

미세분 함량에 따른 골판지원지의 압착탈수 특성

정웅기 · 성용주[†]

접수일(2012년 12월 1일), 수정일(2012년 12월 12일), 채택일(2012년 12월 14일)

Wet Pressing Properties of OCC Stock depending on the Fines Contents

Woong-Ki Jung and Yong Joo Sung[†]

Received December 1, 2012; Received in revised form December 12, 2012; Accepted December 14, 2012

ABSTRACT

The effects of fines contents in OCC stock on the wet pressing process were evaluated in this study. The fines were collected from the beaten OCC stock by using 200 mesh. The dryness of handsheet samples after the couch and after the 1st wet press were greatly affected by the fine contents of the OCC stock. The higher contents of fines resulted in the lower value in dryness but the higher value of density followed by the higher strength properties. The addition of the retention aids and the drainage aids on the OCC stocks showed the wet pressing efficiency were greatly affected by the fine contents rather than the addition of polymer additives. The increase in the fine retention by the polymer additives offset the improvement in the wet pressing efficiency originated from the polymer additives.

Keywords : *Wet pressing, OCC, fines content, polymer additives*

1. 서론

세계경제 규모의 성장과 중국 및 인도 등 인구대국들의 급속한 경제발전은 석유를 포함한 화석연료의 소비 및 수요를 지속적으로 증가시키고 있지만, 화석연료의 고갈과 수요증대 등으로 인한 에너지 비용의 증대는 점차 심화되고 있는 상황이다. 게다가 화석원료에

의한 환경오염, 지구 온난화 및 이에 따른 기후변화 등은 화석연료 사용을 최소화하고 저탄소 저에너지 산업 시스템으로의 전환에 대한 사회적 요구를 가져오고 있다. 이에 따라 다양한 산업체들은 에너지 절감 및 자체적인 온실가스 배출 감축을 자체적으로 수행하기 위해 노력하고 있으면 특히, 고에너지 산업인 제지산업에서는 더욱 중요한 당면과제가 되고 있다.¹⁾ 제지산업에

• 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과 (Dept. of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam Natl. Univ., Daejeon, Republic of Korea)

† 교신저자(Corresponding author): E-mail: yosung17@cnu.ac.kr

서의 에너지 절감으로 위한 공정개선 등은 다양한 방법으로 시행되어 왔지만, 실제 제지공정 중 건조공정에서 총 에너지 소비량의 50% 이상을 차지하기 때문에 건조효율을 높여 건조에너지를 감소시키는 것이 전체 공정 에너지 감소에 큰 효과가 될 수 있다. 일반적으로 압착탈수 후 지료의 고형분이 1% 증가하는 경우 이어지는 건조공정에서의 증기사용량이 4% 정도 감소하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다.²⁾ 이처럼 압착탈수 공정 후 배출되는 습지의 건조도는 이어지는 건조공정에서 에너지 소비에 매우 큰 영향을 미치게 된다.

한편 현재 산업용지의 주요한 원료로 활용되고 있는 골판지 고지(OCC)는 1990년대 이전에는 품질적인 이유로 많이 사용되지 않다가 1990년대부터 자연보호 문제가 대두되면서 그 이용 성장률이 목재 펄프를 앞지르고 있다. 특히, 국내에서 전자상거래가 보편화되면서 포장지 시장의 수요가 확대됨에 따라 골판지 제조에 사용되는 고지의 사용량이 계속 증가하는 추세이다. 현재 국산 골판지 고지는 재활용률이 90%를 상회하는 고도의 환경 친화적 원료의 활용 체계를 가지고 있으나(한국제지공업 연합회, 2009), 과도한 재활용으로 인해 재생 산업용지의 직접적인 강도 저하현상 및 공정의 과도한 오염 등 여러 가지 문제가 발생되고 있다. 특히, 여러 번 반복되는 OCC의 재활용은 섬유유 각질화를 심화시키고 이에 따른 섬유유 부서짐 등에 의해 섬유유 단섬유화 및 고미세분화를 가져온다. 이렇게 OCC 고지의 재활용으로 발생하는 많은 양의 미세분은 초지 시 탈수성을 저하시켜 압착탈수 효율의 저하를 가져올 뿐만 아니라, 지필의 공극을 막고 치밀한 구조를 형성함으로써 압착탈수 시 탈수성 등을 저하시키고 이로 인한 습지의 수분량의 증가는 건조에너지의 소비증가 및 불균일 탈수, 건조 등에 의한 지질피해 등이 발생할 수 있다.³⁻⁵⁾

