

탄산칼슘 적용에 의한 KOCC 지필의 고품분 증대

황인영 · 지성길 · 서영범[†]

접수일(2013년 11월 8일), 수정일(2013년 12월 9일), 채택일(2013년 12월 10일)

Use of Calcium Carbonate for Improving Solid Content of KOCC Wet Web

In-Young Hwang, Sung-Gil Ji and Yung-Bum Seo[†]

Received November 8, 2013; Received in revised form December 9, 2013; Accepted December 10, 2013

ABSTRACT

For the manufacture of linerboard with 100% KOCC, we tried to increase the solid content of wet web by employing GCC (grounded calcium carbonate) in the fiber furnish to save drying energy. Three different diameters of GCC, namely, 5, 10, and 35 μm , were used. To complement the strength loss by the addition of GCC, cationic starch and refining treatment were tried. It was found that the addition of 10-35 μm dia. GCC to KOCC for 180 g/m^2 basis weight sheets increased the solid content of the furnish about 1-1.5% with better bulk and drainage properties. The loss of strength properties were compensated by the application of cationic starch and/or refining process to the KOCC furnish. The dia. of GCC of 35 μm was, however, too large to make smooth surface of the sample sheet. So, the optimization process was required before implementing the results to the mill by selecting proper diameter and shape of the calcium carbonate.

Keywords: OCC, wet pressing, calcium carbonate, solid content, paper properties

1. 서론

전 세계가 급격한 석유가격 상승으로 인하여 대체 에너지와 에너지사용 저감에 노력하고 있다. 현재 우리나라 제지산업은 제조업 중 총 에너지 소비량이 전체 7

위로서 고에너지 제조업군으로 분류되는 산업이기 때문에 제지산업의 에너지사용 저감은 간과해서는 안 될 중요한 부분이다. 그에 따라 CDM 사업적용 가능성 타진,¹⁾ 신기술의 적용에 의한 효율적인 설비투자 유도,²⁻⁴⁾ 온실가스 발생의 저감⁵⁾ 등 에너지 소비를 줄이기

• 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과 (Dept. of Bio-based Materials, Chungnam National University, Daejeon, Yousung-Gu, Gung-Dong, Republic of Korea)

[†] 교신저자(Corresponding Author): E-mail: ybseo@cnu.ac.kr

위해 꾸준히 힘쓰고 있다.

제지공정 중 에너지를 저감하는 대표적인 방법 중 하나로 압착탈수 공정 후의 습지필 고형분을 높이는 방안을 생각할 수 있다.⁶⁾ 압착탈수공정에서의 습지필 고형분 1% 증가는 건조공정에서의 건조부하를 4-5% 줄이는 것으로 알려져 있다.⁷⁾ 그로인하여 초지기 속도 향상, 설비비용 절감과 같은 이점을 추가적으로 기대할 수 있다. 이는 압착탈수공정에서의 고형분이 에너지 소비량과 밀접한 관련이 있음을 의미한다. 이에 따라 현재 압착탈수 운전조건에 따른 고형분 변화에 관한 연구가 계속적으로 진행되고 있다.⁸⁻⁹⁾ Klinga 등은 압착탈수공정에서 고형분 농도 40-90%에서의 강도 및 밀도 특성을 살펴보았다.¹⁰⁾ 고형분의 농도가 높아짐에 따라 강도와 밀도특성이 향상된다고 보고하였다. Springer 등은 섬유의 종류, 종이의 지합, 고분자 첨가제에 따른 압착탈수공정에서의 특성 변화를 연구하였다.¹¹⁾ 보류향상제, 탈수촉진제와 같은 고분자 첨가제, 종이의 지합, 섬유장은 고형분에 영향을 주지 않으나, 고해처리, 미세분 함량, 팽윤제 첨가는 섬유의 보수도를 증가시켜 고형분에 부정적인 영향을 준다고 보고하였다. Sung 등은 압착탈수기의 압력의 증가에 따라 고형분이 높아지는 것을 보고하였으며, 압착탈수기 펄트의 수분량이 증가함에 따라 고형분의 증가율이 감소하는 것을 밝혔다. 또, 지료의 고해처리, 미세분 함량, 고분자 첨가제의 첨가에 따른 압착탈수공정에서의 고형분의 변화를 보고하였다.¹²⁻¹⁴⁾ 또한 Hwang 등에 의해 고형분의 함량을 높이기 위하여 초지시 투여하는 다양한 충전제의 첨가, 고압력의 압착탈수¹⁵⁾와 같은 연구들이 진행되어진 바가 있다.

