

백판지의 휨강성 증대를 위한 목질섬유의 이용 (2) 오존처리

서영범[†] · 김현준¹

접수일(2014년 12월 10일), 수정일(2014년 12월 17일), 채택일(2014년 12월 19일)

Improvement of Bending Stiffness in White Duplex Board by Utilization of Wood Fibers from Medium Density Fiberboard (2) Ozone treatment

Yung Bum Seo[†] and Hyun Jun Kim¹

Received December 10, 2014; Received in revised form December 17, 2014; Accepted December 19, 2014

ABSTRACT

Wood fibers for medium density fiberboard (MDF) was used in the filler layer of the white duplex board for increasing thickness and bulk of the board. The MDF fibers were treated with ozone (3% based on dry weight of the fibers), and mixed together with OCC (old corrugated container) to form paper. Ozone-treated MDF fibers gave high bulk, high tensile strength, high internal bond and fast drainage to the furnish mixed with OCC. It was shown that there were possibilities to reduced basis weight of the filler layer without loss of thickness, stiffness, and tensile strength. Furthermore, it showed the possibility to develop a new kind of board product that has high stiffness as well as high strength properties with light basis weight by application of the ozone-treated MDF fibers.

Key words: *old corrugated container (OCC), stiffness, white duplex board, medium density fiberboard, ozone.*

1. 서론

백판지는 상품의 포장박스로서 주로 쓰이고 있다.

백판지의 중요한 특성으로 휨강성 (bending stiffness) 과 접힘특성, 표면의 인쇄특성을 들 수 있으며 이들은 소비자들이 백판지를 사용할 때에 직접적으로 마주하

• 충남대학교 환경소재공학과 (Dept. of Bio-based Materials, Coll. of Agri. and Life Sci., Chungnam National Univ., Daejeon, Yousung-Gu, Gung-Dong, Republic of Korea 305-764)

¹ 쌍용C&B (주) (Ssangyong C&B Inc, Republic of Korea)

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

는 특성들이라고 할 수 있다.¹⁾ 그중에서 백판지의 휨강성은 판지의 품질을 좌우하는 중요한 특성인데, 판지의 휨강성이 부족하면, 상자로서 튼튼하지 못하며, 높이 쌓을 수도 없는 저급 품질의 판지로 취급될 수밖에 없다. 이 휨강성은 판지의 두께의 삼승에 비례하므로²⁾ 판지의 두께가 백판지를 제조하는데 가장 중요한 특성이라고 할 수 있다.

백판지는 일반적으로 표면의 코팅층 (coating)과 일층 혹은 탑층 (top), 이층 혹은 언더탑층 (sub or under top), 필러층 (filler), 백층 (back) 으로 구성되며, 백판지의 종류나 제조회사에 따라 한 개 혹은 두 개의 층을 더하거나 빼기도 한다.³⁾ 이 중에서 필러층은 백판지의 두께를 주로 형성하며, 저렴한 종류의 재료로서 OCC가 사용되는 층으로 알려져 있다. 즉 필러층은 벌크가 가장 중요하고, 강도적으로 크게 떨어지지 않으며, 내부결합강도와 탈수 성능도 유지해야 할 것이다. 백판지에서 경제적인 효과와 품질향상을 동시에 나타낼 수 있는 부분은 필러층의 벌크를 높이는 일로 볼 수 있다. 이 필러층의 벌크를 높임으로서 백판지의 휨강성을 높이기 되어 백판지의 품질을 높이는 것이 한 가지 목적이 될 수 있고, 다른 한 가지 목적은 기존의 벌크를 유지한 채로 필러층의 평량을 줄임으로서 원료비용과 건조 에너지를 줄이는 것이 목적이 될 수 있다.¹⁾

OCC를 골판지에서 효과적으로 이용하는 연구는 주로 강도와 탈수성을 높이는데 집중되어있는데 비해,^{4,5)} 백판지에서의 이용은 벌크를 높이는데 집중되어 있다. 종이의 벌크를 높이는 방법은 목질계 충전제로서 목분을 사용하기도 하였는데,^{6,9)} Hwang 등은 목분과 탄산칼슘을 이용하여 골판지의 고형분을 증대하는 연구를 실시한 바 있다.^{10,11)} 본 연구에서는 MDF (medium density fiberboard) 에 사용되는 거친 섬유를 이용하며, 이러한 MDF 섬유에 오존처리를 실시함으로써 MDF 섬유 사용시 부족한 섬유간의 결합을 증대시키려 하였다. 이렇게 처리된 MDF 섬유를 OCC지료와 함께 사용함으로써 필러층의 두께를 증가시키며, 적절한 고해를 OCC와 MDF 섬유에 적용하여 강도적으로도 부족됨이 없도록 연구를 실시하였다.