이러한 산업용지의 재활용 등으로부터 발생하는 다양한 문제점을 극복하기 위하여 첨가제의 개발 및 활용 기술 그리고 이러한 기술의 적절한 도입을 위한 공정 최적화 및 공정적용기술에 대해 연구 등이 다양하게 진행되어 왔다.⁶⁻⁷⁾ 본 연구에서는 산업용지 생산시 OCC의 미세분함량 등이 OCC의 압착탈수 효율 등에 미치는 영향을 평가하고 고분자 첨가제의 적용을 통한 압착탈수 효율 개선 가능성 등을 알아보고자 하였다. 이를 위해 OCC 지료의 섬유분과 미세분을 분급한 후 분급된 미세

분의 추가적인 배합 등으로 OCC 지료 내 미세분 함량을 변화시키고 이에 따른 탈수 및 고압착 프레스 시 압착탈수 특성변화 등을 비교분석하였다. 이때 OCC의 압착탈수 특성은 실험실용 고압착 프레스를 적용하여 각 단계별 탈수특성의 변화를 비교 분석하였으며, 미세분의 유동성 등을 제어하고 탈수 특성의 개선효과 등을 평가하기 위하여 서로 다른 특성의 고분자 첨가제를 각각 첨가하여 그 영향을 평가함으로써 고미세분 OCC 지료의 압착탈수효율 개선을 위한 기반자료를 확보하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서는 국내 D사에서 국산 골판지의 생산시 최종 제품을 수집하였다. 이때 제조된 골판지 제품이 유통되기 전에 수집하여 재해리함으로써 균일한 품질의 특성을 가지는 재활용 국산 골판지 고지를 확보하였다. 고분자 첨가제에 의한 영향을 평가하기 위하여 양이온성 PAM계 보류제 및 dispersion PAM계 탈수촉진제를 적용하였다. 보류제의 경우 지료섬유의 전건무게 대비 0.1%의 양이온성 PAM 보류제를 첨가하였고 700rpm으로 20초간 교반 후 탈수촉진제를 추가로 전건무게 대비 0.1% 첨가하고 평량 80 g/m²으로 수초지를 제조하였다.

2.2 실험 방법

2.2.1 지료 조성

국산 골판지 고지를 0.5% 농도로 실험실용 Valley beater에서 20분간 해리 한 후, 다시 Valley beater를 이용하여 3분 고해를 실시하여 표준 지료로 사용하였고, 이때 고해된 지료의 여수도는 346 ml CSF이었다. OCC의 고미세분 조건에서 수초지의 특성을 파악하기 위하여 고해한 OCC 지료를 200 mesh로 분급하여 미세분 분리하였고, 분리한 미세분을 수집하여 OCC 표준 지료의 미세분 함량을 조절하기 위한 미세분으로 활용하였다.

본 연구에서 각각의 종이 시료는 OCC 표준 시료에 준비된 미세분을 각각 첨가하여 지료를 조성한 후 수초지하여 제조되었다. 각각의 시료 조건에서 수초지에

Table 1. Fines contents in the paper samples

Sample #	Addition of polymer additives	Fines Contents (%)
A	No addition	18.2
A-1	Retention aid 0.1 %	25.7
A-2	Drainage aid 0.1 %	23
A-3	Retention aid 0.1% with Drainage aid 0.1%	25.4
B	No addition	22.3
C	No addition	29.3
D	No addition	31.2
D-1	Retention aid 0.1 %	32.5
D-2	Drainage aid 0.1 %	30.4
D-3	Retention aid 0.1% with Drainage aid 0.1%	33.2

잔류한 미세분 함량의 정확한 평가를 위하여 DDJ (Dynamic Drainage Jar)를 적용하여 제조된 수초지의 미세분 함량을 측정하였다. 이때 미세분 함량의 평가를 위해서 각각의 서로 다른 공정조건에서 제조된 수초지를 실험실용 Disintegrator로 다시 해리하였고 이후 200 mesh 스크린이 설치된 DDJ에 넣고 교반하면서 스크린을 통하여 배출된 미세분이 존재하지 않을 때까지 반복하여 지료내 미세분을 배출시킨 후 스크린 위에 남은 섬유를 통해 미세분 함량을 측정하였다. 미세분의 함량은 조성된 지료 대비 미세분의 양을 무게비로 표시하였고, Table 1에 나타내었다. 이후의 실험결과에서 각 시료들은 지료의 미세섬유 보류율에 따라 각각 A, B, C, D로 명명하여 나타내었다.

