

인쇄용지의 불투명도 향상을 위한 지료조성

최성훈 · 김봉용†

Stock Preparations for the Opacity Improvement of Printing Paper

Sung-Hoon Choi and Bong-Yong Kim†

ABSTRACT

This study was carried out to improve the opacity of printing paper. Conventional filler loading enhanced the opacity of paper, but subsequently caused reduction of paper strength of paper. We try to seek a new filler loading method so-called beater loading that enhances opacity of paper as well as sustained desire strength. In our experiment, comparing to direct loading method, the beater loading method enhanced 0.8% of opacity and 0.2% of brightness. This also decreased the rates of strength reduction of paper. Therefore, the results obtained in this study indicated that beater loading was a very effective method to improve the opacity of paper while not to decrease so much of paper strength.

1. 서론

인류문명의 역사와 함께 비약적인 발전을 계속해 온 제지산업은 최근 대두되고 있는 환경오염, 자원고갈 등의 문제와 전자매체의 혁신에 직면하면서 새로운 전기를 맞고 있다. 따라서 자원의 효율적인 이용이 절실하게 되었고, 이에 부응하기 위해 다각적인 방법이 제시되고 있으며 특히, 생산성과 품질면에 있어서 새로운 개념의 기술개발을 요구하게 되었다. 이러한 기술개발은 앞으로 경량화, 재생섬유의 사용량 증가, 종이품질 향상(균일성, 배향성, 컬특성), 자동화에 따른 제어기술개발 등으로 이어질 것이다. 그중에서도 품질면에 있어서의 경량화는 원료절감, 에너지절감 등의

주효과와 운송비 절감을 비롯한 부차적인 효과가 엄청나 앞으로 계속 이어질 것으로 판단된다. 그러나 이러한 종이의 경량화는 광학적 특성인 불투명도와 물리적 특성인 강도 저하를 필연적으로 가져오게 한다. 특히 인쇄용지와 필기용지의 경우 불투명도 저하는 인쇄시 인쇄화상 뒤비침(show through) 현상으로 인해 치명적인 악영향을 초래한다. 한편, 종이의 불투명성 이론은 일반적으로 Kubelka-Munk¹⁾에 의해 개발된 이론적 모델을 사용하는데 이 이론은 탁한 물질의 난반사, 난투과를 다루며 원래 Paint Film을 위해 개발되었으나 Steele,²⁾ Judd,³⁾ Van den Akker⁴⁾에 의해 종이에 적용되었다. 이러한 Kubelka-Munk 이론의 기초는 물질과 난광의

* 본 논문은 1998년도 한국학술진흥재단 학술연구조성비의 지원에 의해 수행되었음.

• 경북대학교 농과대학 임산공학과(Department of Wood Science and Technology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea).

† 주저자(Corresponding author): e-mail: bykim@kyungpook.ac.kr

상호작용이 물질의 비흡광계수 K 와 비산란계수 S 로 기술될 수 있다는 가정하에 출발한다. 또한 Scallan과 Borch⁵⁾는 종이와 여러 개의 광학층으로 구성되어 있고 광산란은 각층들 사이의 다중 반사에 의해 유발되며 종이의 비표면적, 셀룰로스에 대한 흡광계수, 굴절지수와 같은 물리적 특성의 용어로 종이구조에 직접적으로 광학적 특성을 연관시키려 했다.

이러한 종이의 광학적 성질을 개선하기 위한 충전물의 첨가는 불투명도에 영향을 끼치는 요인들⁶⁾ 중 가장 대표적인 것이며 이로 인해 불투명도의 향상과 강도의 감소가⁷⁾ 발생하게 된다. 이와 연관되어 충전물 loading법에 관련된 다수의 연구가 시행되었다. Miller 등⁸⁾은 섬유 내부에 이산화티탄을 loading시키는 연구를 수행하였다. 이 방법은 펄프슬러리와 함께 이산화티탄을 혼합하여 기계적으로 고해하여 섬유 내강에 이산화티탄을 침착시킨다. 그러나 충전물의 recycling 문제점과 lumen loading을 위해서 고가의 이산화티탄을 많은 양 투입해야 하는 문제점을 가지고 있었다. 한편 세포벽 loading⁹⁾에 대한 최근의 연구는 1992년에 Allan 등¹⁰⁾에 의해 펄프를 염화칼슘에 투입시킨 후 탄산나트륨수용액과 반응시켜 세포벽에 침착시키는 연구를 수행했으나 혼합물에 잔존하고 있는 염의 부가적인 제거공정이 요구되어 문제점이 되고 있다. 또한 탄산칼슘을 섬유를 고해시 loading시키는 방법¹¹⁾이 보고되고 있다.

