

골판고지 지료의 고해처리 및 고분자첨가제에 의한 압착탈수 특성변화

성용주^{1†} · 이한바로¹ · 정웅기¹ · 정재권¹ · 최송규¹ · 임창국² · 권완오² · 서영범¹
(2011년 6월 2일 접수: 2011년 6월 22일 채택)

Changes in Wet Pressing Response of OCC stock by the Beating Time and the Addition of Polymer Aids

Yong Joo Sung^{1†}, Han Ba-Roh Lee¹, Wong-Ki Jeong¹, Jae-Gwon Jung¹, Song-Gu Choi¹,
Chang-Kuk Im², Wan-Oh Gwon², Yong-Bum Seo¹
(Received June 2, 2011: Accepted June 22, 2011)

ABSTRACT

The changes in the wet pressing response of old corrugated container(OCC) stock depending on the beating treatment and the addition of polymer aids were investigated with laboratory roll press instrument. Two types of polymer aids, such as high molecular weight polymer with low charge density and low molecular weight polymer with high charge density, were applied in this study. The more beaten OCC stock showed the lower dryness after wet pressing. The addition of polymer aids had great influences on the wet pressing efficiency and paper properties. The dryness after wet pressing was increased by the addition of polymer aids, but the pattern of changes in dryness were different depending on the type of polymer and the properties of stock. The higher molecular weight polymer aids showed the greater increase in the dryness. The properties of paper such as air permeability, bulk, formation, tensile strength were also greatly affected by the addition of polymer aids.

Key words: OCC, wet pressing, polymer aids, paper properties, beating.

1. 서론

녹색성장으로 대표되는 지속가능한 성장을 위한 전

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

2. 동일제지주식회사 (Dongil Paper Company Inc., Ansan, Republic of Korea)

† Corresponding author: yosung17@cnu.ac.kr

세계적인 관심으로 지류제품의 재활용성은 새롭게 부각되고 있다. 이러한 지류제품 중 특히, 주로 골판고지 (Old Corrugated Coontainer: OCC)를 재활용하여 제조되며, 다양한 용도로 활용되고 있는 대표적인 지류 포장재인 골판지의 중요성은 점차 커져가는 실정이다. 실제 목질섬유 자원부족에 따른 대체자원 및 사용 후 제품의 친환경적 처리에 관한 중요성이 커지고 있고, 지속가능한 자원순환형 사회를 만들기 위한 기반으로 지류제품의 재활용은 전 세계적으로 중요한 이슈가 되고 있다. 우리나라는 고지 재활용율이 전 세계적으로 가장 높은 국가의 하나로서 국내발생 고지의 회수율이 89.9% (한국제지공업연합회, 2009)로 보고되고 있는데 실질적인 의미에서 국내에서 제조되는 지류제품의 대부분이 거의 회수되어 재활용되고 있는 실정인 것이다.

이러한 골판지의 경우에는 대부분 골판고지 재활용 원료를 기반으로 생산되어 환경적인 기여도가 큰 제품이지만, 수차례 반복되는 골판고지의 재활용과 이를 기반으로 반복적인 제품의 재생산으로 인해 제조 공정 내 오염물질의 축적과 섬유품질의 저하 등 여러 가지 다양한 제조공정상, 품질상의 문제가 발생되고 있다¹⁾. 특히, 반복되는 재활용에 따른 목재섬유의 각질화와 저급화는 상대적으로 고펅량, 고벌크의 특성을 요구하는 포장용 골판지 원지 제조 시 큰 어려움이 되고 있는 실정이다^{2,3)}.

골판고지를 재활용하게 됨으로써 발생하는 제조공정상의 가장 큰 어려움은 지필의 탈수와 건조라고 할 수 있겠다. 반복된 재활용으로 각질화된 일부 골판고지 섬유는 펄핑공정과 리파이닝 공정 등을 거치면서 쉽게 단섬유화 및 미세분화 되기 쉽다. 이러한 영향으로 인해 초지공정 시 탈수성이 저하됨과 함께, 지필구조가 치밀해지고 미세분에 의한 습지 공극도 저하 등으로 인한 압착탈수에서의 압착 탈수성 저하 역시 골판지 원지 제조 공정에서 큰 어려움이 되고 있는 실정이다. 실제 골판지 제품의 두께 및 다양한 품질수준을 달성하기 위해 대부분의 골판지 원지인 표면 라이너지와 골심지는 3층으로 합지되어 제조되게 되는데, 이렇게 합지된 골판지 원지의 경우에는 압착탈수에 의한 수분제거가 용이하지 않은 단점이 있다. 프레스 출구에서의 건조도를 향상시키기 위한 과도한 압착은 지필의 고밀화 및 벌크와 스티프니스(강직도)의 감소를 가져올 뿐만 아