2.2.2 압착탈수 특성 평가

각각의 미세분 함량에 따른 수초지 압착탈수특성을 알아보기 위하여 평량 80 g/m^2 으로 수초지를 제조하였고(TAPPI standard T205 om 8), 실험실용 고압착 프레스를 적용하여 쿠치, 1차 프레스 및 2차 프레스 출구에서 각각 시료의 건조도를 측정하였다. 고압착 프레스의 지필 이동 속도는 70 mm/sec 로 조정하였고, 압력은 $800\text{--}1200 \text{ kg/cm}$ 의 조건에서 실험을 실시하였으며, 표준흡수지를 사용하여 1차, 2차 프레스 후 각각의 경우에서 탈수정도를 평가하고 최종적으로 드림드라이기로 건조하여 건조도를 측정하였다. 또한 탈수축진제에 따른 미세분의 수초지 특성을 알아보기 위하여 같은 양의 보류제 0.1% 조건에서 탈수축진제 0.1%를 첨가한 수초지의 압착탈수특성도 비교 평가하였다.

2.2.3 물리적 특성 평가

종이의 미세분 함량에 따른 물리적 특성이 종이의 강도적 특성에 미치는 영향을 파악하고자 각각의 조건에서 압착탈수 후 수초지의 밀도와 실험실용 인장 강도 시험기를 사용하여 인장강도를 측정하였다. 수초지의 인장강도는 TAPPI Standard T 402 om-83에 의거 시편을 조습처리한 후 실험을 진행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 미세분 함량에 따른 압착탈수 특성변화

지료의 미세분 함량에 따른 압착탈수 특성을 알아보기 위하여 각각의 미세분 함량을 변화시켜 압착탈수 평가를 실시하였다. 실험실용 고압착 프레스의 압력을 800 kgf/cm 로 일정하게 유지 한 후 두 번의 프레스 님을 통과시켜 각각의 건조도를 측정하여 Table 2에 나타내었고, 이에 따른 1차, 2차 프레스에 따른 건조도 변화량은 Fig. 1에 정리하여 나타내었다. 지료 내 미세분 함량이 증가함에 따라 초지공정에서부터 탈수 정도의 차이가 나타나고 이것은 쿠치에서의 건조도 차이를 가져오는 것으로 나타났다. 또한 앞 절에서 나타난 결과와 유사하게 1차 프레스 과정에서 미세분 함량이 증가할수록 건조도 변화량 또한 낮아지나 2차 프레스 과정에서는 유의할 정도의 건조도 변화량이 나타나지 않았다.

미세분 함량에 따른 수초지의 밀도와 인장강도를 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다. 실험 결과 미세분 함량

Table 2. Dryness after 1st press and 2nd press depending on the fines contents at 800 kg/cm pressure condition

Sample #	Pressure Conditions at 800 kgf/cm		
	Couch	1st Press	2nd Press
A	23.6	38.5	45
B	23.1	37.6	43.8
C	21.4	35.2	42.2
D	20.9	34.2	40.4

이 증가할수록 밀도가 상승하며 인장강도도 이에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 이는 OCC가 분급된 미세분에 의해 섬유 간 공극을 메워주어 밀도가 상승하고, 밀도가 증가함에 따라 인장강도도 증가하는 것으로 판단되었다.⁹⁾

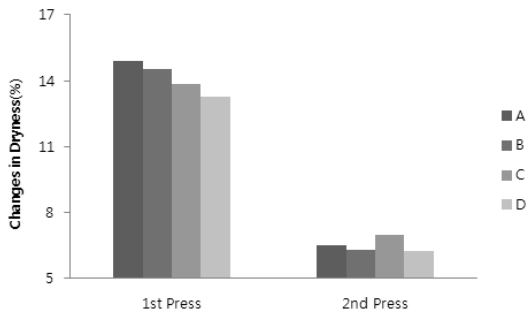


Fig. 1. The changes in dryness by the 1st press and 2nd press depending on the fine contents at 800 kg/cm pressure condition.

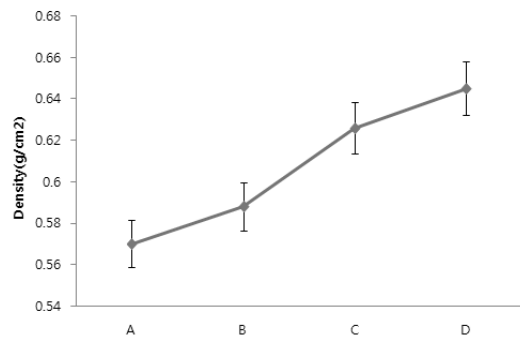


Fig. 2. Change in density of handsheet depending on the fine contents at 800 kg/cm pressure condition.