따라서 본 논문은 종이의 경량화로 인한 불투명도, 강도 감소에 대한 치료 영향인자인 섬유, 종이구조 및 충전물 특성 등을 검토하여 보다 효율적인 대책을 제시하고 충전물 loading법을 개선하여 강도 감소율을 줄이면서 동시에 불투명도를 향상시킬 수 있는 효율적인 방법을 모색하기 위하여 상술한 일련의 연구와 관련하여 펄프를 고해할 때 충전물을 첨가하는 beater loading을 시도하여 효과를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

펄프는 시판용 NBKP, LBKP 및 TMP를 사용하였고, NBKP, LBKP는 Niagara beater로 고해하였으며 사용한 펄프의 최종 여수도는

NBKP, LBKP의 경우 450 mL, TMP의 경우 165 mL CSF이었다. 충전제로는 Talc, Clay, PCC(경질탄산칼슘), TiO_2 을 적정비율로 사용하였다. 또한 모든 수초지는 평량 $60 g/m^2$ 로 제조하여 20°C, 65% RH 항온항습실에서 자연건조하여 종이시료로 사용하였다.

2.2. 방법

2.2.1 충전물 loading

Direct loading은 일반적으로 제지공장에서 사용되는 방법과 똑같이 펄프를 기준 여수도로 고해한 후 충전물을 투입하여 균일하게 혼합하였으며 beater loading은 펄프와 함께 적정량의 충전물을 투입하여 균일하게 교반한 후 Niagara beater를 이용해 기준 여수도로 고해하였다.

2.2.2 종이의 물성 측정

수초지를 TAPPI test method T220 om-83에 의거, 시편을 제작하여 기계적 성질로서의 인장강도는 T494 om-81, 파열강도는 T403 om-91에 의거 측정했으며, 인열강도는 T220 om-88에 의거하여 측정하였다. 광학적 성질로서 불투명도는 T452 om-91, 백색도는 T452-83에 의거하여 Hunter tester로 측정하였다.

2.2.3 광학현미경 및 SEM에 의한 충전물 분포 상태 관찰

Direct 및 beater loading에 의해 filler loading된 펄프 및 종이의 충전물 분포상태를 비교하기 위하여 광학현미경(Olympus BX-50), SEM(Hitachi S-570)을 사용하여 배율을 각각 150배, 300배로 촬영하여 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 펄프 및 충전물 종류에 따른 종이의 불투명도와 물성변화

종이의 불투명도는 총투과된 빛에 의하여 결정

Table 1. Physical and mechanical properties of papers made from different wood pulps

Pulp	Wood species	Specific volume (m ³ /g)	Opacity (%)	Brightness (%)	Tensile index (N · m/g)	Tear index (mN · m ² /g)
LBKP	Eucalytus	2.02	83.5	88.3	43.4	6.47
	Birch	1.70	76.2	87.5	45.8	8.64
	Aspen	1.89	78.0	88.9	46.5	9.03
NBKP	Hemlock	1.69	73.1	86.6	67.7	16.5
	Red pine	1.68	70.4	85.7	71.8	17.3
	Spruce	1.65	69.1	85.2	83.4	11.8

되며 종이의 불투명도를 지배하는 요인은 종이 내부에서의 빛의 산란과 흡수이다. 종이 내에서 빛의 산란이 많거나 흡수가 크면 투과하는 빛이 적어져서 종이는 불투명해 보이며 투과하는 빛이 많을수록 불투명도는 떨어지고 상대적으로 투명도가 높아진다. 빛의 산란되는 정도를 나타내는 지표가 산란계수이고 흡수되는 정도를 나타내는 지표가 흡광계수이다. 또한 종이를 구성하고 있는 펄프의 성질은 불투명도를 좌우하는 가장 큰 요인이 된다. Table 1의 결과에서는 활엽수펄프가 침엽수펄프에 비해 수중간 차이는 있지만 불투명도의 경우 약 3-14% 정도, 백색도의 경우 1-4% 정도 더 우수한 것으로 나타났다. 강도적인 측면에서는 인장강도의 경우 침엽수펄프가 활엽수펄프에 비해 21~40 point 정도, 인열강도의 경우 5~10 point 정도 우수한 것으로 나타났다. 또한 광학적 특성 중 불투명도의 경우 같은 활엽수 펄프라도 수중간 크기는 7% 정도 차이가 나므로 수중의 선택이 불투명도 향상에 중요한 인자가 됨을 알 수 있다.