니라, 탈수성이 좋지 않은 골판지 원지 지필에 대한 고압착 탈수는 지필의 터짐(Crushing), 밀림 등의 불량을 일으킬 수 있다⁴⁾.

현재 제조공정에서 많은 양의 에너지를 사용하고 있는 고에너지 산업군으로 분류되어 있는 제지산업에서 이러한 골판지 원지 제조시 건조에너지 감소는 매우 중요한 이슈가 되고 있다. 특히, 건조 단계로 유입되는 습지필의 수분은 건조에너지 요구량에 결정적인 영향을 미치게 되는데, 현재 제지공정의 에너지감소를 위한 압착탈수 공정에서의 골판지 원지의 구조개선 및 탈수량 증대는 건조에너지 감소를 크게 유도할 수 있는 매우 중요한 과제라고 할 수 있다⁵⁾. 따라서 본 연구에서는 골판고지를 기반으로 하여 고해처리 및 고분자응집제의 첨가 등이 압착탈수 공정에서의 골판원지 습지 탈수성의 변화에 미치는 영향을 비교분석함으로써 향후 골판지 원지 제조공정에서 압착탈수성 개선을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서는 국산 골판고지 100%로 제조된 골심지를 국내 D사에서 분양받아 시료로 사용하였다. 고분자응집제로는 H사에서 제공받은 분자량 7백만 a.m.u., 전하밀도 2.5meq/g 의 고분자량 양이온성 PAM과 S사에서 제공받은 분자량 3백만 a.m.u., 전하밀도 3.5meq/g의 저분자량 양이온성 PAM을 각각 사용하였다. 실제 각각의 고분자첨가제는 지료의 응집 등을 유발하여 공정효율의 개선을 가져오는데, 고분자량의 양이온성 PAM은 보류향상을 위하여 저분자량의 고분자첨가제는 탈수향상을 위해 통상적으로 활용되기 때문에 본 논문에서는 각각 보류제(Retention aids)와 탈수제(Drainage aids)로 명명하여 그 영향을 분석하였다.

2.2 골심지 지료의 고해 및 섬유특성

분양받은 골심지를 0.5% 농도로 실험실용 Vallye beater를 사용하여 고해를 실시하였고 고해도가 다른 네 가지 지료를 준비하였다. 준비된 각 지료의 WRV (water retention value)를 TAPPI useful method UM 256

Table. 1 Properties of Sample stock prepared with OCC pulp.

| Sample | CSF | WRV(%) | Fiber length(μm) | Fiber width(μm) |
|---------|-----|--------|-------------------------------|------------------------------|
| Stock 1 | 464 | 126 | 868 | 18.1 |
| Stock 2 | 417 | 127 | 850 | 17.9 |
| Stock 3 | 377 | 131 | 792 | 18.1 |
| Stock 4 | 346 | 140 | 776 | 18.3 |

에 따라 측정하고 섬유형 태적 특성은 섬유장분석기 (Morfi, TECHPAP, France)를 활용하여 분석하였다. 다음의 Table 1.은 본 실험에서 사용된 OCC 지료의 고해처리에 따른 섬유특성 변화를 정리한 것이다.

2.3. 수초지 제조

준비된 네 가지 지료를 사용하여 평량 80g/m² 으로 수초지를 제조하였다(TAPPI standard T205 om-8). 탈수성이 좋은 지료(stock 1) 과 탈수성이 나쁜지료(stock 4)의 지료를 활용하여 각 고분자 첨가제를 각각 전건 섬유대비 0.1% 및 0.3% 첨가하여 초지함으로써 고분자 첨가제의 영향을 평가하였다.