OCC 지료에 유기질 충전제 첨가에 관한 기초연구가 다각적으로 진행되고 있다. 과거에는 충전제의 역할이 종이의 인쇄적성, 광학적 성질의 개선을 위한 목적으로 주를 이뤘지만, 현재에는 충전제의 물리적 성질에 대한 적용성 평가의 목적으로도 연구가 진행되고 있다.¹⁶⁻²⁰⁾ 충전제 첨가의 물리적 성질을 이용하여 에너지를 줄이고자 시행한 연구로서, Lee 등은 OCC 지료에 유기 충전제를 첨가하면, 섬유사이의 공간을 넓혀 주어 bulk 특성이 향상되며 그로인하여 건조 에너지 요구량의 감소율을 증가시킨다는 것을 보고하였다.²¹⁾ 이러한 bulk의 향상은 압착탈수공정에서 높은 압력의 압착탈수 시행으로 인한 고형분 증대를 기대할 수 있다.

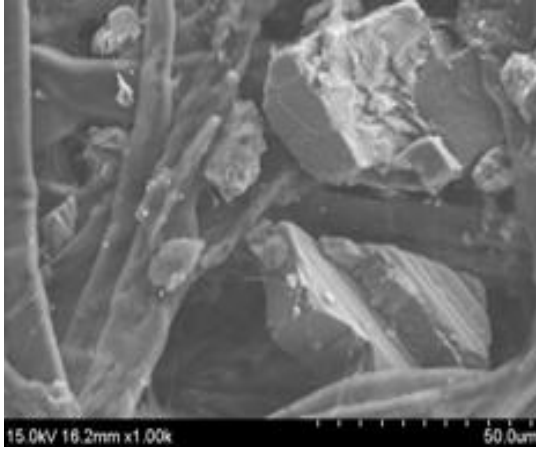
본 연구에서는 다양한 크기의 탄산칼슘을 종이의 기능성개선이 보다는 고형분 증대의 목적으로 사용하고 자 하였다. 탄산칼슘은 일반적으로 광학적 성질,²²⁻²³⁾ 인쇄적성 개선, 원가절감을 위해 제지산업에서 주로 사용되고 있다. 이 충전제 표면특성은 내강이 없고 표면에 수소결합을 일으킬 기능기들이 없어 일반 유기충전제와는 다른 표면특성을 지니기 때문에 압착시 고형분을 높여줄 가능성이 있다. Hwang 등은 연구에서 목질계 스페이서를 첨가하여 고형분의 증대 효과를 보고한 바 있다.¹⁵⁾ 무기물질을 적용하여 OCC의 고형분 증대를 시도하는 본 연구는, 새로운 측면에서의 탄산칼슘 이용의 기초연구가 될 것이다.

본 연구에서는 압축강도가 중요한 라이너지에서 탄산칼슘을 사용하여 KOCC 고형분의 증대를 모색하였다. KOCC 원료에 평균 입자경이 다른 탄산칼슘의 크기를 달리하여 첨가함으로써 고형분 증대에 최적화된 공정을 연구하고자 하였다. 또, OCC를 원료로 하는 골심지와 라이너지는 압축강도와 같은 강도적 성질이 중요한 물리적 성질이기 때문에 이러한 강도적 성질을 저하시키지 않은 한에서 고형분의 함량을 증대시키고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서는 국내 판지제조업체인 D사에서 제공 받은 KOCC (korea old corrugated container)를 사용하였다. 지료에 사용되는 충전제로서, 국내 탄산칼슘 제조업체인 O사의 탄산칼슘을 사용하였다. 탄산칼슘은 무정형의 형태를 사용하였으며 Fig. 1에 나타내었다. 본 연구에 사용한 무정형 탄산칼슘은 평균 직경 35 μm , 10 μm , 5 μm 이었다 (Table 1). 탄산칼슘에 의한 강도 저하를 줄이기 위해 양이온성 전분을 사용하였으며, 전분은 국내 S사에서 제공 받았고, 전하밀도는 0.77 meq/g이었다. 탄산칼슘의 크기를 35 μm 까지 크게 잡은 것은 충전제의 크기가 크면 클수록 동일 충전제 함량에서 섬유간 결합이 더 높아지고 강도적 특성이 향상할 수 있음을 예상했기 때문이었다.²⁴⁾ 탄산칼슘은 국내 O사에서 제공하였으며, 평균 입경 측정치와 함께 제공되었다.



(a) Amorphous

Fig. 1. Scanning electron micrograph of GCC.**Table 1.** The type of fillers and their abbreviations

Abbreviation	Type	Ave. Size
C35	Amorphous, GCC	35 μm
C10	Amorphous, GCC	10 μm
C5	Amorphous, GCC	5 μm
C + S	GCC + Cationic starch	

2.2 실험방법

2.2.1 지료조성 및 수초지 제조

실험실용 valley beater를 사용하여, 지료의 농도를 1.4%로 조절하여 KOCC를 30분간 해리하였다. KOCC는 두 가지 조건의 지료를 제조하였으며, 한 조건은 KOCC를 해리한 지료이고 또 다른 하나의 조건은 valley beater에 5분간 고해하여 여수도를 약 100 mL CSF를 낮춘 지료를 사용하였다. 이러한 지료에 충전제인 GCC를 첨가하였으며 충전제는 전체 KOCC지료에 10% 씩 첨가하였다. 본 실험을 실시하기 전에 예비 실험을 실시한 바, 충전제의 5% 첨가는 실험적 오차에 의해 충전제 첨가에 따른 경향이 뚜렷하게 나타나지 않았