이러한 차이는 근본적으로 침엽수와 활엽수의 형태적 차이 때문에 나타나는 현상으로 침엽수펄프에 비해 활엽수펄프가 섬유장이 짧고, 세포벽이

두꺼워 섬유간 결합력이 약해 인장강도는 낮아지거나 비용적 및 산란계수를 높여 종이의 불투명도를 향상시킨 것으로 판단되며 또한 침엽수에 비해 일차벽과 S₁층이 고해에 의해 쉽게 분리되지 않는다. 따라서 고해시 S₂층의 팽윤이 침엽수펄프에 비해 적게 발생하므로 고해에 의한 강도향상에 불리한 것으로 사료된다. 그리고 활엽수펄프는 침엽수펄프에 비해 셀룰로스와 헤미셀룰로스의 함량이 높고 유세포가 다량 함유되어 있어 종이의 강도를 저하시키지만 광학적 특성을 향상시킨 것으로 볼 수 있다.

Fig. 1에서 알 수 있는 바와 같이 충전물 함량에 따라 전반적으로 불투명도가 직선적으로 증가하였으며 충전물 종류에 따른 종이의 불투명도 향상은 TiO₂, PCC, Talc, Clay순으로 나타났다. 충전물 함량에 따라 증가폭이 가장 큰 것은 TiO₂ 인 것을 알 수 있으며 이것은 투입되는 충전물의 특징에 따른 현상으로 생각할 수 있다.

Kubelka-Munk 이론¹⁴⁾에서 불투명도는 종이를 구성하고 있는 개별 입자의 수에 달려 있다고 했으며 이것은 곧 평량과 개별입자의 굴절지수와 그것을 둘러싸고 있는 매개물이 바로 그것이다. 이런 점에서 충전물 자체의 광산란계수가 상당히

Table 2. Physical properties of filler¹²⁾

Filler	Specific gravity	Refractive indices	Specific scattering coefficients(m ² /kg)	Brightness
PCC	2.3	1.56	170-210	96-100
Clay	2.52-2.6	1.55	120-150	80-86
TiO ₂	23.9	2.55	400-550	98.5
Talc	2.6-2.8	1.57		80-89

중요하다고 할 수 있으며, 충전물 종류에 따른 광산란계수를 Table 2에 나타내었다. 충전물의 굴절지수에 따른 광산란계수는 작은 입자일수록 산란면적이 크기 때문에 더 높게 나타나고 종이에 있어서 균일한 분포를 할수록 종이 내 산란면적을 증가시킬 수 있다. 특히 TiO_2 의 굴절지수는 2.55로써 공기 1, 셀룰로스 1.53과 비교하여 상당히 높은 굴절지수를 가지기 때문에 충전물-섬유-공기 층으로 구성된 종이의 내부 굴절지수차를 높여 광산란계수가 높아져 불투명도가 개선된 것으로 판단된다.¹²⁾ 한편 비용 측면에서는 TiO_2 의 가격이 비싸기 때문에 일반 인쇄용지에 사용하기보다는 특수한 용도의 종이에만 사용되고 있으며 탄산칼슘의 경우는 원가절감 차원에서 양호하지만 중성 초지시에만 사용 가능한 제한이 있다.

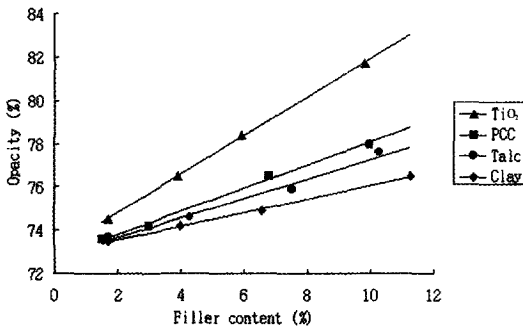


Fig. 1. Opacity of papers with change of filler content.

