

스페이서 사용에 의한 OCC 압착공정의 고품분 증대 (I)

황인영 · 이영호 · 정재권 · 성용주 · 서영범[†]

접수일(2012년 6월 16일), 수정일(2012년 7월 11일), 채택일(2012년 7월 17일)

Application of spacers for increasing OCC solid content in wet pressing process (I)

In-Young Hwang, Young-Ho Lee, Jae-Gwon Jung, Yong-Joo Sung and Yung-Bum Seo[†]

Received June 16, 2012; Received in revised form July 11, 2012; Accepted July 17, 2012

ABSTRACT

The increase of OCC solid content after wet pressing will save drying energy greatly. We applied spacers, which used to increase draining rate and bulk in fiber furnishes, to increase the OCC solid contents. MDF fibers (fibers for making medium density fiberboard) and diatomaceous earth were used as spacers, and added 10% by weight to the OCC fiber furnish. Application of high wet pressing pressure to the mixed furnish of spacers and refined OCC did not deteriorate bulk and drainage rate, but their solid contents were increased to 0.5-1.5% without loss of compressive strength when compared to those of unrefined OCC, which is the furnish normally used for mill commercial practice. It is believed that the spacers caused the rate of solid content increase faster in the mixed furnish with OCC at high wet pressing pressure area than the unrefined OCC furnish did. Little amount of starch addition (0.5%) to the spacers helped to keep the strength properties.

keywords: OCC, wet pressing, spacer, refining, solid content, paper properties.

1. 서론

최근 들어 전 세계적으로 지구 온난화에 대한 위기의식이 고조되고 있는 가운데, 기후변화 협약과 탄소 배출권 문제가 대두되고 있으며 경제적 성장과 에너지 저

감이 함께 가는 산업구조가 모든 산업분야에 확산되고 있다. 한국은 저탄소 녹색성장을 통해 에너지 저감과 경제적 성장을 함께 이루려 하고 있다. 이러한 저탄소 녹색성장 정책에 기여하는 방법 중 하나인 제품의 재활용은 각국 어디에서나 시행하고 있다. 특히, 제지산업

•충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과(Dept. of Bio-Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Republic of Korea).

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

에서는 폐지 재활용은 나무를 베지 않고 목재자원을 절약할 수 있으며, 나무로부터 펄프와 종이를 생산하는 에너지를 사용하지 않고 종이의 원료를 얻을 수 있는 매우 유용한 분야라고 할 수 있다. 한국의 폐지회수량은 꾸준히 증가하고 있으며, 국내에서의 고지 회수율은 세계 1위로 94.5%에 달한다.¹⁾

폐지종류 중 포장산업에 많이 사용되는 골판지를 회수한 골판지 고지(OCC, old corrugated container)도 그 회수량과 사용량이 점차 늘어나고 있다. 그러나 반복적으로 재활용한 OCC는 오염물질의 함량이 점점 늘어나며, 섬유질의 각질화, 기존의 기계적 처리에 의한 단섬유화가 있으며, 결과적으로 미세분 함량²⁻³⁾이 늘어나게 된다. 이는 강도 저하와 탈수성 저하가 야기 되는데, 이를 개선시키기 위하여 다각적인 노력들이 경주되고 있다. OCC 재활용에 있어서 에너지의 절감은 대표적으로 OCC의 압착공정 후 고형분의 농도를 높임으로써 많이 달성될 수 있다.⁴⁾ 압착공정에서 고형분을 높이기 위한 방법으로는 고해를 최소화해야 하지만 라이너지나 골심지의 제조에 있어서 강도를 일정수준으로 유지시키기 위해서는 고해를 많이 할 수 없고 그러한 경우 강도의 저하를 막기 어렵다. 현재는 초지시 고분자 첨가제의 사용으로 초지시 끝단에서의 고형분과 압착공정 후의 고형분이 높도록 유지시키는 방법⁵⁻⁶⁾과, 충전제의 첨가,⁷⁻⁹⁾ 프레스의 압력 변화에¹⁰⁾ 따른 종이 내부구조의 변화에 대한 기초 연구가 계속적으로 진행되고 있다. 실제 압착탈수 공정에서의 개선을 통해서 건조공정에 투입되는 습지필의 고형분을 1%만 증가시켜도 실제 건조 공정에서의 부하를 4~5%까지 줄일 수 있다.¹¹⁾ 그로 인하여 증기소요량 절감, 초지시 속도 향상, 설비비용 절감과 같은 이점을 기대할 수 있다.

