

실리콘계 유연제가 종이의 품질특성에 미치는 영향

박용성¹⁾, 서영범²⁾, 전 양²⁾

1) 한국조폐공사, 2) 충남대학교 임산공학과

1. 서 론

면섬유는 섬유간 결합력이 약하고, 결정화도가 높은 특징을 가지므로 비용적이 큰 종이를 제조할 수 있다. 비용적이 클 경우는 약품의 침투성이 용이하여 섬유결합력이 큰 약품을 사용하는 경우 매우 강도가 높은 종이를 생산할 수 있는 것은 면섬유의 장점이라고 할 수 있다. 따라서 면섬유를 이용하여 고강도의 용지를 생산하기 위해서는 표면사이징 (tub sizing) 처리 시 표면처리 약품의 침투(pick-up)를 극대화시킬 수 있어야 한다.

종이의 공극으로 표면처리 용액의 침투거리를 증가시키는 방법으로 실리콘계 유연제를 표면처리제의 첨가제로 사용할 경우 표면장력을 높여 침투율을 증가시킬 수 있는 것 이외에도 물리적 특성 저하 방지, 발수 및 발유, 대전방지¹⁾ 등의 제 성능과의 조합이 병행되므로 종이의 특성을 개선할 수 있다.

본 논문에서는 유연제 첨가 시 면섬유를 원료로 하는 종이의 특성변화에 의한 유가 증권 용지의 복원을 상승과 인쇄적성에 미치는 영향을 고찰하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 유연제

실험에 사용한 유연제는 K사에서 제공한 반응성 아미노 실리콘 오일을 포함한 비이온계 실리콘 에멀전으로서 반발탄성을 가진 유연제를 사용하였다. 사용한 유연제의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Typical properties of softening agent

Parameter	Unit	Value
Appearance		Clear liquid
Specific gravity at 25°C		0.98
Oven dry weight	%	18.0
pH		3.7

2.2 구김성(crumpling)

종이를 인위적으로 구겼을 경우 골의 깊이와 크기가 어느 정도 발생하는가를 측정하는 것으로 종이의 유연성을 측정하기 위해서 사용하는 방법이다.

구김에 의한 복원율 측정을 위해서 구김성은 Fig. 1과 같은 절차에 따라서 2회 (MD, CD 각 1회), 종이의 파괴변형 정도를 측정하기 위해 2, 4, 6회씩 가하였다.

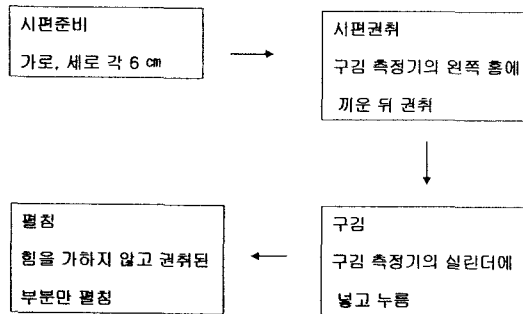


Fig. 1. Schematic procedures of crumpling test.

2.3 복원율

직경 5mm의 패널에 시료를 밀착시킨 상태에서 5kgf의 응력을 가한 뒤 6시간 보관하였다. 응력을 제거하고 30분이 경과한 시점에서 회복되는 각도를 측정하여 복원율을 산출하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 표면처리 용액의 표면장력과 pick-up를 변화 고찰

종이 내부 공극으로의 함침 용액의 침투율을 높이기 위해서는 용액의 표면장력을 높여야 한다. 따라서 표면장력의 변화를 주기 위해 Table 2와 같이 조성을 변경하여 접촉각과 표면장력을 측정한 결과 유연제를 첨가할 경우 표면장력은 크게 증가하였다.

Table 2. Surface energy of varied size system

Surface treatment solution Softening agent	Test results	
	Contact angle(°)	Surface energy(dyne/cm)
-	65.83	29.88
2.0	54.96	41.90
4.0	46.36	47.89
6.0	42.55	53.77

Lucas-Washburn²⁾ 공식에서 종이 공극의 반경과 접촉각 및 사이즈 용액과의 접촉 시간은 동일하므로 유연제 첨가에 의한 사이즈 용액의 표면장력의 변화를 계산하면 유연제 4% 투입 시 사이즈 용액의 침투거리는 35.7% 증가하고 유연제 6% 투입 시는 52.5%가 증가한다. 이러한 결과에 따라서 표면사이징 pick-up률은 Fig. 2에서와 같이 상승하는 것으로 나타났다.

3.2 종이의 특성변화

유연제 첨가 시 종이의 탄성률과 신장률은 다소 하락하였으나, Fig. 3에서 보이는 것처럼 TEA는 크게 하락하여 전반적으로 상당한 변화가 있었음을 알 수 있다.

