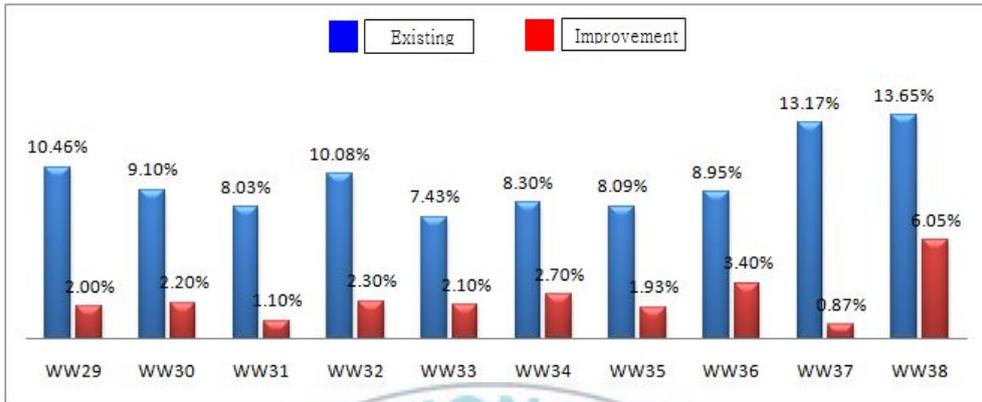


Fig. 18. Weekwork scratch breakdown trend.

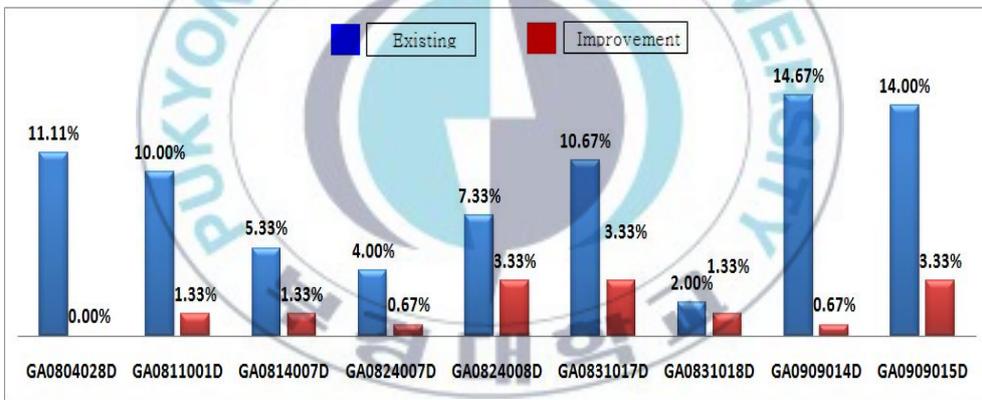


Fig. 19. Lot size scratch breakdown trend.

4-2-2. 생산성 확인결과

기존 제품의 시간당 생산량과 최적화 잉크의 시간당 생산량 결과 확인 시 최적화 잉크가 기존의 제품에 대하여 약2배의 시간당 생산성을 높이는 결과를 보였다.

Table 5. Productivity by Hour

	Existing	Improvement
Capacity	35장	60장

4-2-3. 시장 경쟁력 확인결과

기존 제품의 1Kg당 단가 133,000원 과 최적화 제품의 1Kg당 단가 51,200원을 비교하면, 최적화 제품의 원가경쟁력 또한 높은것으로 나타났다. 그리고 기존 제품의 약품 박리처리 또한 최적화 잉크 사용 시 공정이 삭제되어 추가비용이 없어지며, 인건비 절감에도 기여하였다.

Table 6. Cost Reduction Breakdown

Cost	Existing	Improvement
	133,000원	51,200원
Capacity	Existing	Improvement
	70장	100장
Amount Used	Existing	Improvement
	205Kg	143Kg
Amount Used Cost	Existing	Improvement
	27,265,000	7,321,600원
Chemical Cost	Existing	Improvement
	30,000,000원	Non

5. 결론

본 연구는 커버글라스 공정에서 사용되는 기존의 잉크를 친환경 필름 잉크로 변경 하였을 때 불량률, 생산성 및 원가를 비교분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻어 수 있었다.

(1) 기존의 잉크와 유사한 조건을 만족하였을 때 기존 약품 탈막형 잉크와 동일하게 작업 가능하며, 작업 중 희석제의 무 첨가로 물성이 안정되어 추가적으로 공정 유지관리 부분 또한 안정되는 것을 알 수 있었다.

(2) 최적화 잉크를 공정적용 시 기존 탈막형 잉크의 약품처리 부분이 필요 없어 공정의 단순화 및 친환경적 부분에 기여될 것으로 사료되며 시장 경쟁력 또한 우수한 것으로 보여진다.

(3) 최적화 잉크 사용 시 공정감소 및 수작업의 횟수가 줄어 스크레치의 불량률 감소 및 전체 수율이 향상되는 효과를 가져왔다.