으며, 충전제의 20% 첨가는 급격한 강도의 저하로 좀더 효과적인 사용 방법을 연구한 후에 시도할 필요가 있었다. 따라서 KOCC 지료에 대한 충전제는 10% 첨가하였으며, 양이온성 전분을 첨가한 경우 충전제를 9.5%로 줄여 전분으로 0.5%를 대체하였다. 샘플들은 원형수초기를 이용하여 KS M ISO 5269-1에 의거해 일반적인 라이너지의 평량인 180 g/m²의 수초지로 제작하였으며, 평량이 상당히 높음으로 따로 보류제를 사용하지는 않았다. 그 결과 탄산칼슘의 첨가는 미고해 OCC의 경우 양이온성 전분의 사용여부와 관계없이 약 9.4%의 회분 증가를 기록하였으며, 고해 OCC의 경우 약 9.5%의 회분 증가를 기록하였다. 양이온성 전분의 첨가가 회분의 증가에 영향을 줄 수는 있지만, 양이온성 전분을 사용하는 경우 탄산칼슘을 10% 첨가에서 9.5% 첨가로 줄여서 초지함으로서 회분량을 균일한 상태로 만들어 실험을 실시하였다.

2.2.2 압착탈수

초지 후에 얻어진 습지에 총 세 번의 프레스를 시행하였는데, 이때의 실험실용 롤프레스의 직경은 약 8.5 cm의 스틸롤을 사용하였으며, 롤프레스의 속도는 2.5 rpm로 회전시켰다. 습지는 2장의 잘 건조된 흡수지 (blotting paper) 사이에 위치시킨 후, 총 3번의 압착을 시행하였는데, 압착 탈수기의 압력은 Table 2과 같은 조건으로 시행하였다. 이때 프레스 후의 고형분 값을 측정하였다.

2.2.3 물성 측정

지료의 탈수성을 평가하기 위해 TAPPI Standard T221의 방법을 이용하였으며, 다만 평량이 180 g/m²으로 높은 상태에서 탈수시간(sec)을 측정하였다. 수초지는 TAPPI T 402에 의거하여 23±1℃, 상대습도 50±2%에 24시간동안 조습처리 하였으며, 조습처리된 수초지는 벌크, 열단장(T494 om-01), 압축강도(T 826 om-13)를 측정하였다.

Table 2. Wet pressing pressures

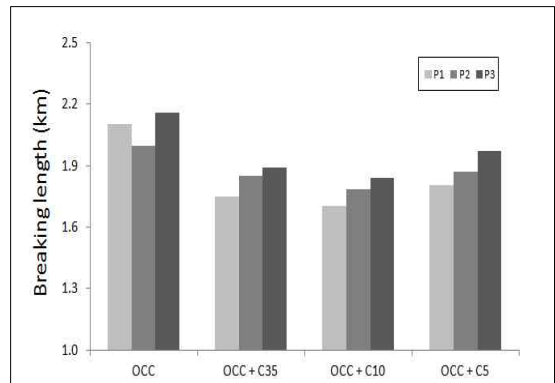
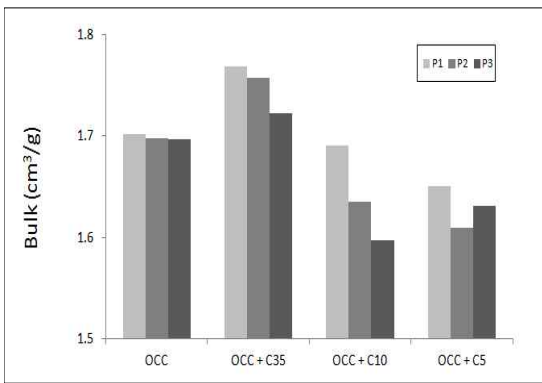
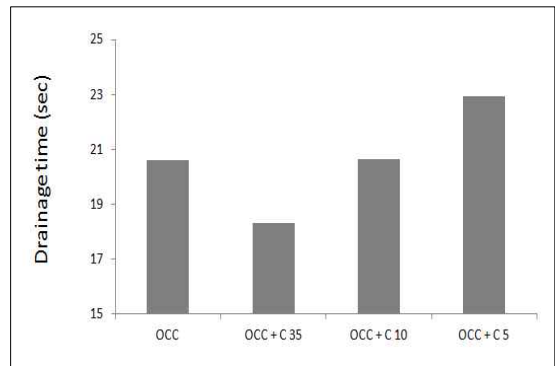
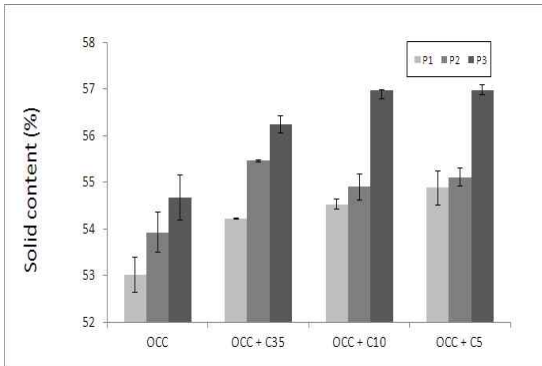
Abbreviation	Press condition (unit : MPa)		
	1st pressing	2nd pressing	3rd pressing
P1	0.1	0.3	0.5
P2	0.2	0.4	0.5
P3	0.3	0.5	0.7

