

롤프레스를 적용한 골판지 고지지료의 압착탈수특성평가

성용주[†] · 정웅기 · 김동섭 · 오민택 · 홍해은 · 서영범 · 임창국¹ · 권완오¹ · 김진두¹
접수일(2012년 8월 3일), 수정일(2012년 8월 14일), 채택일(2012년 8월 20일)

Evaluation of Wet Pressing Response of Recycled OCC with Roll Press Simulator

Yong Joo Sung[†], Wong-Ki Jeong, Dong Seop Kim, Min-Taek Oh, Hae-un Hong,
Yong-Bum Seo, Chang-Kuk Im¹, Wan-oh Gwon¹ and Jin-Doo Kim¹

Received August 3, 2012; Received in revised form August 14, 2012; Accepted August 20, 2012

ABSTRACT

Wet pressing process has great influence not only on the paper properties but also on the efficiency of total manufacturing process including energy efficiency. The slow drainage propensity of old corrugated container(OCC) might require more complicated control of wet pressing process. In this study, the change in press efficiency and in structure of wet sheet by the various condition of laboratory roll press simulator were evaluated to provide background information about wet pressing of OCC.

The higher pressure and the slower machine speed resulted in higher efficiency of wet pressing but the change trends of dryness depending on the wet press pressure and machine speed were shown differently according to OCC treatment. The effects of water contents of felt on the wet press efficiency and sheet structure were also investigated. The higher contents of water in felt resulted in less removal of water generally and the crushed structure of wet sheet were appeared especially at higher pressure.

Key words : *wet pressing, OCC, roll press, water removal efficiency, densification*

1. 서론

경제발전과 더불어 다양한 제품의 물류량은 전 세계

적으로 더욱 커지고 있고 이에 따라 상품의 보관 및 이송을 위한 포장재의 수요 및 사용량도 더욱 커지고 있는 추세이다. 현재 다양한 제품의 포장을 위해 적용되는

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

1. 동일제지주식회사 (Dongil Paper Company Inc., Ansan, Kyungki Do, Republic of Korea)

[†] Corresponding author: yosung17@cnu.ac.kr

대표적인 포장소재로는 폐지를 기반으로 제조된 골판지를 들 수 있다. 골판지는 다른 플라스틱이나 목재, 금속류 등의 포장소재에 비해 가볍고 다양한 형태로의 제조가 용이하며 폐지를 주원료로 제조되고 사용 후 다시 재활용이 되기 때문에 대표적인 친환경 포장소재로 널리 사용되고 있고 그 사용량도 점차 증가하고 있는 추세이다. 특히, 지구 환경 보전에 대한 관심의 증가와 제품 판매 시 포장소재의 환경적인 측면도 고려해야 하는 여러 가지 정책과 규제 등으로 인해 더욱 중요한 포장소재로 생각되고 있다.

국내 생산되고 있는 골판지 제조용 산업용지의 경우 국내 폐지를 주원료로 하여 제조되고 있고 실제 국내 산업용지의 재활용률은 90%에 가까이 이루어지고 있는 것으로 보고되고 있다.(한국제지공업연합회, 2009) 이렇게 높은 재활용률로 인해 폐지를 기반으로 제조되는 골판지 원지 생산은 원료점유의 저급화 및 이에 따른 공정효율성 저하 및 품질저하, 공정오염도 증가와 이에 따른 다양한 고분자 첨가제 효율저하 및 사용량 증대 등 여러 가지 극복해야 하는 다양한 기술적인 문제들을 가지고 있다.¹⁻⁴⁾ 또한 현재 산업계 전반에서 온실가스 사용량 감축을 위한 노력과 이에 따른 국가정책의 변화 등으로 인해 상대적으로 에너지 사용량이 많은 제지 산업에 있어서도 에너지 사용량을 감소하기 위한 추가적인 공정개선 및 관련 기술의 개발이 필요한 상황이어서 산업용지의 저에너지 생산기술 개발이 절실히 요구되고 있는 상황이다.^{5,6)}