한편 종이의 백색도는 가시광선에 대한 총반사율로 정의되고 이는 종이의 흰 빛에 대한 밝기(lightness)로 해석하는 것이 일반적이다. 또한 물리적 백색도가 높다는 것과 사람이 희게 느끼는 것(whiteness)과는 상호 차이점이 있다. 그리고 백색도에 영향을 미치는 주요인자로 염료 및 착색 안료, 충전용 안료, 필프의 백색도 및 용수 내 불순물 등이 고려될 수 있다.¹⁴⁾

Fig. 2에서 필프백색도보다 낮은 백색도를 가지는 Clay를 제외하고는 충전물 함량이 증가함에 따라 직선적으로 증가하였고, TiO_2 , PCC, Talc 순의 증가폭을 나타내었으며 Talc의 경우 함량에 따른 증가가 아주 미미한 것으로 나타났다. 이것은 충전물이 필프섬유에 비해 입자 크기가 매우 작고 단위 중량당 표면적이 크기 때문에 광산란계

수를 증가시키며, 섬유간의 결합을 감소시키기 때문에 산란되는 섬유의 표면적을 증대시켜 주어 종이백색도에 영향을 끼쳤다고 볼 수 있으며 Table 2에 나타난 충전물 자체의 높은 백색도에 의한 결과라 판단된다.

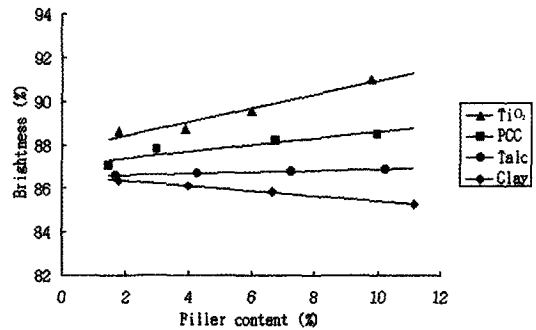


Fig. 2. Brightness of papers with change of filler content.

3.2 필프 배합에 따른 불투명도 변화

인쇄용지에 있어서 많이 쓰이고 있는 표백필프와 최근 인쇄용지 제조에 사용이 확대되고 있는 TMP의 배합에 따른 불투명도의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 특히 TMP는 목재를 연화시킨 후 리파이닝함으로써 섬유가 쉽게 분리되므로 섬유의 절단과 결속섬유의 생성이 적어 다른 기계필프보다 장섬유가 많은 특징이 있다. 또한 2차 리파이닝에 의해 피브릴화가 일어나 강도가 우수한 특성이 있으나, 미세섬유가 적은 관계로 섬유간의 결합이 파괴되어 강직한 섬유가 일어나서 종이 표면이 거칠어지는 단점이 있으나 화학필프보다 제조 원가상 유리하며, 비용적이 크고 여수성, 치수안정이 좋아 인쇄용지분야에도 열기계필프의 용도가 확대되고 있다. 한편 Figs. 3, 4에서 LBKP에 대해 TMP를 30% 정도 첨가시키면 첨가하지 않았을 때보다 약 0.2 point 정도의 비용적이 증가되었으며 이것은 곧 1.5% 정도의 불투명도 증가를 나타내었다. 이것은 비용적의 증가로 인해 종이 구조 자체가 bulky해지면서 광산란면적이 더욱 커진 것과 TMP 자체의 불투명도가 높기 때문에 나온 결과라 사료된다. 반면 NBKP를 첨가했을 경우 첨가하지 않았을 때보다 약 0.05 point 정도의 다소 적은 비용적 감소와 불투명도에 있어

서 약 1.5% 정도의 높은 감소를 나타내었다. 적은 비용적의 감소는 고해에 따른 섬유간 결합력이 높은 NBKP의 첨가로 생긴 결과이며, 불투명도의 감소는 Table 1에서 언급되었듯이 NBKP 자체의 불투명도가 LBKP에 비해 낮기 때문에 생긴 결과라 판단된다. 따라서 종이의 불투명도에 있어서 비용적의 변화가 다소 영향을 끼치지만 종이를 구성하고 있는 펄프의 성질에 따라 더욱 영향을 받는 것으로 나타났다.