3. 결과 및 고찰

3.1 탄산칼슘 입자크기에 따른 특성평가

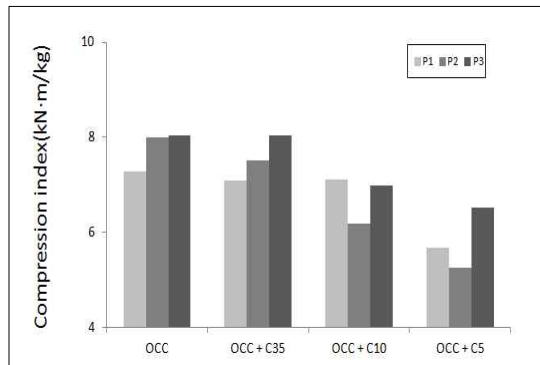
충분히 해리된 미고해 KOCC지료에 입자크기별의 탄산칼슘을 첨가한 것과 탄산칼슘을 첨가하지 않은 미

고해 KOCC지료와 비교하였다 (Fig. 2). Fig. 2(a) 에서 보는 바와 같이 고행분의 경우, 탄산칼슘 첨가한 미고해 KOCC지료가 탄산칼슘이 첨가되지 않은 미고해 KOCC 지료보다 탄산칼슘 입자크기에 상관없이 1-1.5% 높아짐을 알 수 있다. 이는 탄산칼슘이 물과의 화학적 결합이 없으며, 내강이 존재하지 않으므로 물리적 침투가 일



(c) Bulk

(d) Breaking length



(e) Compression index

Fig. 2. The effect of CaCO₃ particle size on unrefined KOCC handsheet properties.

어나지 않기 때문으로 판단되어졌다. 이로써 탄산칼슘은 동일한 프레스 조건에서 고형분 증대를 위해 유용한 특성을 지님을 알 수 있었다. 탈수시간의 경우, 탄산칼슘 10% 첨가 지료는 입자크기가 클수록 탈수 시간이 빨라지는 것을 확인하였다 (Fig. 2(b)). 즉, 10 μm 이상의 크기 탄산칼슘 첨가 시에는 고해한 KOCC의 경우에도 미고해 KOCC 지료보다 탈수 시간이 빨라짐을 알 수 있었다. 이는 탄산칼슘의 입자크기가 클수록 지필을 형성할 때 지료 사이의 공간을 크게 확보하여 탈수 공간을 만들어 줌으로써 탈수가 빨라지는 것으로 판단하였다. Bulk (Fig. 2(c))의 경우, 탄산칼슘의 입자크기가 커질수록 bulk가 향상되었으며 특히, 10 μm 이상의 탄산칼슘 첨가의 경우는 미고해 KOCC보다 bulk 특성이 높아짐을 확인하였다. 열단장(Fig. 2(d))과 압축지수(Fig. 2(e))의 경우, 탄산칼슘 첨가로 인해 떨어짐을 확인하였다. 압축지수는 탄산칼슘의 입자크기가 크에 따라 저하가 적었으며, 특히 35 μm 의 탄산칼슘의 경우 미고해 KOCC지료와 비교했을 때도, 거의 유사하였음을 알 수 있었다. 이는 탄산칼슘 첨가시, 탄산칼슘의 크기가 작으면 비표면적이 넓어져서 섬유 사이의 결합을 방해하지만 크기가 커지면 급속히 비표면적이 적어지므로 발생하는 현상으로 판단되어졌다. 다만 열단장의 경우 입자크기 효과가 두드러지게 나타나지 않았다. 일반적으로는 탄산칼슘의 크기가 커지면 열단장이 증가하는 것이 보통이지만 본 실험에서는 그러한 현상이 현저하게 나타나지는 않았다.