본 연구에서는 국산폐지를 기반으로 제조되는 산업용지 생산공정에서 생산에너지 감소를 위한 방안으로 압착탈수 공정 효율의 개선방안을 모색하여 보았다. 종이제품의 구조 및 물성과 공정의 효율성에 큰 영향을 미치는 압착탈수 공정에서⁷⁾ 일반적으로 공정기술개선으로 인해 압착탈수 후 지료의 고형분이 1% 증가하는 경우 이어지는 건조공정에서의 증기사용량이 4% 정도 감소하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다.⁸⁾ 실제 압착탈수의 효율의 증대를 위해서는 압착탈수 조건에서의 지필의 거동에 대한 깊이 있는 연구와 이를 기반으로 한 정밀한 압착공정의 조절 등이 필요하다고 할 수 있다. 현재까지 이루어진 대부분의 종이제품의 압착탈수 특성 평가 연구결과들이 버진펄프를 기반으로 한 지필의 특성변화 연구에 치중되어 왔고,^{7,8)} 산업용지의 생산원료가 지금과 같이 대부분 폐지를 주원료로 이루어지는

상황에서의 압착탈수 특성에 대한 연구결과 및 자료가 미비한 상황이다. 특히, 미세분 함량이 높고 각질화되어 단섬유화가 쉽게 발생하는 골판지 고지(OCC : old corrugated container) 기반 산업용지의 압착탈수 거동은 기존의 버진펄프의 압착탈수 거동과는 다른 공정조절이 필요할 수 있기에 본 연구에서는 고압착탈수 조건을 모사할 수 있는 실험실용 고압착 프레스를 제조하여 국산폐지로 만들어진 지필의 압착탈수 거동을 평가하였다. 특히 다양한 지료특성의 변화와 압착탈수 조건의 변화 등에 의한 압착탈수 효율변화 및 지필 구조의 변화 등을 비교 분석하여 제조현장에서의 압착탈수 공정개선을 위한 기반자료를 제공하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

국산 골판지 상자 고지의 경우 표준화된 특성의 폐지를 확보하기가 매우 어렵기 때문에 본 연구에서는 국내 D사에서 100% 로 국산 골판지를 재활용하여 제조된 골심지를 유통되기 전에 수집하여 재해리하여 주 지료로 사용하였다.

2.2 골심지의 해리 및 고해

본 실험에 사용된 골심지를 0.5% 농도로 실험실용 Valley beater를 사용하여 20분간 해리만 실시하여 미고해 지료로 사용하였고 해리된 지료를 무게추를 가하여 3분간 고해를 실시하였고 고해된 지료로 사용하였다. 이때 여수도는 미고해지료의 경우 545 mL CSF였고, 고해된 지료의 경우 384 mL CSF 이었다.

2.3 압착탈수 특성 평가

압착탈수 특성을 평가하기 위하여 준비된 지료를 사용하여 평량 80g/m²으로 수초지를 제조하여(TAPPI standard T205 om-8) 실험실용 고압착 프레스를 적용하여 탈수하였다. 본 연구를 위해 제작된 고압착 프레스의 경우 지필의 이송속도를 40~70 mm/sec로 조절할 수 있으며 압착선압을 최대 1500 kg/cm 까지 유지할 수 있는 특성을 가지고 있어서 실제 포장용지 제조공정에서 슈프레스를 적용하여 얻어지는 50% 수준의 2차 프레스 출구 함수율을 얻어낼 수 있었다. 본 실험에서

는 수초지 된 지필 아래위에 양면프레스 펠트를 대체한 흡수지(blotting paper)를 각각 적용하여 압착탈수를 실시하였다. 각 실험에서 흡수지의 특성을 균일하게 유지하기 위해 모든 실험은 새 흡수지를 적용하여 실시하였고 흡수지의 수분함량을 일정하게 조습처리하여 사용하였다. 일반적인 포장용지 제조공정과 같이 2회의 압착탈수를 실시하였고 각각의 경우에서의 지필의 건조도를 평가하여 압착탈수 효율을 평가하였다. 각각의 압착탈수압력, 압착탈수속도 및 흡수지의 초기 수분량 등을 조절하여 골판지 고지의 압착탈수 거동을 평가하였다.