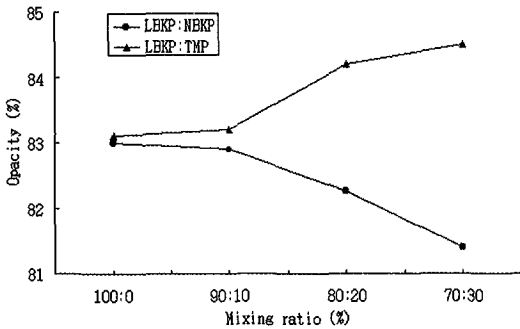


Fig. 3. Opacity of papers with change of pulp mixing ratio.

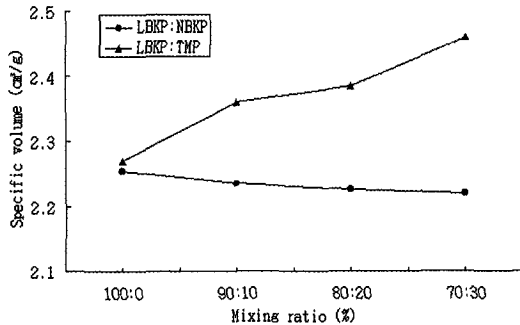


Fig. 4. Specific volume of papers with change of pulp mixing ratio.

3.3 충전물의 Beater loading에 의한 불투명도 및 강도 변화

충전물의 beater loading은 고해시 섬유와 함께 과량의 충전물을 투입하여 기계적인 힘에 의해 섬유에 loading시키는 방법¹¹⁾으로 고해 후 지료의 충전물은 섬유 r표면에 끼거나, 침착되어 있거

나, 아니면 섬유와 함께 혼합되어 있는 상태로 존재하고 반면 기존의 direct loading법에 있어서의 충전물은 섬유와 혼합되어 있는 상태로만 존재하는 것을 가상할 수 있다.

Beater loading법에 따른 고해결과, Table 3에서 보여지듯 충전물 손실은 대략 40-50% 정도로 큰 편이며, Clay의 경우 손실량은 Talc에 비해 10% 정도 더 큰 것으로 나타났다. 이렇게 충전물 손실이 많은 이유는 연구목적상 loading된 섬유만을 이용하고자 실험실 내 단속식 beater 속에 잔존하고 있는 충전물을 모두 회수하지 않았기 때문으로 판단된다. 실제 공정상에 도입할 경우에는 고해기 자체가 연속식이기 때문에 충전물 회수부분에 대해서 또 다른 연구가 필요할 것이라 판단된다.

Table 3. Filler loss in beater and filler content of each furnish by beater loading (filler dosage in beater : 50% on oven-dried pulp weight)

Species	Talc	Clay	Talc-Clay (50:50)
Filler loss in beater(%)	39.4	50.5	41.5
Filler content of furnish(%)	30.3	24.8	29.3

Table 4는 충전물의 beater loading과 direct loading을 비교하기 위해 똑같은 양의 충전물을 지료에 투입하여 종이를 제조한 후 충전물 보류율을 비교한 것이다. 수초지 내 충전물의 잔존량은 대체로 beater loading법이 direct loading법에 비해 Talc의 경우 약 6%, Clay의 경우 10% 정도 높았으며, Talc가 Clay보다 약 8-12%정도 더 높은 보류를 나타내었다. 이것은 beater loading에 의해 미세 충전물성분의 일부분이 섬유 내부로 침투하여 존재하는 것으로 생각할 수 있으므로 단순하게 섬유 사이에만 충전물이 존재하는 direct loading보다 높은 충전물 보류율을 나타내어 종이 내의 충전물 함량을 높일 수 있는 효과적인 방법임을 알 수 있다.

충전물 loading 방법에 따른 종이의 불투명도의 차이를 Fig. 5에 표시하였다. 여기에서 보는 바와 같이 충전물이 함유되지 않은 control에 비해 direct loading보다는 beater loading이 세 가지 종류의 충전물 투입에 대해 전반적으로 종이

Table 4. The filler retention in handsheet by loading methods

Filler	Filler content in furnish (%)	Filler retention (%)	
		Beater loading	Direct loading
Talc	30.3%	49.3	43.0
Clay	24.8%	41.9	31.1
Talc-Clay (50:50)	29.3%	44.2	36.4