(4) 상기 내용으로 확인하였을 때 박막 필름식 커버글라스 보호 필름의 경우 공정사용에 우수한 기능을 보이는 것을 확인할 수 있었으며, 상용화가 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) J. T. Youn, J. S. Shin, Introduction to Rheology, Pukyong National University, Chapter 2, pp. 20~22 (1995).
- 2) J. T. Youn, J. S. Shin, Introduction to Rheology, Pukyong National University, Chapter 2, pp. 18~19 (1995).
- 3) K. B. Gilleo, Rheology and surface chemistry, Coating technology handbook, pp. 1~11 (2006).
- 4) J. T. Youn, Introduction to printing science, pp. 13~35 (1997).
- 5) S. J. Park, S. M. Lim, J. T. Youn, A study on the computer simulation in the changing velocity and pressure in gravure printing, journal of the Korean graphic arts communication society, pp. 53~64 (2007).
- 6) D. S. Kim, T. M. Kim, Technology Trends of Printed Electro-Mechanical System, journal of Korea Society of Mechanical Engineers, Vol. 46, No. 12, pp. 38~44 (2006).
- 7) J. k. Park, C. Y. Kim, The Effect of the Wettability of Solid Surface on Printing Pattern in Screen Printing, Korean Chem. Eng. Res, vol.48, No.3, June, 2010, pp 397~400 (2010).
- 8) S. C. Youn, J. S. Lim and C. J. Lee, Printed electronic devices: status and prospects of high-resolution printing process technology, Polymer Science and Technology Vol. 18, No. 3, June 2007, pp 238~245 (2007).

- 9) I. J. Fox, T. C. Claypole and D. T. Gethin, An experimental investigation into ink transfer using a roller squeegee in high-speed screen printing, Proc. Instn Mech. Engrs vol. 217 Part E:J.process Mechanical Engineering, pp.307~321 (2003).
- 10) J. S. Park, A Study on the thick stencil making in the screen printing, pp.1~8 (1999).
- 11) R. B. Rief, L. E. Walkup and C. W. Warner, Electrostatic Control of Misting on High-speed Printing Process, Taga Proceedings, pp. 270~291 (1970).
- 12) M. S. Owens, C. W. Macosko and L. E. Scriven, Misting in Forward Roll Coating, 11th International Coating Science and Technology Symposium, pp. 52~53 (2002).
- 13) J. T. Youn, Introduction to Printing Science, Pukyong National University, Chapter 2, pp. 14~28 (2010).
- 14) Y. R. Kang, G. Y. Jung, The Screen Printing using Double Layer Screen Plate, pp. 58~60 (2010).
- 15) M. I. Kolte and P. Szabo, Capillary Thinning of Polymeric Filaments, The Society of Rheology Inc. pp. 609~625 (1999).
- 16) I. Ichikawa, Science in Paper, Ink and Printing, Insatsukyoku Choyokai, p.150 (1970).
- 17) R. B. Rief, L. E. Walkup and C. W. Warner, Electrostatic Control of Misting on High-speed Printing Process, Taga Proceedings, pp. 279~291 (1970).

감사의 글

이제 모든 과정을 마치고 논문의 마지막 마무리를 감사의 글로 남기려 합니다. 학부생부터 대학원까지 지인들의 아낌없는 사랑이 있었기에 여기까지 올 수 있었다고 생각하며, 이렇게 글로써 감사의 마음을 포함합니다. 모두 찾아뵙지 못하고 이렇게 인사드리는 점 죄송하게 생각합니다.

먼저 바쁘신 일정 중에도 항상 세심한 지도를 해주신 윤종태 교수님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 본 논문의 마지막 완성되기 전까지 아낌없는 지도와 격려를 주신 구철희 교수님과 하영백 박사님께도 감사의 말씀을 드립니다.

대학원 과정을 지원해주신 글로닉스 백영기 대표님과 이정우 담당님, 회명산업의 이진형 과장님께도 감사의 말씀 드리고 싶습니다. 세 분의 아낌없는 지원에 이렇게 마지막까지 본 논문의 실험과 결과를 확인할 수 있었습니다. 그리고 실험을 도와준 기술부서 안민 주임, 권현철 대리, 김현광 과장, 윤일만 주임, 김진호 대리, 정재훈 사원, 타 부서지만 도와주신 김태성 팀장님, 김태원 팀장님 모두 감사드립니다.

올해 인채적성실 후배들이 가득하여 무척이나 기쁜 한해였습니다. 후배들의 도움에 감사하며, 수고했다는 말 전하고 싶습니다.

마지막으로 늦은 나이에 다시 공부를 시작하는 저에게 항상 격려와 믿음 보여준 사랑하는 아내, 퇴근하고 늦은 시간에 돌아와도 웃으며 반겨주는 우리 예쁜 딸 지유와 곧 태어날 둘째, 바쁘신 와중에도 매번 사위를 챙겨주시는 장모님과 처형, 지금에 저를 있게 해주신 돌아가신 할머니와 대구의 고모님께 깊은 감사의 마음 전합니다.

2013년 12월

金 炳 辰