3. 결 과

3.1. 프레스 공정조건과 지료특성에 따른 압착탈수성 변화

본 실험에서는 미고해 지료와 고해지료 각각에서 프레스 조건을 변화시켜 각각의 압착탈수 거동을 비교 평가하였다. 실험실용 압착프레스 적용하여 실험하였으며, 프레스 펠트로는 흡수지를 시료 양면에 적용하여 실시하였고, 1차 프레스와 2차 프레스 각각 같은 프레스 조건을 적용하여 실험을 실시하였다. 압착프레스 속도를 70 mm/s로 일정하게 유지한 상태에서 각각 4 단계의 프레스 선압을 적용하여 각 시료의 압착탈수 후 건조도를 비교 평가하여 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 실제 고해지료의 경우 쿠지 후의 건조도부터 상대적으로 낮은 결과를 보여주고 있는데 이는 고해로 인해 미세분의 발생이 늘고 지필의 공극이 감소함에 따라 지필 내 수분의 배출이 용이하지 않기 때문인 것으로 생각되었다.⁹⁾

각 압착탈수 단계별로 탈수된 물의 양을 1차 프레스

전후의 지필 건조도 및 2차 프레스 전후의 지필 건조도 차이를 통해 평가하여 Fig. 1에 나타내었다. 각 시료의 평량이 일정하기 때문에 이러한 건조도의 차이는 실제 각 단계별로 제거된 물의 양을 의미하게 되는데 1차 프레스에서 상당량의 물이 제거되고 상대적으로 2차 프레스에서는 제거되는 물의 양이 매우 적은 것을 알 수 있다. 또한 압착압력이 높을수록 제거되는 물의 양이 많아지고 이러한 경향은 1차, 2차 프레스 모두에서 확연하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 고해된 지료의 경우에는 전체적으로 각 압력조건에서 상대적으로 물의 제거효율이 낮을 것을 볼 수 있고 이러한 차이는 1차 프레스에서 크게 나타나는 것으로 알 수 있었다.^{10,11)}

프레스시 지필속도에 따른 압착탈수 효율 변화를 평가하기 위하여 일정 선압 800 kg/cm의 조건에서 지필 운전속도를 40, 50, 60, 70 mm/sec 의 4단계로 변화시키면 지필의 건조도 변화 등을 평가하였다. Table. 2에서 볼 수 있듯이 탈수운전속도의 감소는 프레스에서의 지필의 탈수를 증가시켰고 증가되는 정도는 상대적으로 탈수효율이 낮은 고해지료에서 다소 높게 나타나는

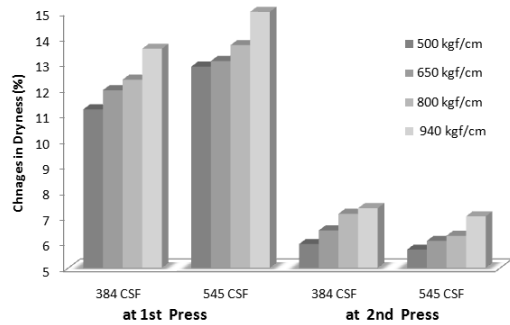


Fig. 1. The changes in dryness by the 1st press process and the 2nd press depending on the pressure and stock properties.

Table 1. Dryness after 1st press and 2nd press depending on the press pressure and properties of stock. at 70 mm/s machine speed

Pressure Conditions	Dryness (%)					
	Unbeaten OCC (CSF 545)			Beaten OCC (CSF 384)		
	Couch	1st Press	2nd Press	Couch	1st Press	2nd Press
940 kg/cm	26.5	41.5	48.6	25.5	39.1	46.4
800 kg/cm	26.9	40.6	46.8	25.5	37.8	44.9
650 kg/cm	26.7	39.8	45.8	25.4	37.4	43.8
500 kg/cm	26.2	39.1	44.8	25.5	36.7	42.6

Table 2. Dryness after 1st press and 2nd press depending on the machine speed and properties of stock at 800 kg/cm liner load

Pressure Conditions	Dryness (%)					
	Unbeaten OCC (CSF 545)			Beaten OCC (CSF 384)		
	Couch	1st Press	2nd Press	Couch	1st Press	2nd Press
70 kg/cm	26.9	40.6	46.8	25.5	37.8	44.9
60 kg/cm	26.4	41.1	48.1	25.3	38.5	45.3
50 kg/cm	26.1	41.3	48.4	25.3	38.7	45.7
40 kg/cm	25.9	41.5	48.6	25.5	39.1	46.2

것을 알 수 있었다. 이러한 결과로 보아 일반적으로 고해된 지료에서 탈수가 지연되는 특성이 나타나지만 압착탈수 시 이의 보완을 위한 압착탈수시간 증가효과는 상대적으로 크게 나타날 것으로 판단되었다. 따라서 상대적으로 압착탈수시간을 증가시킬 수 있는 슈프레스의 경우 OCC 기반 산업용지의 생산에서 더욱 효과가 클 것으로 판단되었다.