본 연구에서는 OCC의 고형분 증대를 위해 MDF와 규조토를 사용하여보았다. 이들은 OCC의 압착시 밀도가 올라가지 않으며, 공간을 만들어 줄 수 있으므로 OCC의 bulk와 탈수성 개선이 예상되었으며, 종이 내부에 공간을 만들어주므로 스페이서라고 이름하였다. 충전제들이 백색도 향상과 불투명도를 위해 사용된다고 할 때에, 본 연구에서 사용되는 스페이서는 그러한 광학적인 성질보다는 물리적 성질의 개선에 초점이 맞추어져 있다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 스페이서로서 중질섬유판(MDF, medium density fiberboard)의 원료로 쓰이는 MDF 섬유와 규조토를 사용하였고, 이

들을 OCC 원료에 일정량씩 첨가하여 압착공정 후의 고형분이 최대가 되도록 공정을 개발하고자 하였다. 라이너지나 골판지는 다단으로 상자들을 쌓기 때문에 그를 견딜 수 있는 압축강도와 같은 강도적 성질이 중요한 특성으로 볼 수 있는데, 그와 같은 특성이 저하되지 않은 한에서 압착탈수기의 압력을 조정하거나 고해의 정도, 다양한 스페이서 첨가 등 여러 가지 방법을 통해 고형분 함량을 증가시키고자 하였다. 또한, 이런 여러 기작들을 통하여 고형분 함량이 증대되는 압착탈수기의 조건을 찾아보고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서는 국내 D사에서 제공받은 OCC를 사용하였다. 자료에 첨가하는 스페이서의 종류로는 국내에

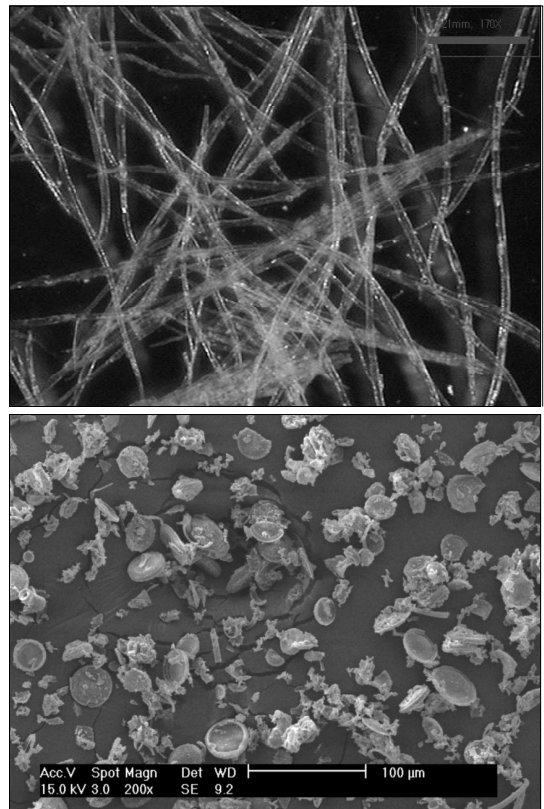


Fig. 1. Scanning electron micrographs of MDF fiber (left) and Diatomaceous earth (right).