의 불투명도가 약 0.8%가 높게 나타났다. 이것은 beater loading에 의해 충전물이 섬유에 끼거나 침착되어 보류가 증가되었으며 지필의 Z방향 각 층에 고르게 분포되어 있기 때문인 것으로 생각할 수 있다. 특히 Talc가 Clay보다 약 4% 정도 더 높은 불투명도를 가지는데 이것은 Talc의 보류도가 43%로 Clay에 비해 보류가 약 10% 정도 더 많아서 지필 내에 잔존하는 충전물의 양이 상대적으로 많기 때문에, 이로 인한 광산란력 증가로 인한 결과라 생각되어진다. 한편 Talc-Clay의 불투명도가 다소 높게 나타나는 것은 투입한 충전물의 굴절률이 서로 다르기 때문에 Talc-Clay-공기-섬유의 굴절률 차가 더욱 커져서 광산란이 많이 일어난 것으로 판단할 수 있다. 이것은 인접한 두 물질의 굴절지수차가 광산란력을 더욱 크게 한다는 Kubelka-Munk 이론식¹⁵⁾에 따른 결과로 해

다. 또한 충전물의 투입에 따라 백색도가 증가함을 알 수 있고 특히 beater loading이 direct loading에 비해 약 0.1-0.2% 정도의 백색도 증가를 보인다. 이것은 beater loading법에 의해 일부분의 충전물이 섬유 내강이나 표면에 loading되어 지필이 형성되면서 종이의 상층부 및 내부에 백색도가 높은 충전물이 존재하기 때문에 종이의 백색도를 증가시킨 것으로 판단된다.

한편 direct loading은 초지시 지료가 중력에 의해 탈수되면서 종이의 두께 방향에 걸쳐 중간 이하 부분에 충전물이 분포되고 전체적으로 충전물 함량이 낮기 때문에 beater loading법과 비교하여 백색도가 약간 감소된 것으로 보여진다.

그리고 Clay의 경우 펄프백색도보다 4% 정도 낮은 백색도를 가지기 때문에 control보다 낮게 나타났고 beater loading이 direct loading보다 약 0.1% 낮게 나타난 것은 펄프보다 백색도가 낮은 충전물이 beater loading의 효과로 인해 종이에 잔류된 부분이 많아서 생긴 결과라 판단되어진다. 이러한 결과로 미루어 보아 beater loading은 종이 내의 충전물 함량을 높이고 충전물 분포를 균일하게 하여 광학적 성질, 특히 불투명도 향상에 상당히 기여하는 효과적인 수단이 될 것으로 사료된다.

종이의 강도적 성질은 충전물의 투입으로 인한 섬유결합 감소의 영향으로 투입량이 증가함에 따라 감소하는 경향이 있다. 본 연구에서 이러한 섬유결합의 감소를 줄이기 위한 방법의 일환으로 beater loading을 시도하였는데 그 결과, Figs. 7, 8에서 알 수 있는 바와 같이 beater loading이 direct loading보다 인장, 파열강도 모두 높게 나타났다. 이것은 direct loading보다 높은 보류율을 가짐에도 불구하고 다량의 충전물이 기계적인 힘에 의하여 미세화되어 섬유 표면에 박히

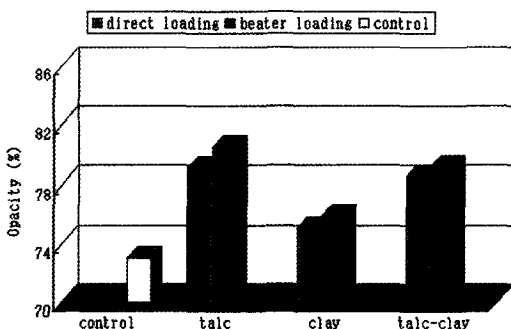


Fig. 5. The change of opacity by filler loading methods.

석할 수 있다.

Fig. 6에서는 충전물을 투입하지 않고 펄프만으로 제조된 종이의 경우 86.6%의 백색도를 가진

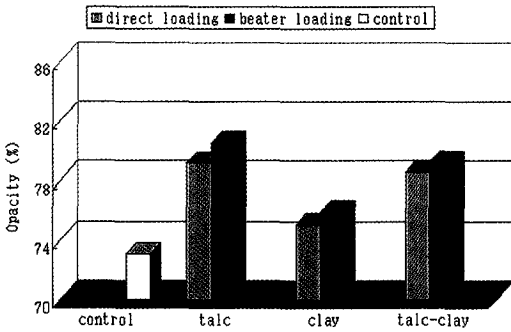


Fig. 6. The change of brightness by filler loading methods.