3.2. 프레스 공정조건과 지료특성에 따른 지필구조변화

압착탈수는 지필의 구조에 큰 영향을 미치게 되는데 특히 압착탈수에 의해 습지는 쉽게 압착되어 고밀도화 되고 섬유간 접촉면적의 증가로 강도가 상승하지만 벌크가 감소하고 공극성이 감소하는 등 최종 제품의 물성이 크게 달라진다. 압착탈수 시 각 공정조건과 지료의 특성에 따라 이러한 고밀화 특성의 변화를 평가하여 Fig. 2에 나타내었다.

프레스 압착압력의 증가에 따라 섬유간 간격이 좁혀지고 건조시 표면장력 등의 증가로¹²⁾ 지필의 밀도가 향상되는 것을 볼 수 있는데 이러한 고밀화 정도는 고해유

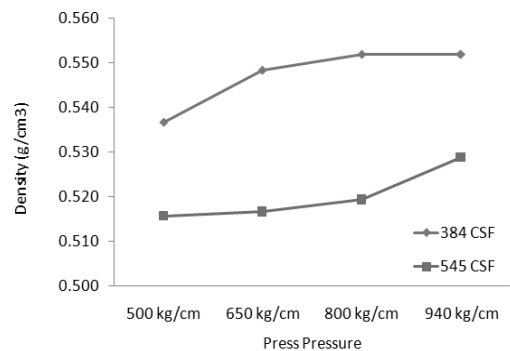


Fig. 2 Change in density of handsheet depending on the press pressure and stock at 70 mm/s machine speed.

무에 따라 다르게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있다. 실제 고해지료의 경우 낮은 압력에서 고밀화가 크게 발생되고 고압축 선압에서는 밀도에 큰 변화가 없는 것으로 나타났지만 고해를 실시하지 않은 지료의 경우 낮은 압착압력에서 밀도변화가 크게 발생되지 않았지만 향후 고압축정도에서 고밀화가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

Table 3. Dryness after 1st press and 2nd press depending on the moisture content of blotter paper used as alternative double felts for laboratory wet press experiments (machine speed : 70 mm/s)

Moisture of Blotter paper (%)	Dryness (%)	Press Pressure (kg/cm) for 1st and 2nd wet press				
		800	900	1000	1100	1200
20%	1st Press	35.12	35.45	36.14	36.66	37.37
	2nd Press	42.44	42.76	43.7	44.45	45.72
30%	1st Press	33.66	34.1	34.84	34.59	35.61
	2nd Press	40.29	40.26	42.08	42.4	43.1
40%	1st Press	32.09	32.31	32.76	32.89	32.7
	2nd Press	38.5	38.81	39.76	40.37	41.03
50%	1st Press	27.86	27.63	Crushed	Crushed	Crushed
	2nd Press	30.16	30.13	Crushed	Crushed	Crushed

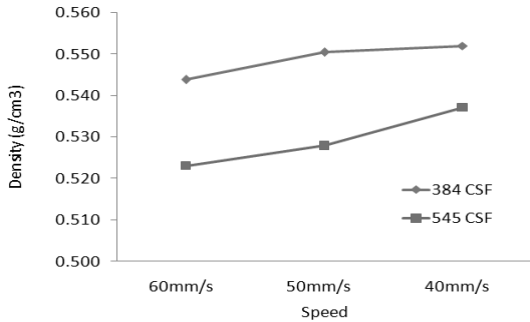


Fig. 3 Change in density of handsheet depending on the machine speed and stock at 800 kgf/cm press pressure.