서 MDF 를 생산하는 기업인 H사에서 분양받은 MDF 섬유(M 스페이서)와 국내 구조토 생산 및 판매 전문업체인 C사에서 공급된 구조토(D 스페이서)를 사용하였다. M 스페이서는 길이 1,131 μm , 폭 24.1 μm 를 가진 MDF 제조용 섬유였으며, D 스페이서는 벌집모양의 형태로 29 μm 크기의 구조토입자를 사용하였다. 이들의 길이와 폭은 Morfi(Techpap사, France)를 이용하여 분석하였다. 이들의 전자현미경 사진을 Fig. 1에 의해 나타내었다. 양성 전분은 국내 S사에서 제공받았으며, 0.77 meq/g의 전하밀도를 가졌다.

2.2 실험방법

2.2.1 지료 조성 및 수초지 제조

분양받은 OCC를 실험실용 valley beater를 사용하여 15% 농도로 30분동안 해리 하였다. 해리한 OCC의 여수도는 481CSF였으며, 5분 동안 고해처리한 OCC의 여수도는 373CSF로 본 실험에 사용하였다. 이러한 OCC 지료에 스페이서들을 첨가하여 사용하였으며 Table 1에 실험을 위해 제조된 스페이서들의 성분을 나타내었다. 본 연구에서는 스페이서들은 OCC 지료에 10% 첨가량을 기준으로 첨가하였다. 예비실험시 스페이서를 5% 첨가할 경우, 스페이서 효과가 실험오차에 의해 분명히 드러나지 않는 경향이 있었으며, 20% 첨가시 강도저하가 상당하여 좀 더 효과적인 사용을 연구하여 발표할 필요가 있었다. 스페이서의 총 투입량은 전체지료의 10%이며, 전분을 첨가한 경우 스페이서를 9.5%로 줄이고 나머지 0.5%를 전분으로 대체한 것이며, 스페이서 자체로 보아서는 5%의 전분이 첨가된 결과가 될 것이다.

2.2.2 압착 탈수

초지 후에 얻어진 습지는 실험실 프레스를로 총 3번의 프레스를 실시하였다. 프레스의 롤은 직경 8.5cm의

Table 1. Compositions of spacer samples added to OCC

Abbreviation	Spacer addition by weight %
M	M spacer 10%
M+S	M spacer 9.5% + Cationic starch 0.5%
D	D spacer 10%
D+S	D spacer 9.5% + Cationic starch 0.5%

Table 2. Conditions of each wet pressing in three wet pressing sequence

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

고무롤을 사용하였으며, 2.5rpm의 속도로 회전시켰다. 습지는 4장의 흡수지(blotting paper)사이에 위치 시킨 후, 총 3번의 프레스는 각각 다른 크기의 압력을 주었는데, 압착 탈수기의 압력은 Table 2과 같은 조건으로 시행하였다. 샘플들은 원형 수초기를 이용하여 KS M ISO 5269-1에 의거해 평량 180g/m²로 수초지를 제작하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 미고해 처리 OCC의 스페이서 첨가에 의한 특성 평가

미고해 OCC와 스페이서를 혼합한 OCC의 특성을 비교하였다. 미고해 OCC는 탈수특성이 우수하고, 압착후 고형분이 높음으로 고형분의 농도에 있어서 OCC 지료의 가장 우수한 대조구가 될 수 있다. 하지만 강도적 성질은 고해 OCC에 비해 부족한 것이 특성이라고 할 수 있다. 실제 대부분의 골판지 공장에서는 OCC를 거의 고해하지 않는 상태로 사용하는 것으로 알려져 있다.

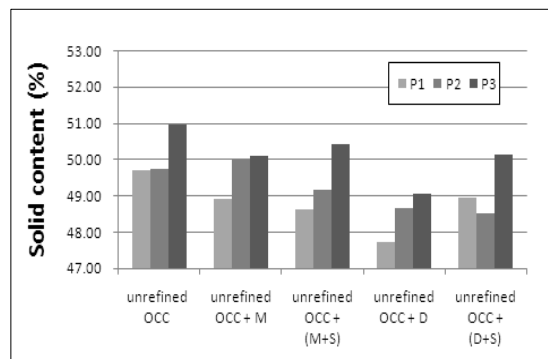


Fig. 2. The solid contents of unrefined OCC samples containing spacers.