이런 영향은 실험에 적용한 유연제는 0.1 μm 이하의 입도분포를 가지고 있으며, 표면사이징 과정에서 표면처리제와 기타 첨가제와의 반응성이 일어나지 않고 유연제가 섬유와 표면사이징 함침용액의 반응을 촉진하는 촉매제 역할을 하였기 때문으로 판단된다.

3.3 종이의 복원율

복원율이란 지폐를 반지갑(접는 지갑)에 넣고 일정기간 이후에 꺼내었을 때 활처럼 구부러진다는가, 손으로 구김을 가하였을 때 구김상태가 오랫동안 지속되지 않고 부분적으로 혹은 원래의 상태로 복원되는 현상을 말한다. 지폐의 복원율에 대한 광의(廣義)의 개념은 “지폐의 유통과정에서 발생하는 구부러짐, 구겨짐, 접힘 등 원래의 상태로 회복하는 정도”를 의미하고, 협의(狹義)의 개념은 접힘복원율을 의미하는 것으로 “반지갑이나 동전지갑에 소지했던 지폐의 구부러진 상태가 원래의 상태로 회복하려는 정도”를 의미한다.

3.3.1 접힘복원율

Fig. 4에서와 같이 유연제를 사용할 경우 복원율이 상승되었다. 이는 종이의 탄성율과 신장율의 변화에 의해 TEA가 감소하였기 때문이다.

3.3.2 구김 투기도

구김투기도는 구김을 가한 뒤 투기도를 측정하는 것으로 종이가 유연할수록 구김을 가한 뒤 골의 크기가 작아 복원속도가 빠르고, 파괴가 낮아 투기성이 저하된다.

유연제를 투입할 경우 종이의 구김성은 상대적으로 낮았으며, 종이의 파괴도 낮은 것으로 확인되었다. 유연제 사용은 협의의 복원율인 접힘복원율 개선 뿐 만 아니라, 종이에 유연성을 부가하여 내구김성도 향상되는 효과가 있다.

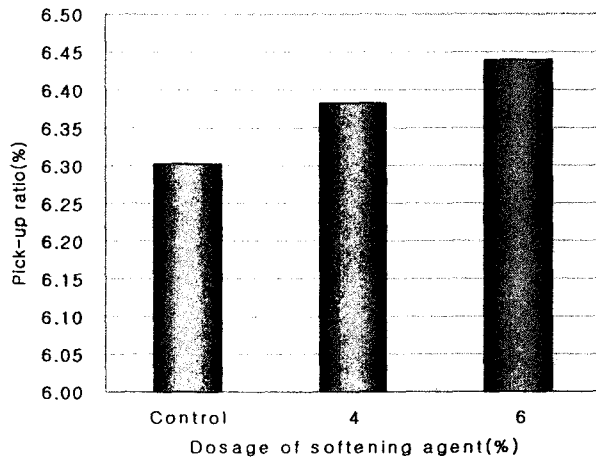


Figure 2. Sizing agent pick-up ratios by addition of softening agent.

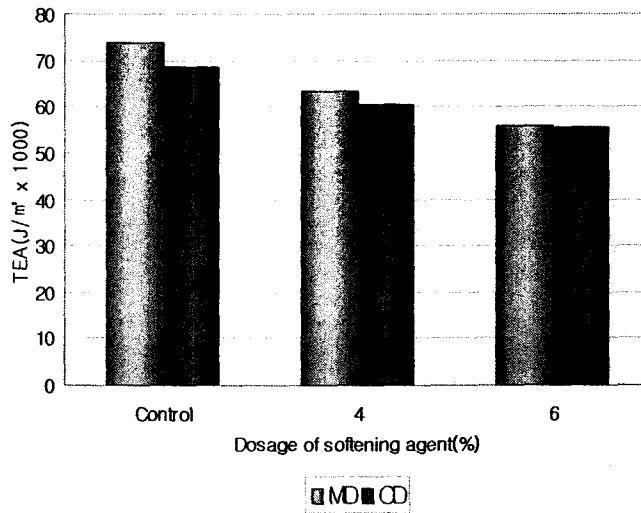


Figure 3. Changes of TEA by addition of softening agent in surface sizing.