3.2 전분처리한 탄산칼슘에 따른 특성평가

단순한 탄산칼슘 첨가 실험에서는 충전제를 포함한 지료의 강도적 특성이 저하되므로 양이온성 전분을 첨가하여 강도 보강을 이루는 실험을 실시하였다. 특별히 강도적 효과와 탈수특성 및 bulk 특성이 우수한 35 μm 의 입자크기를 가진 탄산칼슘을 첨가한 미고해 지료에 양이온성 전분을 처리함으로써 그에 따른 특성을 확인하였다 (Fig. 3). 고형분 (Fig. 3(a))의 경우, 탄산칼슘을 첨가한 미고해 KOCC지료가 탄산칼슘을 첨가하지 않은 미고해 KOCC지료보다 2% 증가함을 뚜렷하게 보였다. 전분과 탄산칼슘을 첨가한 지료가 탄산칼슘만을 첨가한 지료보다 고형분 상승효과가 낮아지는 경향을 보였으나 여전히 미고해 KOCC지료에 비해서는 확연히 높은 고형분을 보였다. 탄산칼슘만을 첨가한 지

료보다 전분과 탄산칼슘을 첨가한 지료의 고형분이 낮은 것으로는 전분의 친수성적인 효과로 판단되어졌다.

탈수시간(Fig. 3(b))의 경우, 탄산칼슘을 첨가한 미고해 KOCC지료가 탄산칼슘을 첨가하지 않은 미고해 KOCC지료보다 짧게 나타났다. 특히 전분과 탄산칼슘 첨가 지료에서 전분의 첨가는 탈수시간을 더욱 짧게 하였다. 이는 양이온성 전분의 보류 및 탈수특성 개선효과로 판단되어졌다. Bulk의 경우 (Fig. 3(c)), 탄산칼슘을 첨가한 지료가 탄산칼슘을 첨가하지 않은 미고해 KOCC지료보다 향상되었다. 벌크특성에서의 전분 영향은 눈에 띄게 나타나지 않았다. 열단장(Fig. 3(d))과 압축지수(Fig. 3(e))의 경우, 전체 지료 0.5%의 전분첨가에서의 강도특성 향상 효과를 볼 수 없었다. 따라서 양이온성 전분을 0.5% 첨가한 탄산칼슘 첨가 OCC지료는 탈수성 개선이라는 점 외에는 큰 효과가 없는 것으로 판단되었다. 더 많은 양의 전분을 첨가하는 것도 고려할 수 있지만 원가 상승의 효과를 고려하여, 보다 손쉬운 방법인 지료의 고해를 선택하여 추가적 실험을 진행하였다.

3.3 고해처리한 KOCC에 따른 특성평가

본 연구에서는 고형분의 상승이 가장 중요한 요소라 할 수 있다. 따라서, 탄산칼슘 첨가 KOCC지료가 원지료 KOCC보다 종이품질의 저하 없이 고형분을 향상시키는 방법으로 KOCC를 고해하고 탄산칼슘을 첨가하는 방식을 선택하였다. Fig. 4(a)를 살펴보면, 미고해 KOCC가 여수도를 100 mL CSF 떨어뜨린 고해 KOCC보다 고형분이 높음을 알 수 있었다. 하지만 35 μm 의 탄산칼슘을 10% 첨가한 고해 KOCC가 미고해 KOCC지료보다 약 2-3% 정도 고형분이 향상된 것을 확인할 수 있었다. 탈수시간(Fig. 4(b))은 미고해 KOCC지료보다 탄산칼슘을 첨가한 고해 KOCC지료가 느려졌지만 탄산칼슘과 양이온성 전분을 함께 첨가한 지료는 탈수 시간이 미고해 KOCC지료와 유사한 값을 나타내었다. 이는 양이온성 전분이 보류 및 탈수에도 긍정적인 효과를 보이는 것으로 판단할 수 있다. 고해 KOCC 100%로 만들어진 샘플의 경우 고형분이 너무 낮고 탈수도 어려워 고형분을 높여 에너지 저감을 이루고자하는 본 연구의 목적에 맞지 않았다. Bulk 특성은 미고해 KOCC지료보다 탄산칼슘 첨가한 고해 KOCC지료가 우수했으며, 전분과 탄산칼슘을 첨가한 지료는 미고해 KOCC