Fig. 2에서 보는 바와 같이, 미고해 OCC 섬유에 M 스페이서와 D 스페이서의 첨가에서는 고형분의 증가를 볼 수 없었다. 특별히 D 스페이서는 다공성의 물질로, 미고해 OCC에 비해 탈수성은 크게 개선하지만 MDF에 비해 효과가 떨어지는 것을 알 수 있었다. 이는 물이 D 스페이서의 내강 안으로 들어가게 되면 압착 탈수공정에서 쉽게 빠지지 않는 것으로 사료되어진다. 하지만 압착 압력이 어느 정도 이상 증가하게 되면, 오히려 밀도가 높아진 목질지료 사이에 물이 지나갈 수 있는 통로 역할도 가능할 것으로 판단되었다. 탈수 속도(Fig. 3)는 스페이서 첨가한 미고해의 OCC가 첨가하지 않은 OCC에 비해 개선되는데, 특히 M 스페이서를 첨가한 경우 현저하게 개선됨을 보였다. Bulk의 경우(Fig. 4), 스페이서 첨가로 인해 확연하게 증가하였고, 특히 MDF의 경우 약 23%정도의 벌크가 향상되었다. 인장강도(Fig. 5)와 압축강도(Fig. 6)의 경우, 스페이서의 첨

가함으로 인해 강도가 떨어지는 데, M 스페이서의 경우가 더 눈에 띄게 하락되었다. 본 실험에 사용된 스페이서들은 섬유와 섬유 사이사이에 들어가 섬유간 거리를 증대 시켜 줌으로서 벌크 향상, 탈수 향상, 강도 저하를 보여주는 것으로 판단된다. 이와 같이 M 스페이서와 D 스페이서의 첨가는 고형분을 감소시키고, 강도를 떨어뜨리는 단점을 나타내었다. 하지만 spacer의 첨가가 탈수속도를 증가시키고, 벌크를 크게 늘리는 점은 OCC에 고해를 실시해도 탈수 속도가 떨어지지 않으며, 압착을 더 강하게 해도 벌크가 줄어들지 않을 수 있는 근거가 될 수 있다. 따라서 OCC에 고해를 실시하고 압착 탈수기의 압력을 높이는 실험을 다음 단계로 실시하였다. 이러한 경우 스페이서를 첨가하게 되면 고해에 의해 탈수 속도의 저하가 스페이서에 의해 줄어들지 않는 특성을 보일수 있게 될 것이다.

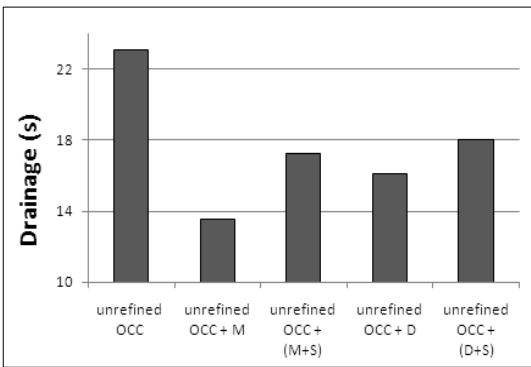


Fig. 3. The drainages of unrefined OCC samples containing spacers.

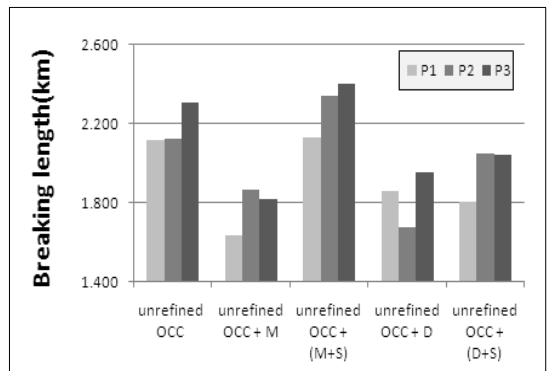


Fig. 5. The breaking lengths of unrefined OCC samples containing spacers.