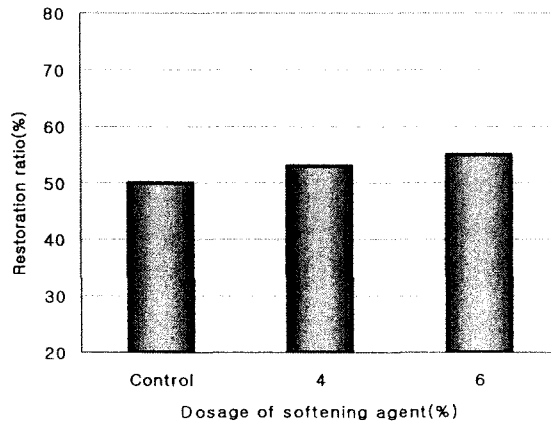


Fig. 4. Changes of restoration ratio as a function of surface sizing solution.

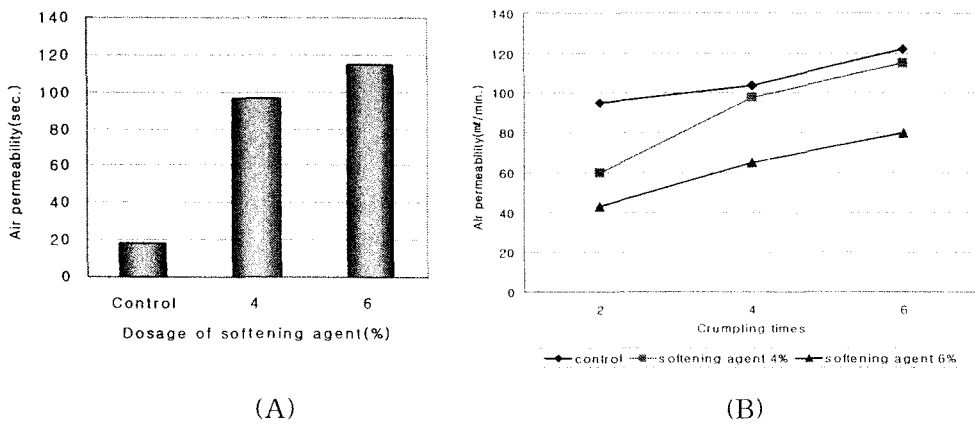


Fig. 5. Changes of air permeability after crumpling(A: Gurley type, B: Bendtsen type).

3.4 인쇄적성

인쇄는 기본적으로 인쇄물의 사용자 요구 특성에 따라서 인쇄방법이 선택되는 것이고, 인쇄용지의 요구특성은 인쇄방법에 부합하여야 한다. 평판인쇄와 달리 활판인쇄나 요판인쇄의 경우에는 종이의 평활성 보다는 종이의 잉크 접착성 우수하여야 하고,

특히 요판인쇄에 있어서는 고압에 의한 신축 안정성이 좋아야 색 맞춤 작업이 원활할 수 있다.

3.4.1 IGT 인쇄적성

유연제 사용 시 Control에 비하여 잉크 흡유 상태가 균일하고 색감이 짙게 나타났다. 특히 뒷면에 잉크 흡유성 또한 균일하였다. 이러한 현상은 유연제가 표면장력을 감소시켜 사이징 용액의 침투율 향상으로 종이의 공극 분포율이 감소하였을 뿐만 아니라 유연가공을 통하여 종이 표면이 친유성으로 개질되었기 때문으로 판단된다.

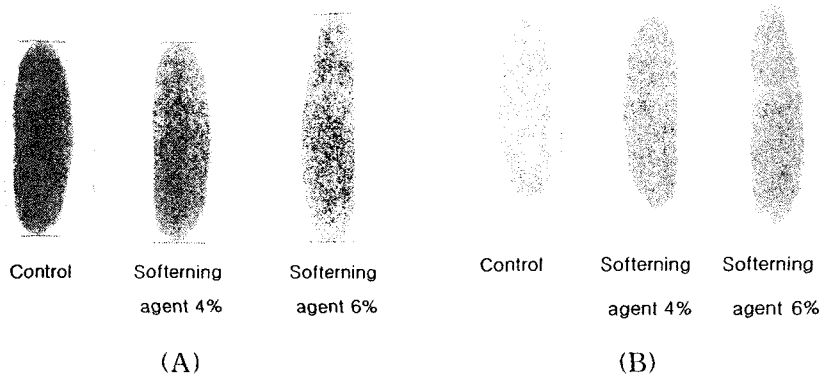


Fig. 6. Shape and length of IGT test's result(A: top side, B: bottom side).

3.4.2 인쇄신축 안정성

평판인쇄와 달리 요판인쇄에서는 약 60ton의 인쇄압이 가해진다. 따라서 인쇄이후에 종이의 변형이 작아야 색 맞춤이 용이하다. 일반적으로 섬유배향성이 클수록 CD의 신장이 증가하고 MD는 오히려 감소한다. 유연제를 사용한 결과 CD의 신장변화 감소는 물론 MD의 감소현상도 제거되어 전반적으로 신축안정성이 확보되었다.