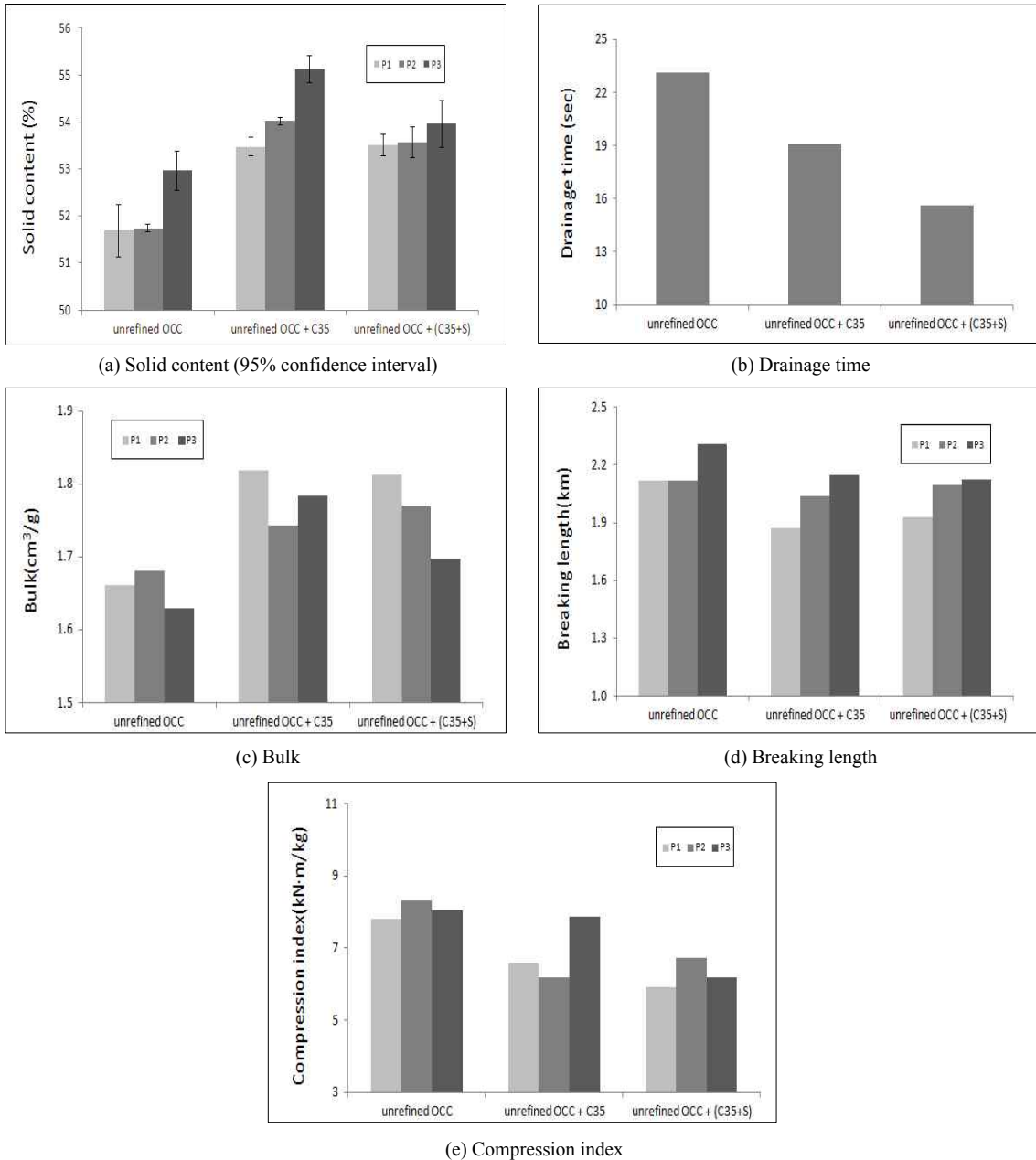


Fig. 3. The effect of starch addition on unrefined KOCC handsheet properties containing 10% of 35 μm CaCO_3 .

지료의 bulk 특성과 유사하였다 (Fig. 4(c)). 열단장(Fig. 4(d))과 압축지수(Fig. 4(e))의 경우, 고해한 KOCC가 미고해 KOCC에 비해 각각 평균 약 15%씩 증대한 결과를 보였다. 또한 탄산칼슘을 첨가한 고해 KOCC지료와 미고해 KOCC지료 비교시, 열단장과 압축강도는

서로 유사하였다. 이러한 결과는 적절한 조건 하에서 탄산칼슘의 사용은 강도의 저하없이 고형분을 증대시킬 수 있음을 제시하고 있다.