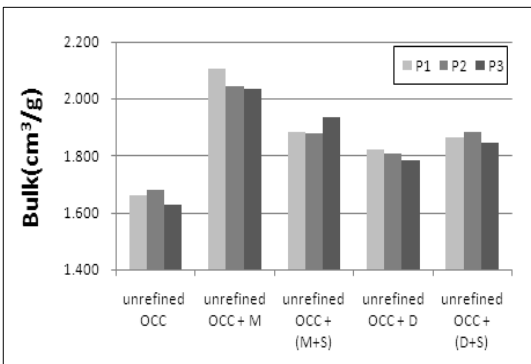


Fig. 4. The bulks of unrefined OCC samples containing spacers.

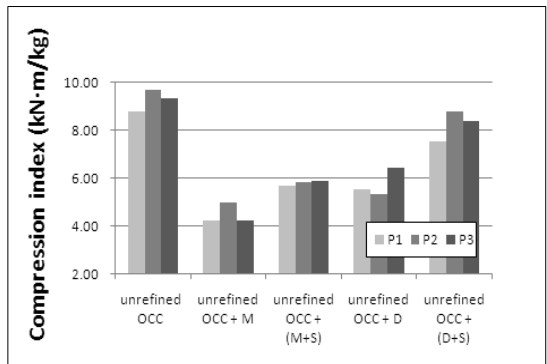


Fig. 6. The compression indices of unrefined OCC samples containing spacers.

3.2 고해 처리 OCC의 스페이서 첨가에 의한 특성 평가

2단계 실험으로서 미고해 OCC와 고해 OCC를 사용하였으며, 고해한 OCC에 스페이서를 넣은 자료들을 사용하였다. 2단계 실험에서는 미고해 OCC와 고해 OCC 샘플들을 새로 제작하여 사용하였다. Fig. 7에서, 고해한 OCC는 미고해 OCC보다 고품분이 다소 감소함을 나타내었다. 고해한 OCC에 스페이서를 첨가한 자료의 경우, P3의 압력에서 모두 OCC 100% 자료보다 높은 고품분을 나타내었다. 탈수 속도(Fig. 8)는 고해한 OCC의 탈수 속도가 상당히 느려지지만, 스페이서를 첨가함으로써 탈수 속도가 개선됨을 볼 수 있었다. 미고해 OCC와 비교하여 볼 때, 고해한 후 스페이서를 첨가한 고해 OCC는 탈수 속도 더 빠르거나 같은 정도였다. Bulk(Fig. 9)의 경우, 고해한 OCC는 미고해 OCC보다 줄어들었지만, 고해한 OCC에 스페이서를 첨가함으로써 상당한 증가를 보였고 미고해 OCC와 비교해 보았을 때에도 bulk의 향상은 뚜렷했다. 인장강도(Fig. 10)의 경우, 고해한 후 스페이서를 첨가한 OCC 중 MDF만을 넣은 자료를 제외하고는, 미고해 OCC와 비교해 보았을 때에 큰 차이를 보이지 않았다. 압축강도(Fig. 11) 또한, 고해한 후 스페이서를 첨가한 OCC 중 M 스페이서만을 넣은 자료를 제외하고는, 미고해 OCC와 비교해 보았을 때에 큰 차이를 보이지 않았다. 고해된 OCC에 MDF 나 규조토만을 넣은 경우들은 미고해 OCC보다 인장강도가 약간 떨어지지만, 여기에 전분을 첨가하는 경우, 탈수나 bulk의 문제없이 인장강도가 미고해 OCC와 같거나 약간 상회하는 모습을 볼 수 있었다.