2.4. 압착탈수

각각의 지료를 수초기에서 수초한 후 쿠지 후 습지를 실험실용 압착탈수기를 사용하여 압착탈수를 실시하였다. 본 연구에 사용된 압착탈수기의 경우 직경 8.5 cm의 고무롤로 제조되었고, 습지를 두 장의 흡수지 (blotter paper)사이에 위치시킨 후 9.5rpm의 속도로 회전하는 롤사이클 총 3번 반복하여 통과시킨 후 그 건조도를 평가하여 압착탈수성을 평가하였다. 이때 롤의 축에 가해지는 총 압력을 세단계로 조정하여 각각의 압착탈수 정도를 변화시켰는데, Table 2 는 3 단 압착탈수 단계에서의 각 압착력을 보여주고 있다.

2.5. 물성평가

Table 2. The total pressure levels of each wet pressing in three wet pressing sequence.

| Condition | unit : MPa | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1st pressing | 2nd pressing | 3rd pressing |
| PA (1-1-1) | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| PB (1-2-2) | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| PC (1-2-4) | 0.1 | 0.2 | 0.4 |

압착탈수 후 실린더 건조기로 건조시킨 각각의 시료의 구조적 특성 및 물성을 평가하였다. 시료의 지합은 광학적인 방법으로 지합을 측정하는 지합분석장비 (2D LAB FS, TECHPAP, France)를 적용하여 평가하였고, 시료의 투기도는 Gurley type(sec,100 cc)의 투기도측정기를 사용하여 측정하였다. 항온항습조건에서 조습처리 후 인장강도를 평가하여 기계적 특성의 변화를 평가하였다.

3. 결과

3.1. 고해 처리에 따른 압착탈수성 변화

해리 후 고해 처리를 통해 지료특성을 변화시킨 네 가지 지료로 수초지를 제조한 후 상이한 탈수압착을 실시하면서 습지의 건조도 및 지필 특성을 비교 평가하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 압착탈수 시 압력이 커질수록 습지의 건조도는 증가하고, 여수도가 높아 탈수성이 좋은 시료 1(Stock1)의 압착탈수 후 건조도가 가장 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 시료 1의 경우

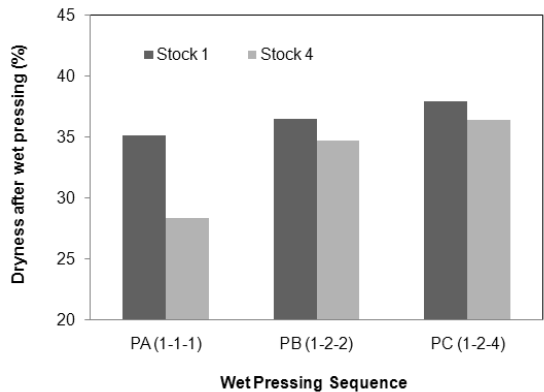


Fig. 1. The effects of stock conditions on the dryness after wet pressing depending on wet pressing sequence.

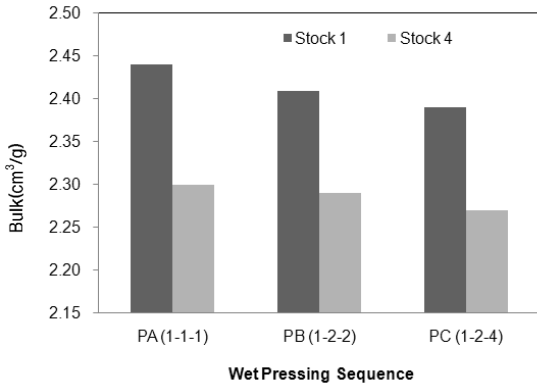


Fig. 2. The effects of stock conditions on the bulk depending on wet pressing sequence.

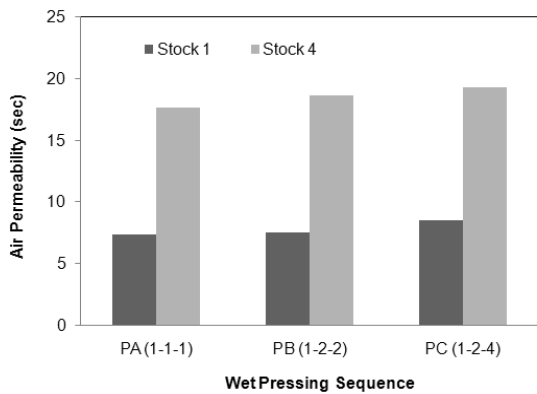


Fig. 3. The effects of stock conditions on the air permeability depending on wet pressing sequence.