하지만 35 μm 이상 크기를 가진 탄산칼슘을 KOCC 지료에 첨가할 경우에는 평활도의 문제가 발생할 수 있

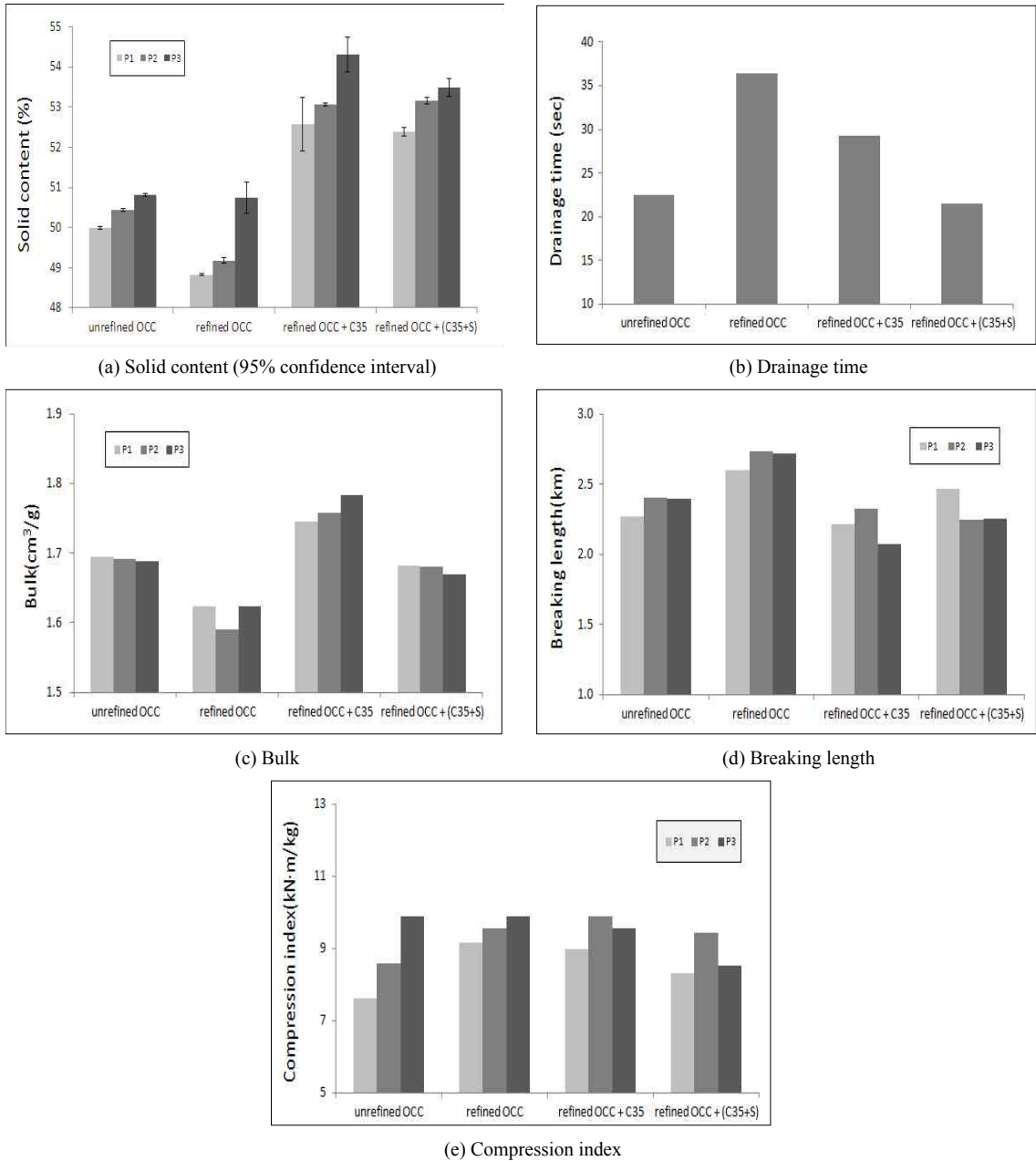


Fig. 4 The effect of refining on KOCC handsheet properties containing 10% of 35 μm CaCO₃.

으므로 고형분을 증대시키기 위한 가장 이상적인 탄산칼슘 크기는 10 μm 와 35 μm 사이의 크기를 가진 표면 평활도에 큰 영향을 미치지 않는 탄산칼슘으로 생각할 수 있었다. 본 연구에 사용된 35 μm 의 탄산칼슘은 표면이 인쇄하기에 부적절한 점이 있었으므로 내부라이너지

로 사용할 수 있을 것이다.

4. 결론

산업용지로 사용되는 KOCC지료의 고형분을 높여

에너지 저감에 기여하는 연구를 하고자 하였다. 탄산칼슘은 물과의 결합력이 낮음으로 10%의 첨가만으로도 고형분을 1-1.5% 높음을 보였으며, KOCC 지료의 고형분 증대를 위한 탄산칼슘의 사용은 효과적임을 확인하였다. 또한, 탄산칼슘의 입자크기가 클수록 탈수성 향상, 벌크 증대, 강도 향상의 이점을 보였다. 하지만, 35 μm 이상의 크기를 가진 탄산칼슘은 표면에 평활도 저하를 야기 시킴으로 탄산칼슘의 크기는 10 μm 이상 35 μm 이하의 크기를 가진 탄산칼슘이 고형분을 증대시키기 위한 목적으로 적절한 크기임을 판단할 수 있었다.

탄산칼슘 첨가시 강도적 성질의 저하를 보완하기 위해서 KOCC지료의 고해처리와 양이온성전분의 처리로 탈수성, bulk, 강도특성의 저하 없이 고형분을 2% 이상 증가시킴을 확인하였다. 즉, 탄산칼슘 10% 첨가시 여수도를 100 mL CSF 낮춘 KOCC 지료의 사용은 종이품질 저하없이 고형분 농도를 높일 수 있는 가능성을 보였다. 또한 양이온성 전분 0.5%의 첨가는 탈수성 개선의 효과를 보였지만 강도향상의 역할로서는 부족하였다. 본 연구는 탄산칼슘의 무정형 GCC를 사용하였으며, 아라고나이트, 칼싸이트, 바테라이트 등의 다양한 탄산칼슘 형태를 이용한 후속연구들을 통해 더 많은 고형분 증대를 이루는 연구가 필요한 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 2013년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 2010T100200472)