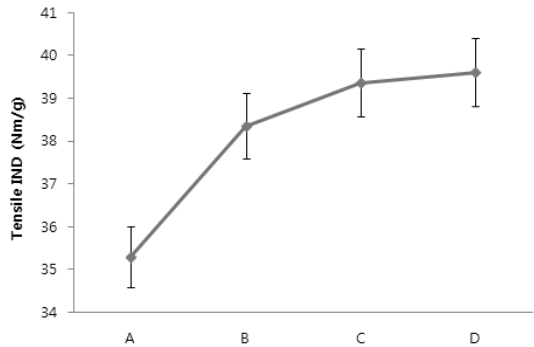


Fig. 3. Change in tensile strength of handsheet depending on the fine contents at 800 kg/cm pressure condition.

3.2 프레스 공정조건에 따른 고미세분 지료의 압착탈수 특성변화

본 실험에서는 미세분 함량이 높은 지료의 압착탈수 특성이 압착탈수공정 조건에 따라 어떤 특성을 나타내지는 알아보기 위하여 국산 골판지 고지로 준비된 A 지료 수초지(미세분 함량 18.2%)와 추가적으로 미세분을 투입하여 준비된 고미세분 D 지료 수초지(미세분 함량 31.2%)의 압착탈수 조건변화에 따른 압착탈수 특성 변화를 비교 평가하였다. 실험실용 압착프레스 적용하여 실험하였으며, 프레스 펠트로는 표준 흡착지를 시료 양면에 적용하였고, 1차 프레스와 2차 프레스에서 각각 같은 프레스 조건을 적용하여 실험을 실시하였다. 각 지료 조성에 따른 압착탈수 건조도를 비교 평가한 결과는 Table 3에 정리하여 나타내었다. 두 지료는 미세분 함량의 차이로 인해 초지 시 탈수속도 및 탈수정도의 차이가 나타나고, 이것은 쿠치에서의 건조도 차이를 가져오는 것을 확인할 수 있었다. 또한 압착탈수에서도 고미세분 지료에서 탈수효율이 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었는데 탈수효율 정도를 나타내는 Fig. 4.에서 볼 수 있듯이 1차 프레스에서 A 지료의 수초지가 D 지료의 수초지보다 건조도 변화량이 크게 나타나 실제 미세분 함량이 증가할 경우 탈수효율 변화가 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 1차 프레스에서의 탈수도 차이는 2차 프레스를 통과 후에도 거의 같은 정도의 차이로 존재하는 것을 확인할 수 있었다.

미세분 함량의 차이와 프레스 조건의 변화에 따른

Table 3. Dryness after the 1st press and the 2nd press depending on the press pressure of A stock samples and D stock samples

Pressure Conditions	A (fines contents : 18.2%)			D (fines contents : 31.2%)		
	Couch	1st Press	2nd Press	Couch	1st Press	2nd Press
800 kg _f /cm	23.6	38.5	45	20.9	34.2	40.4
900 kg _f /cm	23.7	38.8	45.5	20.9	34.6	41.1
1000 kg _f /cm	23.6	39.4	46.6	20.6	34.7	41.5
1100 kg _f /cm	23.1	39.5	46.8	20.2	34.9	41.7
1200 kg _f /cm	23.4	39.8	47	21.0	35.5	42.5

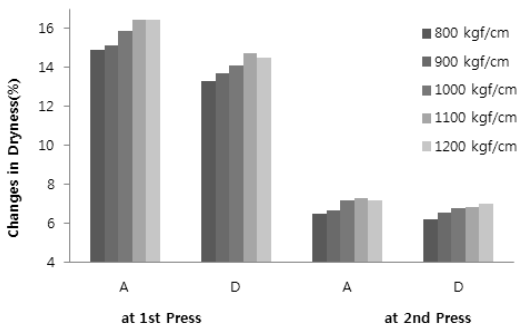


Fig. 4. The changes in dryness by the 1st press and 2nd press depending on the press pressure of A samples and D samples.