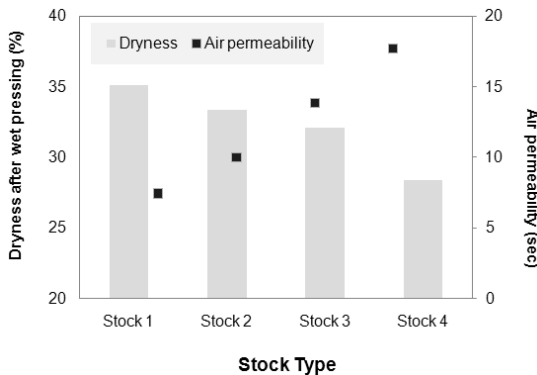


Fig. 4. The effects of stock conditions on the air permeability and dryness after wet pressing with PA(1-1-1) condition.

실제 물을 보유하는 능력, 즉 보수도가 낮기 때문에 상대적으로 건조도가 높게 나타나고, 또한 상대적으로 탈수성이 좋기 때문에 발생된 것을 판단된다. 실제 지필의 고밀화 역시 압착탈수 압력에 비례하여 증가되는 것을 Fig. 2에서 볼 수 있는데, 고해처리를 많이한 지료에서 압착탈수압이 높을수록 더 많이 고밀화 되는 것을 알 수 있다⁶⁾. 압착탈수에 의한 지필의 고밀화는 최종 제품의 투기도를 감소시키는데, 실제 이러한 지필의 투기도는 고해정도에 크게 영향을 받는 것을 확인할 수 있었다 (Fig.3). Fig. 4에서 보여지듯이 골판지 고지에 대한 고해처리는 압착탈수 후 건조도와 제품의 투기도에 직접적인 영향을 미치고 있는 것을 알 수 있다.

3.2. 고분자첨가제 종류에 따른 압착탈수성 및 지필물성 변화

고분자의 첨가는 섬유와 미세분의 응집을 가져와 지필 내부의 공극성을 극대화하여 탈수를 촉진하는 역할을 하게 된다. 실제 이러한 고분자 첨가제의 첨가가 실제 압착탈수에 미치는 영향을 평가하고자 탈수특성이 상이한 두 가지 골판지 시료를 준비하여 고분자응집제 첨가량에 따른 압착탈수 특성 및 제품 물성변화를 비교분석하였다. 본 실험에서는 압착탈수조건을 위에서 제시한 PA (1-1-1) 조건으로 통일하여 실시하였다.

Fig. 5에서 나타나듯이 탈수성이 우수한 지료인 시료 1(Stock 1)에서 고분자량 보류제의 첨가는 압착탈수 후 지필의 건조도를 향상시키는 것을 알 수 있다. 그

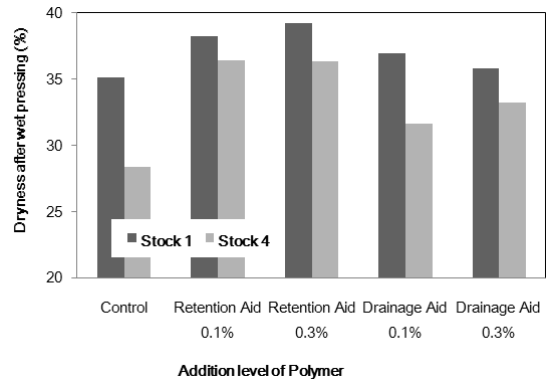


Fig. 5. The effects of Polymer addition on the dryness of OCC handsheet samples after wet pressing.

러나 고해를 실시한 지료(Stock 4)의 경우 낮은 수준의 보류제 첨가량에서는 압착탈수성의 향상을 가져오지만 첨가량이 높은 경우에는 영향이 없거나 다소 감소하는 것을 볼 수 있었다. 탈수촉진제의 경우에는 이와는 상반된 결과를 가져왔는데, 고해로 인해 탈수성이 저하된 시료 4의 경우 압착탈수 후 지필의 건조도가 향상되었지만, 탈수성이 우수한 시료 1에서는 높은 수준의 첨가량에서 압착탈수 후 건조도가 낮아지는 경향을 보여주고 있다. 이러한 고분자 첨가제에 의한 압착탈수성 변화는 적용되는 지료의 조건에 따라서 큰 영향을 받는 것을 알 수 있다⁷⁾.