Literature Cited

- Sung, Y. J., Kim, D. S., Um, G. J., Lee, J. W., Kim, S. B., and Park, G. S., Action plans of paper industry correspond to the carbon dioxide emission trading market, *Journal of Korea TAPPI* 44(1):43-51 (2012).
- Chudnovsky, Y., Innovative gas-fired technology for paper drying, *Spring Technical & International Environmental Conference, 2004 Paper Summit*, pp.70-73 (2004).
- Jeong, Y. B., Lee, H. L., Jeong, K. H., and Ryu, H., Influence of the viscosity of surface sizing starch solutions on surface sizing effect of linerboard, *Journal of Korea TAPPI* 44(5):54-62 (2012).
- Kaapa, O., The optimization of press dewatering and its influence on energy savings, 2008 PAPERCON Conference, pp.2533-2557 (2008).
- Pickin, J. G., Yuen, S. T. S., and Hennings, H., Waste management options to reduce greenhouse gas emissions from paper in Australia, *Atmospheric Environment* 36:741-752 (2002).
- Skalicky, C., and Milichovsky, M., Dehydration behavior of pulp during pressing, *Cellulose Chemistry and Technology* 26(1):85-98 (1992).
- Seo, D. J., Overviews on energy savings in paper industry, 2009 KTAPPI Colloquium, pp.47-67 (2009).
- Hii, C., Gregersen, O. W., Chinga-Carrasco, G., and Eriksen O., The effect of newsprint furnish composition and sheet structure on wet pressing efficiency, *Nordic Pulp and Paper Research Journal* 27(4):790-797 (2012).
- Hii, C., Gregersen, O. W., Chinga-Carrasco, G., Eriksen O., and Toven, K., The web structure in relation to the furnish composition and shoe press pulse profiles during wet pressing, *Nordic Pulp and Paper Research Journal* 27(4):798-805 (2012).
- Klinga, N., and Hoglund, H., Paper properties of TMP and CTMP handsheets from spruce, as affected by the solids content from pressing, *Nordic Pulp and Paper Research Journal* 27(4):475-480(2007).
- Springer, A., Nabors, L. A., and Bhatia, O., The influence of fiber, sheet structural properties, and chemical additives on wet pressing, *Tappi J.* 74(4):221-228 (1991).
- Sung, Y. J., Lee B. R., Jeong, W. K., Jung J. G., Choi S. G., Im C. K., Gwon W. O., and 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 (2011).
- Sung, Y. J., Jeong, W. K., Kim, D. S., Oh, M. T., 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).
- Jeong, W. K., and Sung, Y. J., Wet pressing properties

- of OCC stock depending on the fines contents, Journal of Korea TAPPI 44(6):21-27 (2012).
15. Hwang, I. Y., Lee, Y. H., Jung, J. G., Sung Y. J., and Seo Y. B., Application of spacers for increasing OCC solid content in wet pressing process (I), Journal of Korea TAPPI 44(4):2-7 (2012).
 16. Lee, J. Y., Lee, E. K., Sung, Y. J., Kim, C. H., Choi, J. S., Kim, B. H., Lim, G. B., and Kim J. S., Application of new powdered additives to paperboard using peanut husk and garlic stem, Journal of Korea TAPPI 43(4):40-48 (2011).
 17. Kim, C. H., Lee, J. Y., Lee, Y. R., Chung, H. K., Back, K. K., Lee, H. J., Gwak, H. J., Gang, H. R., and Kim, S. H., Fundamental study on developing lignocellulosic fillers for papermaking(II), Journal of Korea TAPPI 41(2):1-6 (2009).
 18. Chae, H. J. and Park, J. M., Study on drainage and physical properties of KOCC handsheet containing pretreated wooden fillers, Journal of Korea TAPPI 43(3):21-29 (2011).
 19. Lee, J. Y., Kim, C. H., Choi, J. S., Kim, B. H., Lim, G. B., and Kim, D. M., development of new powdered additive and its application for improving the paperboard bulk and reducing drying energy (I), Journal of Korea TAPPI 44(2):58-66 (2012).
 20. Gao, Y., Rajbhandari, V., Li, K., Zhou, Y., and Yuan, Z., Effect of HYP fibers on bulk and surface roughness of wood-free paper, Tappi J. 4:4-10 (2008).
 21. Lee, J. Y., Kim, C. H., Choi, J. S., Kim, B. H., Lim, G. B., and Kim, S. Y., Effect of new organic filler on physical properties and drying energy consumption of paperboard, Proceeding of Fall Conference of the KTAPPI, pp.29-36 (2012).
 22. Bown, R., Particle size and structure of paper filler-sand their effect on paper properties, Paper Technology 39(2):44-48 (1998).
 23. Hubbe, M., Pawlak, J., and Koukoulas, A., Paper's appearance: A review, Bioresources 3(2):627-665 (2008).
 24. Han, Y. R., and Seo, Y. B., Effect of particle shape and size of calcium carbonate on physical properties of paper, Journal of Korea TAPPI 29(1):7-15 (1997).