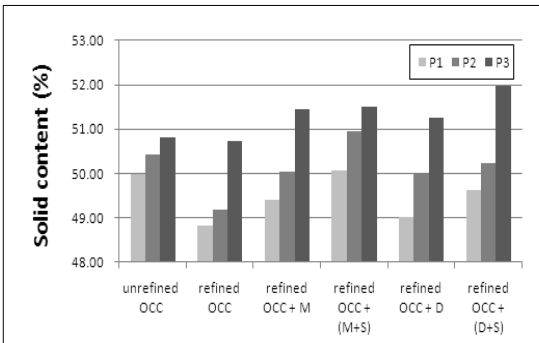


Fig. 7. The solid contents of refined OCC samples containing spacers.

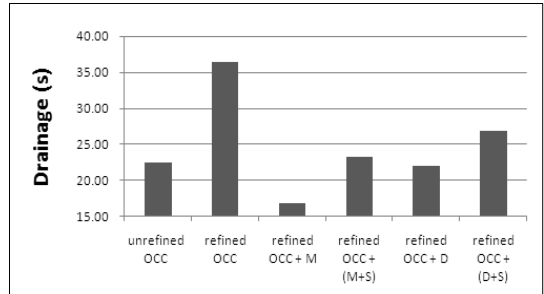


Fig. 8. The drainages of refined OCC samples containing spacers.

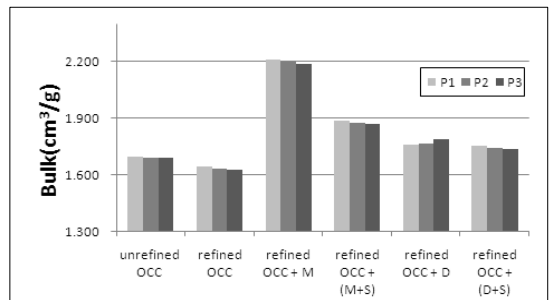


Fig. 9. The bulks of refined OCC samples containing spacers.

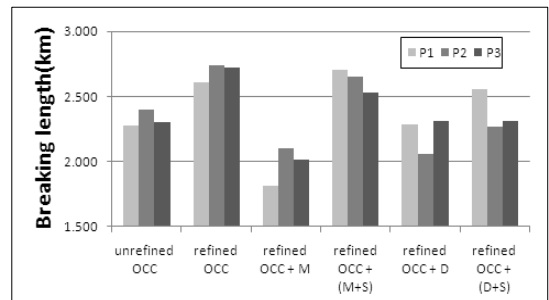


Fig. 10. The breaking lengths of refined OCC samples containing spacers.

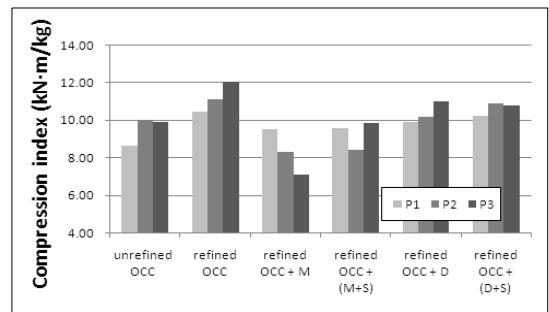


Fig. 11. The compression indices of refined OCC samples containing spacers.