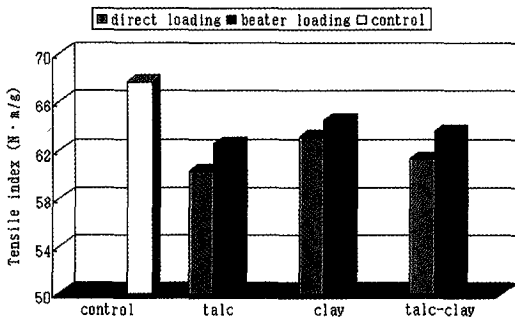


Fig. 7. The change of tensile strength by filler loading methods.

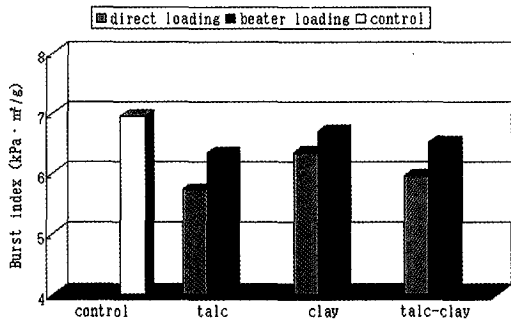


Fig. 8. The change of burst strength by filler loading methods.

거나 내강에 들어감으로써 섬유간 결합을 방해하지 않아 나온 결과로 생각된다. 한편 Clay가 Talc보다 강도가 높은 것은 충전물의 보류도가

상대적으로 낮기 때문에 지필 내 충전물의 함량이 적다. 또한 같은 양을 투입했는지라도 보류도차이로 인해 평량 60 g/m²으로 제조된 지필 내에서는 섬유 양이 더 많아서 상대적으로 강도가 높게 나온다고 판단된다. 그러나 본 논문에는 표시되지 않았지만 충전물 함량이 같은 종이간의 충전물 종류에 따른 강도적 성질의 유의차는 발견되지 않았다.

3.4 광학현미경 및 SEM에 의한 충전물 분포 상태의 관찰

Fig. 9의 A, B는 direct loading과 beater loading을 한 후 광학현미경으로 촬영한 사진이다. A의 경우 충전물은 서로 응집되어 큰 입자를 형성하였으며 분포상태가 고르지 않았고, B의 경우 고해시 충전물을 첨가함으로써 기계적인 힘에 의해 충전물이 더욱 미세화되었고 고르게 분포되었다. 그리고 다량의 충전물이 섬유 내부와 표면에 loading된 것이 보여졌다. 한편 충전물이 섬유에 어떻게 loading되어 있는지를 자세히 확인하기 위하여 섬유 표면에 위치한 충전물은 SEM으로 관찰하였으며 Fig. 10의 D, E 사진에서 그 차이가 보여졌다.

이렇게 현미경을 이용한 충전물 loading 형태 관찰로 beater loading에 의한 효과는 충전물의 미세화와 굴절지수의 증가, 산란력 증가 및 섬유간 결합 방해가능성 감소와 미세화된 충전물의 섬유내 충전으로 인한 반투명섬유의 불투명도 향상, 충전물 첨가에 의한 강도 감소율의 둔화, 탈수시 충전물 보류도 증가, 종이제조시 각층의 고른 충전물 분포 등의 복합적인 효과에 의해 불투명도를 중심으로 한 종이 물성의 개량에 효과적인 방법임을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구는 종이 경량화에 따른 불투명도, 강도 저하를 방지하기 위해 시행되었으며 특히, 인쇄용지, 필기용 백상지의 불투명도 향상에 초점을 맞추어 그 영향인자와 작용기구를 고찰하고 강도의 저하 없이 불투명도를 향상시키는 방안을 모색하였으며 그 결과는 다음과 같다.