이러한 지료의 특성에 따른 압착탈수공정에서의 고밀화 특성의 변화는 압착탈수 공정의 공정속도의 변화에 따른 영향평가에서도 유사한 경향을 보여주는데 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 공정속도가 느릴수록 즉 프레스 닙에서의 체류시간이 길수록 고밀화되는 경향을 보여주고 있다. 특히 압력변화에 따른 고밀화경향과 유사하게 미고해지료의 경우 고해지료의 경우보다 낮은 밀도를 나타내고 공정속도가 느려질수록 고밀화 정도가 높아지는 것을 확인할 수 있다. 고해지료의 경우에는 고밀화정도가 상대적으로 높은 것을 볼 수 있지만 미고해지료와는 달리 낮은 공정속도에서 추가적인 고밀화는 발생되지 않는 것을 확인할 수 있었다.

3.3. 프레스 펠트 조건에 따른 영향평가

압착탈수 시 지필에서 빠져나오는 물을 흡수하여 배출하는 펠트는 압착탈수 효율에 큰 영향을 미치게 된다. 본 실험에서는 이러한 펠트의 수분상태에 따른 영향을 간접적으로 평가하고자 균일한 특성을 가지는 흡수지를 표준화된 양면펠트로 적용하고 각 흡수지의 수분량을 조절하여 그 영향을 평가하였다. 본 실험을 위해 고해된 골판지 고지를 지료(CSF: 383)로 사용하였고 각 흡수지의 수분량은 흡수지의 평량 대비 조습처리하여 20%, 30%, 40%, 50%로 조절하였고 흡수지 전체에 균일한 수분량을 가질 수 있도록 콘디셔닝 처리한 후 각 압착탈수 압력의 변화에 따른 탈수효율을 평가하였다. Table 3에서 정리된 결과를 통해 알 수 있듯이 펠트로 적용된 흡수지의 수분량은 실제 압착탈수 효율은 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있는데 흡수지의 수분량이 커질수록 압착탈수 후 지필의 건조도는 낮아지는 것을 알 수

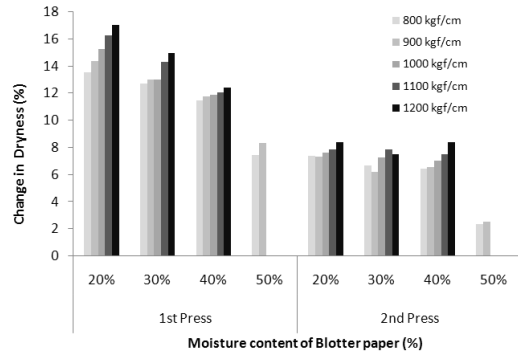


Fig. 4. The changes in dryness by the 1st press process and the 2nd press depending on the pressure and moisture content of blotter paper.

있고 이러한 경향은 1차 프레스 후와 2차 프레스 후 두 경우에서 모두 탈수효율 감소를 발생시키는 것을 확인할 수 있었다. 특히 50% 이상의 수분량을 가지는 경우 탈수가 거의 발생되지 않으며 고압력하에서는 지필의 구조가 파괴되는 크리싱 현상이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과로 미루어보아 압착탈수 시 고압력 하에서 발생하는 크리싱 현상은 지필의 물빠짐에 영향을 미치는 펠트의 수분량과 밀접한 관계가 있음을 확인할 수 있었다.

각 프레스 단계별로 실제 지필에서 제거된 물의 양은 지필의 건조도 변화로 유추할 수 있는데 각각의 프레스 공정별로 탈수효율의 변화를 알아볼 수 있다. Fig. 4에서는 펠트로 적용된 흡수지 수분함량 변화와 압착프레스 압력의 변화에 따른 지필의 건조도 변화를 나타내었다. 흡수지의 수분량이 같은 수준에서는 압착압력이 증가할수록 탈수효율이 증가하는데 실제 이러한 탈수효율의 증가폭은 흡수지의 수분량이 적을수록 커지는 것을 볼 수 있고, 흡수지의 수분에 따른 탈수효율의 변화 정도는 2차 프레스보다는 1차 프레스에서 더욱 뚜렷하게 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 지필의 수분함량 역시 압착프레스의 운전특성에 영향을 미치는 것을 보여주는 것이라고 할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 실험실용 고압축 롤압착기를 적용하