본 연구에서 가장 중요한 OCC의 특성은 압착후 고형분의 농도이며, 고형분의 농도가 일단 높아지면 높아진 지료의 강도적 성질을 서로 비교하는 것이라 할 수 있다. 고형분의 경우 항상 미고해 OCC가 고해 OCC보다 높으므로, 미고해 OCC를 가장 대표적인 대조구로 볼 수 있다. 이 대조구에 비해, 스페이서 첨가 지료 중에서 P3의 압력으로 압착을 실시한 지료의 성질을 재정리하여 다음 그림들에 나타내었다. 특별히 탈수와 bulk는 스페이서를 첨가한 지료들의 성질이 우수하므로 따로 나타내지 않았다. Fig. 12에서 스페이서를 이용한 고해 OCC 지료는 P3 압력에서 모두 미고해 OCC보다 0.5-1.5% 정도의 고형분의 증가를 나타내었음을 볼 수 있었다. 열단장의 경우 (Fig. 13), MDF만을 사용한 경우 미고해 OCC보다 낮아졌으나 그 외의 경우 모두 높거나 유지하였다. 압축강도의 경우도 열단장과 비슷한 경향을 보였으며, 오히려 열단장보다 더 증가하는 경향도 보였다 (Fig. 14). 이러한 결과들은 스페이서를 상황

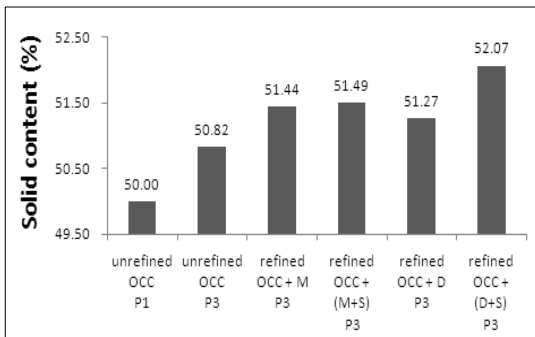


Fig. 12. The solid contents of unrefined OCC and spacer-containing, refined OCC samples.

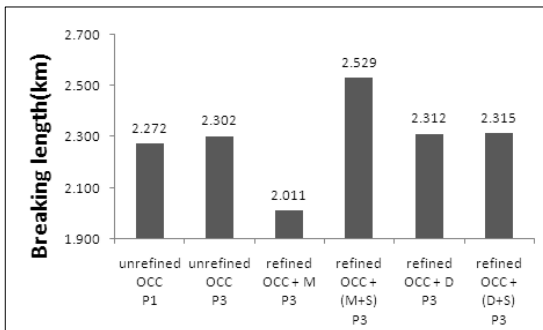


Fig. 13. The breaking lengths of unrefined OCC and spacer-containing, refined OCC samples.

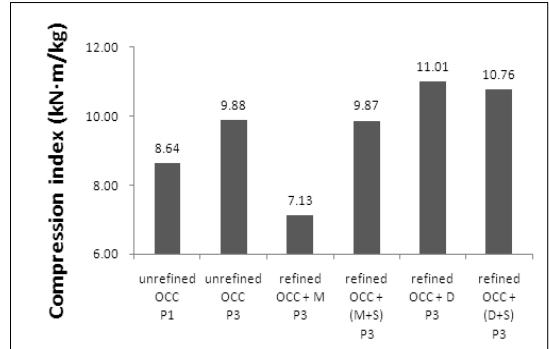


Fig. 14. The compression indices of unrefined OCC and spacer-containing, refined OCC samples.

에 따라 적절하게 사용하는 경우, OCC의 압착후 고형분을 증대시키면서도, 강도적 성질이나 탈수, bulk에 영향이 없도록 할 수 있음을 보이고 있었다. 단 양성전분을 전체지료에 0.5% 사용함으로써 스페이서의 결합력을 높인 점도 유효하게 작용하였다.

본 연구에서 고형분의 농도가 낮은 고해 OCC와 bulk 특성이 강한 스페이서들을 결합하여 높은 압착 압력을 적용하는 경우 미고해 OCC보다 고형분 농도가 높아지는 성질을 발견할 수 있었다. 이는 Fig. 7에서 보는 바와 같이 미고해 OCC의 경우 압착 압력이 높아짐에 따라 고형분의 농도 증가 속도가 낮은 반면, 스페이서와 고해 OCC의 경우 고형분 농도 증가 속도가 급격하게 빨라지기 때문으로 판단되었다.