Fig. 9. Observation of filler distribution appearance by microscope according to beating methods. ($\times 150$)

1. 활엽수펄프가 침엽수펄프에 비해 수종간 차이는 있지만 불투명도의 경우 약 3-14% 정도, 백색도의 경우 1-4% 정도 더 우수한 것으로 나타났다. 강도적인 측면에서는 인장강도의 경우 침엽수펄프가 활엽수펄프에 비해 21-40 point 정도, 인열강도의 경우 5-10 point 정도 우수한 것으로 나타났다. 따라서 종이의 불투명도 및 강도적 성질은 펄프의 종류 및 수종의 적절한 선택에 의해 상당히 높일 수 있음을 알 수 있었다.
2. 충전물의 beater loading은 기존의 direct loading보다 보류율이 Talc의 경우 6%, Clay의 경우 10% 정도 더 높았다. Beater loading에 의한 종이의 불투명도의 변화는 direct loading보다 약 0.8% 정도가 더 높았고 Talc가 Clay보다 약 4% 정도 높았으며, 백색도의 변화는 0.2% 정도 개선되는 효과를 얻었다. Beater loading에 의한 종이의 강도변화는 direct loading

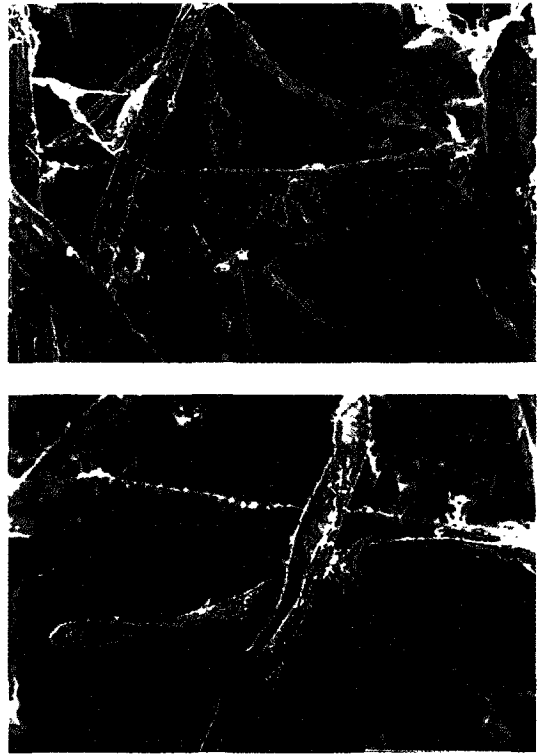


Fig. 10. Observation of filler distribution by SEM according to beating methods. ($\times 300$)

보다 약 0.2-0.3 point 정도 더 높게 나타났으며 이는 충전물 충전 후 종이의 강도 감소율이 낮아졌음을 의미한다. 이러한 실험결과로 보아 충전물의 beater loading법은 일반적인 loading보다 강도 감소율을 낮추면서 불투명도를 높일 수 있는 효과적인 수단이 될 것으로 판단되었다.

인용문헌

1. Kubelka, P., Munk, F., Z. Tech. Phys. 12(11a): 593 (1931).
2. Steele, F. A., Pap. Trade J. 100(12):37 (1935).
3. Judd, D. B., Pap. Trade J. 106(1):39 (1938).
4. Van den Akker, J. A., Tappi 32(11):498(1949).
5. Scallan, A. M, Borch, J., Tappi 55(4):583 (1972).

6. Casey, J. P., Pulp and paper. Interscience Publishers, New York 2rd ed. Vol. 3: 1876-1886 (1981).
7. Bovin, A., Carno, B., Svensk Papperstidn, 80(15): 483 (1977).
8. Miller, M. L., Paliwal, D. C., Pulp and paper Science J. 11(3):84 (1985).
9. Allan, G. G., Carroll, J. P., Negri, A. R., Raghuraman, M., et al., Tappi J. 75(1):175 (1992).
10. Allan, G. G., Negri, A.R., Ritzenthaler, P., Tappi J. 75(3):239 (1992).
11. Sykes, M. S., Klungness, J. H., Tan, F., Abubakr, S. M., Tappi Pulping Conference Proceedings, Oct. 25, 1998 ; Montreal, Canada. Atlanta, GA : TAPPI Press, 539 (1998).
12. Casey, J. P., Pulp and paper. Interscience Publishers, New York 2rd ed. Vol. 3:1515-1527 (1981).
13. Casey, J. P., Pulp and paper. Interscience Publishers, New York 2rd ed. Vol. 3:1828-1837 (1981).
14. Davis, M. N., Paper Trade J. 111(14):40 (1940).
15. Casey, J. P., Pulp and paper. Interscience Publishers, New York 2rd ed. Vol. 3 : 1528-1530 (1981).