지필의 벌크 특성은 보류제의 첨가에 따라 고해를 실시한 지료와 미고해 지료 두 경우에서 모두 증가되는 경향을 나타내었다(Fig. 6). 이것은 보류제의 첨가에

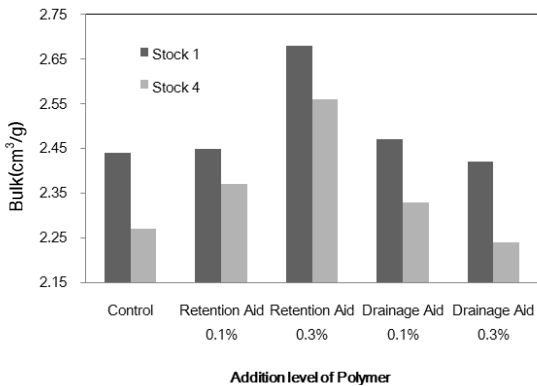


Fig. 6. The effects of Polymer addition on the bulk of OCC handsheet samples.

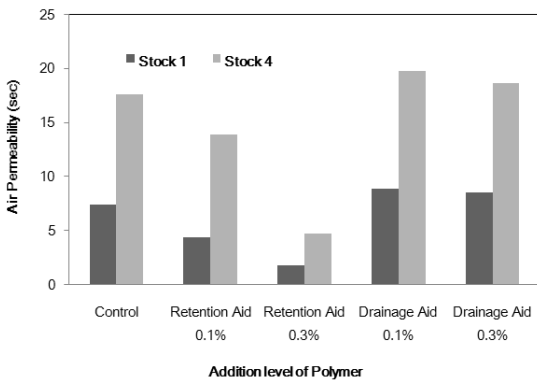


Fig. 7. The effects of Polymer addition on the air permeability of OCC handsheet samples.

의해 실제 지필의 벌크향상효과와 함께 지필내부에 플라키 커지면서 지필이 불균일하게 되면서 발생하는 상대적인 두께 측정치의 증가에 따른 영향으로 판단된다. 탈수촉진제의 경우에 이와 반대로 첨가량이 높은 경우에 지필이 더욱 치밀해지며 벌크가 감소되는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 7은 고분자 첨가제의 첨가량에 따른 지필의 투기도 변화를 보여주고 있다. 실제 지필의 투기도는 고해의 정도에 크게 영향을 받아 미세분 등이 많이 존재하는 고해된 지료에서 투기도는 매우 낮아지지만, 보류제의 첨가에 의해 섬유 및 미세분 등의 응집이 발생하게 됨에 따라 지필의 투기도는 향상되는 것을 볼 수 있었다. 그러나 탈수촉진제의 경우에는 이와는 다른 경향을 나타내었는데, 0.1% 탈수촉진제의 첨가는 지필의 투기도를 오히려 악화시키는 경향을 나타내었고 이러한 경향은 미고해지료 및 고해지료 모두에서 뚜렷하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

보류제의 경우 섬유 등의 큰 응집을 유도하여 플라클을 형성함으로써 실제 지필의 지합특성을 나쁘게 하는데, Fig.8.에서 볼 수 있듯이 보류제의 첨가량이 증가하면서 지합 특성은 크게 나빠지는 특성을 보여주고 있다. 고해를 하게 되면 섬유장이 짧아지는 등 지합은 좋아지게 되는 경향이 있으나 보류제의 첨가에 의해 지합의 저해정도는 추가적인 고해처리가 없는 시료 1과 유사하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 탈수촉진제의 경우에는 이와 반대로 첨가량이 증가할수록 지합특성이 오히려 개선되는 양상을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

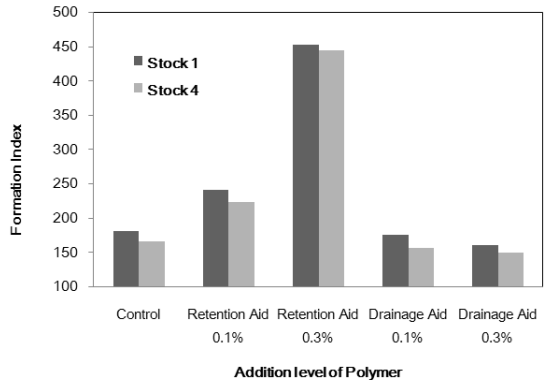


Fig. 8. The effects of PAM addition levels on the formation index.