4. 결론

본 연구에서는 OCC에 MDF 섬유와 규조토를 스페이서로 사용하여, 압축강도나 탈수속도, bulk의 저하없이, 압착후 고형분을 증대시키는 압착 탈수의 조건을 모색 하였다. OCC에 단순히 스페이서를 첨가시켜 사용하는 경우, 스페이서의 장점이 드러나지 않았지만 스페이서가 지료의 탈수를 개선하고, bulk를 크게 늘리는 장점을 적절히 사용하면, 압착후 고형분농도를 증가시킬 수 있음을 보였다. 즉 OCC를 고해하여 여수도를 약 100-200CSF 감소시키고, 압착공정에서 좀 더 높은 압력을 가하면, 탈수성, Bulk, 압축강도의 저하없이 고형분 농도를 높일 수 있을 가능성을 보였다. 그러한 경우, 본 논문에서는 스페이서 10% 첨가시, OCC 지료에서

0.5%-1.5%의 고형분을 증대 시킬 수 있음을 확인하였다.

칼렌다링이 필요한 지중에 본 연구결과를 적용할 경우, 본 연구결과들이 크게 훼손되지 않고, 적용될 수 있을 것으로 판단되지만 더 많은 연구가 필요한 것이 사실이다. 또 평활도의 변화와 광학적 성질의 변화, 판지의 경우에는 접힘성에 대한 검토도 필요할 것이다.

사 사

본 연구는 지식경제부 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 에너지기술개발과제 (과제명: 에너지 저감을 위한 탈수 압착기술개발)로 수행된 연구임.

인용문헌

- Sung, Y. J., Kim, D. S., Um, G. J., Lee, J. W., Kim, S. B., Park, G. S., Action Plans of Paper Industry Correspond to the Carbon Dioxide Emission Trading Market, J. Korea TAPPI,44(1):43-51(2012).
- Lee, J. H., Seo, Y. B., Jeon, Y., Strength Property Improvement of OCC-based Paper by Chemical and Mechanical Treatments (I), J. Korea TAPPI,32(1):10-18(2000).
- Lee, J. H., Seo, Y. B., Jeon, Y., Strength Property Improvement of OCC-based Paper by Chemical and Mechanical Treatments (II), J. Korea TAPPI,32(2):1-7(2000).
- Skalicky, C. and Milichovsky, M., Dehydration Behavior of Pulp during Pressing, Cellulose Chemistry and Technology, 26(1): 85-98(1992).
- Ghasemian, A., Ghaffari M., and Ashori A., Strength-enhancing effect of cationic starch on mixed recycled and virgin pulps, Carbohydrate Polymers, 87(2): 1269-1274 (2012).
- Yong Joo Sung, Y. J., Lee, H. 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 J. Korea TAPPI,43(2):78-82(2011).
- Xu, Y. F. and Deng, Y. L., Retention of precipitated calcium carbonate in old corrugated container furnishes, Tappi Journal, 82(8): 121-126(1999).
- Shin, T. G., Kim, C. H., Chung, H. K., Seo, J. M., and Lee, Y. R., Fundamental Study on Developing Lignocellulosic Fillers for Papermaking (I), J. Korea TAPPI,43(3):21-29(2011).
- Kim, H. H., Kim, C. H., Seo, J. M., Lee, J. Y., Kim, S. H., Park, H. J., and Kim, G. C., Use of Modified Lignocellulosic Fillers to Improve Paper Properties, Journal of the Technical Association of the Australian and New Zealand Pulp and Paper Industry, 64(4): 338-343(2011).
- Sung, Y. J., and Keller, D. S., Evaluation of the changes in paper structure by the laboratory wet pressing conditions, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 14:328-332(2008).
- 서동준, 제지업체의 에너지 절감 추진 동향, 한국펄프·종이공학회 2009년 콜로кви엄, 한국펄프·종이공학회, pp.47-67(2009).