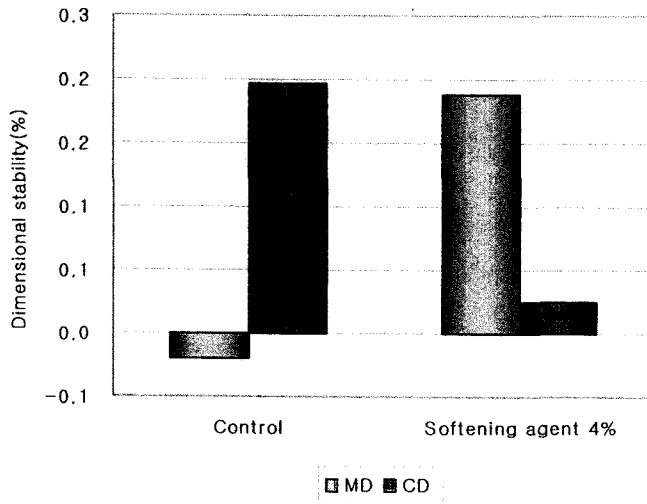


Fig. 7. Printing dimension stability after intiglio printing.

3.4.3 내세탁성

내세탁성이란 세탁이후에 인쇄잉크가 탈락하지 않고 남아 있는 정도를 평가하는 방법이다. 평판잉크와 달리 활판잉크나 요판잉크의 경우에는 대부분 카본블랙을 주성분으로 하고 여기에 약간의 용제를 사용하기 때문에 섬유와 잉크를 고착시키는 수지분이 적어 섬유에 강하게 고착되기 어렵다.

따라서 내세탁성은 활판 및 요판잉크의 부착력을 실험하는 것이다. 실험결과 Fig. 8에서와 같이 Control의 경우는 “ㅎ” 부분의 잉크가 탈락된 것을 발견할 수 있다. 유연제 4%의 경우는 잉크 탈락 현상이 현저히 감소되었으며, 유연제 6%의 경우는 잉크 탈락 부분이 거의 발견되지 않았다.

이런 결과는 액체와 기체간의 계면에너지(v_{LG}), 고체와 기체간의 계면에너지(v_{SG}), 그리고 액체와 고체간의 계면에너지(v_{SL})에 의해서 결정된다.³⁾ 잉크가 종이에 완전히 흡수 접촉되기 위해서는 고체의 계면에너지가 액체의 계면에너지 보다 커야 한다.

결국 계면활성제인 유연제 사용으로 인하여 용지 표면의 표면장력 상승으로 잉크의 접촉력이 강화된 것이다.

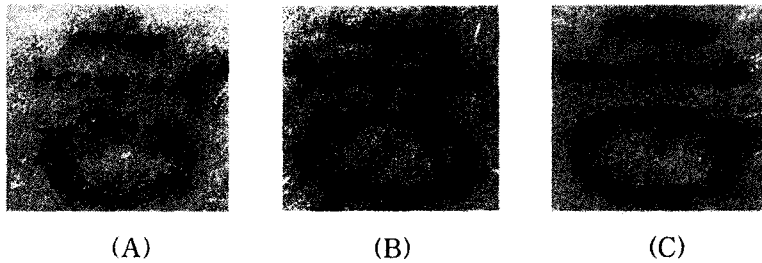


Fig. 8. SEM photograph of currency note in printed region after a washing machine(A: control, B: softening agent 4%, C: softening agent 6%, x50).

4. 결 론

표면처리제의 첨가제로 실리콘계 유연제를 사용하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표면사이징 첨가제로 유연제를 투입할 경우 표면장력이 상승하여 표면사이즈 용액의 침투(pick-up)률이 상승하는 것을 확인하였다.
2. 유연제 투입시 종이의 탄성과 신장률 하락으로 종이의 변형률을 감소시켜 복원율이 향상되었으며, 유연성 향상으로 내구성 또한 향상되었다.
3. 유연제를 사용할 경우 요판 인쇄 시 신축 안정성에 기여할 수 있으며, 종이의 표면장력 상승으로 잉크 접착력을 강화시켜 내세탁성 등 유통안정성이 향상되었다.

References

- 1) 박병기, 김찬영 공저, 섬유공학의 이해, 시그마프레스, p.253(2000).
- 2) Marchessault, R. H., Skaar, C., Surface and Coatings Related to Paper and Wood, The Science Press, Inc: pp.195-207(1967).
- 3) Conners, T. E., Banerjee, S., Surface Analysis of Paper, pp.90-106(1995).