종이의 물리적, 기계적 특성의 변화를 평가하기 위하여 각각의 조건에서 제조된 수초지의 밀도와 인장강도를 측정하여 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 5에서는 미세분 함량이 차이가 있는 A와 D 지료 수초지에서 압착압력에 따른 밀도 변화를 나타내었고, Fig. 6에 인장강도의 변화를 나타내었다. 두 지료 모두에서 압착압력에 의해 밀도가 증가하는 것을 볼 수 있지만 특히

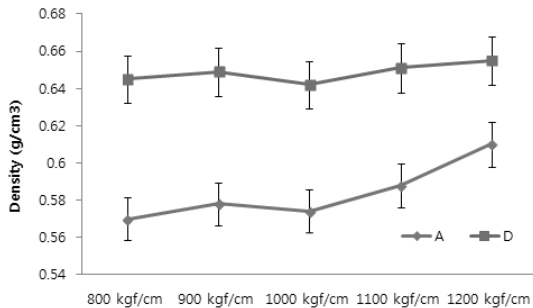


Fig. 5. Change in density of handsheet depending on the press pressure of A samples and D samples.

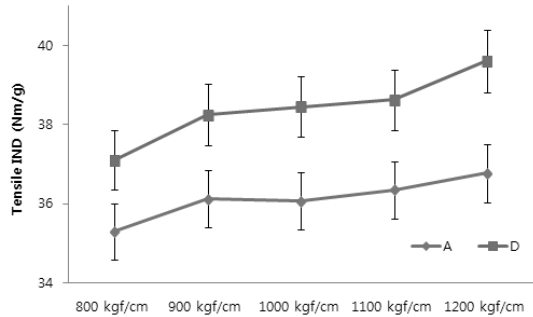


Fig. 6. Change in tensile strength of handsheet depending on the press pressure of A samples and D samples.

미세분 함량이 낮은 지료에서 밀도의 증가가 더 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 고미세분 지료에서 상대적으로 높은 밀도와 그에 따른 높은 인장강도를 가지는 것을 확인할 수 있었고 압착압력의 증가는 지필의 밀도와 인장강도의 향상을 가져오지만⁸⁾ 고미세분 지료의 경우 강도의 향상 정도에 비해서 고압축시 밀도의 증가가 상대적으로 작게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

3.3 고분자 첨가제에 의한 압착탈수 특성 변화

탈수촉진제에 의한 건조도를 비교 분석하기 위하여 미세분 함량의 차이가 큰 A 및 D 지료에 각각 0.1%의 양이온성 PAM 보류제를 첨가하고 또 추가적으로 각각의 조건에서 dispersion PAM계 탈수촉진제¹⁰⁾ 0.1%를 투입하여 압착탈수 특성의 변화 등을 평가하였다. 압착 탈수 평가는 위에서 설명한 실험과 동일한 조건으로 실험실용 고압착 프레스의 압력을 800 kg_f/cm 일정하게 유지 한 후 두 번의 프레스 닦을 통과시키면서 건조

Table 4. Changes in dryness depending on the fine contents and the addition of polymer additives
(Dryness. %)

Sample #	Polymer addition	Couch	1st Press	2nd Press
A	No addition	23.6	38.5	45
A-1	Retention aid 0.1%	24.6	38.1	44.8
A-1	Drainage aid 0.1%	24	38.5	45.2
A-3	Retention aid 0.1% with Drainage aid 0.1%	25	38.4	44.9
D	-	20.9	34.2	40.4
D-1	Retention aid 0.1%	20.2	33.3	39.5
D-2	Drainage aid 0.1%	21.2	34.6	40.9
D-3	Retention aid 0.1% with Drainage aid 0.1%	20	33.6	39.7

도의 변화를 측정하여 평가하였다. 각각의 조건별 압착탈수 특성변화는 Table 4에 나타내었다. 미세분 함량이 낮은 지료 A의 경우 보류제 및 탈수촉진제의 첨가에 의해 쿠치에서의 건조도는 소폭 상승하지만 최종 2차 프레스 출구에서의 건조도는 큰 영향이 없는 것을 볼 수 있었다. 고미세분 지료인 D의 경우에도 고분자첨가제의 투입이 1차, 2차 프레스 출구 최종 건조도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 실제 미세분 함량 자체에 의한 건조도의 차이는 앞서 나타난 결과와 같이 매우 크게 나타났으며 이러한 차이는 고분자첨가제의 투입에 의해 크게 달라지지 않는 것을 볼 수 있었다. 실제 보류제 및 탈수촉진제의 첨가는 습지필의 미세분함량을 증가시키기 때문에 고분자첨가제의 투입에 의한 탈수증대효율이 상쇄되는 경향을 나타내는 것으로 판단되었다.