여 골판지 고지의 미고해 지료와 고해지료 각각에서 프레스 조건을 변화시켜 각각의 압착탈수 거동을 비교 평가하였다. 압착탈수시 압착압력이 커질수록 운전속도가 느릴수록 탈수효율은 좋아지는 것을 확인할 수 있었고 미고해 OCC 지료에서 압착탈수 후 지필의 건조도가 높게 나오는 것을 볼 수 있었다. 압착탈수에 의한 지필의 고밀화 현상은 고해유무에 따라 다른 경향을 보여주었는데 고해된 지료의 경우에는 낮은 압력조건에서 고밀화가 크게 이루어지고 고압축 선압에서는 밀도의 변화가 크지 않은 반면, 미고해지료는 저압축 조건보다 고압축조건에서 고밀화가 일어나는 경향을 나타내었다. 압착프레스의 펄트조건을 모사하기 위하여 적용한 흡수지의 수분함량에 따른 압착탈수효율 변화평가를 통해 골판지 고지 지료의 압착탈수 특성은 흡수지의 수분함량에 큰 영향을 받는 것으로 나타났고 이러한 경향들은 압력조건 등에 의해 다르게 나타날 수 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구는 골판지 고지를 재활용하는 제지 공정에서 압착탈수 운전조건이 탈수효율 및 지필구조 등에 미치는 영향들에 기본지식을 제공함으로써 향후 공정기술개발 및 원료와 첨가제 조절 등에 의한 압착탈수 공정 개선 등의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

사 사

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

인용문헌

- Hur, Y. D., Lee, S. G., Lee, H. L., Youn, H. J., High Consistency Pulping Treatment of Fractionated OCC Pulp for Improving Strength, *Journal of Korea TAPPI*, 37(4): 18-25 (2005).
- 이학래, 윤혜정, 강태영, 서만석, 허용대, KOCC 지료의 분급 및 기계적 처리가 종이의 물성에 미치는 영향, *한국펄프·종이공학회 2002년 추계학술발표 논문집*, pp.205~206 (2002).
- Phipps, J., The effects of recycling on the strength properties of paper, *Paper technology, ECC int.*, pp. 34-40 (1994).
- 이광표, 류정용, 송봉근, 박중문, 점착성 이물질 제어를 통한 OCC 재활용 공정의 생산효율 개선, *한국펄프·종이공학회 2010년 춘계학술발표 논문집*, pp.168~173 (2010).
- 서동준, 제지업체의 에너지 절감 추진 동향, *한국펄프·종이공학회 2009년 콜로кви엄 학술대회 논문집*, pp.47~67 (2009).
- Sung, Y. J., Kim, D. S., Um, K. J., Lee, J. W., Kim, S. B., Park, K. S., Action Plans of Paper Industry Correspond to the Carbon Dioxide Emission Trading Market, *Journal of Korea TAPPI*, 44(1): 1-13 (2012).
- 성용주, D. Steven Keller, 습지압착 조건에 따른 압착탈수 공정 효율과 종이구조변화, *한국펄프·종이공학회 2010년 춘계학술발표논문집*, pp. 8~15 (2010).
- Paulapuro, H., Wet pressing. In *Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End*, Paulapuro, H(ed). TAPPI PRESS, USA, pp.284-340 (2000).
- Lee, H. L., Youn, H. J., Kang, T. Y., and Choi, I.S., Effect of fines distribution on press dewatering and physical properties of multi-ply sheet, *Journal of Korea TAPPI*, 40(5):36-41 (2008).
- Springer, A., Nabors, L. A., and Bhatia, O., The influence of fiber, sheet structural properties, and chemical additives on wet pressing, *TAPPI Journal*, 74(4):221-228 (1991).
- Sung, Y. J., Lee, H. B-R., Jeong, W. K., Jung, J. G., Choi, S. G., Im, C. K., Gwon, W. O., Seo, Y. B., Changes in Wet Pressing Response of OCC stock by the Beating Time and the Addition of Polymer Aids, *Journal of Korea TAPPI*, 43(2): 77-82 (2012).
- Lee, J. H., Park, J. M., Changes of HwBKP, SwBKP, OCC Handsheets' Drying Behavior and Physical Properties by Refining, Kneading and Wet Pressing, *Journal of Korea TAPPI*, 43(5): 17-26 (2012).