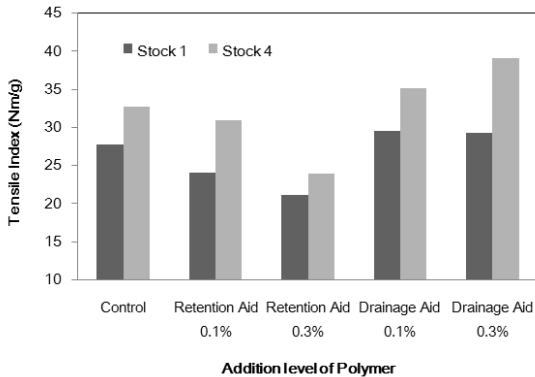


Fig. 9. The effects of PAM addition levels on the tensile index.

지합특성의 저하는 실제 종이의 강도적 특성을 악화시키게 되는데, Fig.9.에서 볼 수 있듯이 보류제의 첨가량이 증가할수록 시료의 강도는 감소하였고 이러한 경향은 급격한 지합저하가 발생되었던 고 보류제 첨가 지료에서 더욱 두드러지게 나타났다. 한편, 지합특성을 오히려 개선시키는 효과를 나타낸 탈수축진제의 첨가는 종이의 강도를 증가시키는 결과를 가져옴을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 국내산 골판고지 100%로 제조된 골심지를 재펄핑하여 고해처리 단계별로 고분자첨가제의 처리와 압착탈수조건 변화에 따른 압착탈수 특성 및 종이의 물성 변화를 비교 분석하였다. 고해처리는 압착탈수 후 건조도와 제품의 투기도에 직접적인 영향을 미치는데 고해처리 정도가 증가할수록 압착탈수 후 습지의 건조도는 낮아지는 경향을 나타내었다. 보류제 및 탈수축진제의 고분자 첨가제 첨가는 압착탈수 후 습지의 건조도를 대체로 향상시키게 되는데, 지료의 특성에 따라 다른 양상을 보이지만 과도한 고분자첨가제의 첨가는 실제 습지의 건조도를 오히려 감소시키는 영향을 보이는 것을 알 수 있었다. 특히, 고해를 실시한 지료의 경우 낮은 수준의 보류제 첨가량에서는 압착탈수 성의 향상을 가져오지만 첨가량이 높은 경우에는 탈수 성의 저하를 가져오는 것을 확인할 수 있었다. 보류제의 첨가는 압착탈수 후 압착 후 건조도, 벌크, 기공도 등

을 향상시키는 효과를 나타내지만 실제 지합의 저하 및 이에 따른 강도저하 등의 결과를 가져오는 것을 확인할 수 있다. 골판지 고지의 압착탈수 특성을 평가한 본 연구결과를 통해 실제 고분자첨가제의 종류 및 특성과 고해공정 등에 따른 지료의 섬유특성 등의 변화는 압착탈수성에 큰 영향을 미치는 것을 보여주었다.

사 사

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

참고문헌

1. 이광표, 류정용, 송봉근, 박종문, 점착성 이물질 제어를 통한 OCC 재활용 공정의 생산효율 개선, 한국펄프·종이공학회, 한국펄프·종이공학회 2010년 춘계 학술발표논문집, pp.168~173 (2010).
2. Phipps, J., The effects of recycling on the strength properties of paper, Paper technology, ECC int., pp. 34-40 (1994).
3. 이학래, 윤혜정, 강태영, 서만석, 허용대, KOCC 지료의 분급 및 기계적 처리가 종이의 물성에 미치는 영향, 한국펄프·종이공학회 2002년 추계 학술 논문 발표회, 한국 펄프 종이 공학회(2002).
4. 성용주, D. Steven Keller, 습지압착 조건에 따른 압착탈수 공정 효율과 종이구조변화, 한국펄프·종이공학회 2010년 춘계학술발표논문집, 한국펄프·종이공학회, 2010.4, pp. 8~15 (2010).
5. 서동준, 제지업체의 에너지 절감 추진 동향, 한국펄프·종이공학회 2009년 콜로퀴엄, 한국펄프·종이공학회, pp.47~67 (2009).
6. 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).
7. 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).