4. 결론

본 연구에서는 실험실용 고압축 프레스를 적용하여 골판지 고지의 미세분 함량과 그에 따른 압착탈수 특성 변화 및 지필구조 변화에 대하여 알아보았다. 실제 지료의 미세분 함량은 압착탈수 효율에 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었는데 미세분 함량이 높아질수록 탈수효율은 저하되었고 이어서 1차 프레스에서도 압착탈수 효율이 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 이후 2차 프레스에서는 이러한 건조도 효율차이로 발생된 건조도의 차이가 그대로 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 압착압력의 증가와 미세분 함량의 증가는 지

필의 밀도를 증가시키며, 수초지의 인장강도도 밀도에 비례하여 증가하는 것으로 나타났지만 고미세분 지료의 경우 밀도의 증가는 크지 않은 것으로 확인할 수 있었다. 고미세분 지료의 탈수효율 증가를 위한 고분자첨가제의 투입은 실제 압착탈수 전체 효율에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었고 압착탈수 효율은 미세분 함량 자체에 의하여 크게 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 향후 이러한 고미세분 지료의 압착탈수 효율 증대를 위한 좀 더 다양하고 기능이 강화된 첨가제 등의 영향의 세밀한 평가가 추가적으로 필요할 것으로 판단되었다.

사 사

본 연구는 '지식경제부 한국에너지기술평가원 에너지기술개발과제(과제명: 에너지저감을 위한 탈수 압착기술개발)'의 지원을 받아 수행되었음.

인용문헌

1. 서동준, 제지 업체의 에너지 절감 추진 동향, 한국 펄프종이공학회 2009년 콜로퀴엄 학술대회 논문집, pp. 47-67 (2009).
2. Paulapuro, H., Wet pressing, In Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End, TAPPI PRESS, USA, pp. 284-340 (2000).
3. Cho, W.Y., Seo, B.S., Impact of Fines Properties on Fiber Furnish Quality, Journal of Korea TAPPI, 37(2): 1-10 (2005).

4. 성용주, 임창국, 권안오, 김진두, 서영범, KOCC의 압착탈수 특성 평가, 한국 펄프종이공학회 2011년 추계학술발표논문집, pp. 111 (2011).
5. 성용주, Steven Keller D., 습지압착 조건에 따른 압착탈수 공정 효율과 종이 구조변화, 한국 펄프종이공학회 2010년 추계학술발표논문집, pp. 8-15 (2010).
6. Choi, B.S., Youn, H.J., Ryu., J.Y., Shin, J.H., Song, B.K., Recycling of wastepaper(14) The effect of amphoteric PAM and fines on the Dry Strength Properties of Condebelt Press Dried Linerboards, Journal of Korea TAPPI, 33(4): 24-31 (2001).
7. Seo, Y.B., Lee, J.H., Choi, C.H., Jeon, Y., Influence of Chemical and Mechanical Treatments of the Screened Short Fibers from OCC on Paper Properties, Journal of Korea TAPPI, 33(4): 7-14 (2001).
8. Lee, J.H., Park, J.M., Changes of HwBKP, SwBKP, OCC Handsheet, Drying Behavior and Physical Properties by Refining, Kneading and Weht Pressing, Journal of Korea TAPPI, 43(5): 17-26 (2012).
9. Choi, B.S., Youn, R.-J., Ryu, J.-Y., Shin, J.-R. and Song, B.-K., The Effect of Amphoteric PAM and Fines on the Dry Strength Properties of Conde belt Press Dried Linerboards, Journal of Korea TAPPI, 33(2): 24-31 (2001).
10. 류정용, 임주현, KOCC에 대한 적합한 탈수 촉진제의 개발(III), 한국 펄프종이공학회 2012년 춘계학술발표논문집, pp. 49-50 (2012).
11. Sung, Y.J., Jeong, W.K., Kim, D.S., Oh, M.T., 11. Hong, H.U., Seo, Y.B., Im, C.-K., Gwon, W.O. and Kim, J.D., Evaluation of Wet Pressing Response of Recycled OCC with Roll Press Simulator, Journal of Korea TAPPI, 44(4): 85-90 (2012).
12. 안병주, 류정용, 송봉근, 김용환, OCC 펄프의 분급처리 탐색 및 최적의 초지조건 분석, 한국 펄프종이공학회 2002년 추계학술발표논문집, pp. 193-204 (2002).