목질계 섬유에 오존처리를 실시한 예로서, Yoon 등은 TMP 와 CTMP 에 오존처리를 실시하고 장섬유와 단섬유의 화학적 구성 및 형상적 변화를 연구한 바 있다.¹²⁾ Lemeune 등은 이산화염소와는 달리 오존은 글

루코오스간의 glycosidic linkage 를 파괴함으로써 중합도의 변화를 크게 일으키고, 카보닐 그룹의 큰 증가가 일어남을 발표한 바 있다.¹³⁾ Kim 등은 목분에 오존처리를 실시함으로써 쉽게 탈리그닌이 일어나는 현상을 보고하였고, 결정화도의 증가도 보고하였다. 본 연구에서 오존처리에 의해 MDF 섬유간의 결합이 획기적으로 늘어난다면, MDF의 첨가에 의해 발생하는 강도의 감소를 보완하고 필러층의 늘어난 두께만큼 섬유 양을 줄임으로서 원료의 절감과 건조에너지의 저감을 동시에 얻을 수 있게 될 것이다. 목분의 사용이 종이의 두께를 늘리는 점에서는 MDF와 같은 기능을 갖게 되지만 강도의 저하와 보루에 있어서는 목분이 현저히 불리하며,¹⁾ 오존처리에 의해 섬유간의 결합을 높이거나 고해를 통해 적절한 물성을 발현시키는 점에서 제한점을 가지고 있는 것이 사실이다. 본 연구에서는 MDF 섬유에 오존처리를 실시함으로써 백판지에 적용하는 것 이외에도 강도가 높고, 벌크가 큰 새로운 종류의 판지를 제조할 수 있는 가능성을 보이려 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료

골판지고지인 OCC 는 국내 H 회사에서 분양받은 것으로서 실험실용 Valley beater를 사용하여 고해하였고, 고해 전후의 섬유장을 Morfi fiber analyzer (Techpap, France)에 의해 측정하였으며, 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 또한 사용된 MDF용 섬유는 국내 MDF 전문업체인 U 회사에서 분양받은 것이며, MDF 섬유로 지칭하였다. 역시 Valley beater를 사용하여 고해하였고, 고해 전후의 섬유장 변화를 Table 1에 나타내었다. OCC의 경우 3분, 5분간 고해를 실시하였고, MDF 섬유의 경우는 7분, 10분의 고해를 실시하였다. 오존을 처리한 MDF의 고해와 OCC에 오존처리된 MDF 섬유를 혼합한 후에, 함께 고해를 하는 혼합고해 방법도 실시하였고 각각의 MDF의 첨가량이 다른 혼합지료를 3분, 5분, 7분씩 고해를 실시하였다. 이들의 섬유장 변화도 Table 1에 나타내었다.

2.2 MDF 의 오존처리와 수초지의 제조

MDF 섬유에 오존을 처리하는 방식은 다음과 같다.

Table 1. Fiber length analysis

Fumish	Length weighted fiber length (mm)	Coarseness (mg/m)	Fines contents (% in area)	Fines contents (% in length)
OCC 0' [†]	0.759	0.208	9.89	53.782
OCC 3'	0.744	0.184	10.19	54.333
OCC 5'	0.704	0.185	9.87	53.639
MDF 0'	1.444	1.077	6.84	38.825
MDF 7'	0.730	0.668	6.93	55.263
MDF 10'	0.511	0.605	12.04	59.369
O ₃ treatment				
MDF 0'	1.571	0.427	1.60	25.018
MDF 5'	1.057	0.500	3.52	40.262
MDF 7'	0.627	0.567	8.69	56.101
(OCC+MDF 10%)3'	0.737	0.238	9.84	53.441
(OCC+MDF 10%)5'	0.658	0.213	9.99	54.102
(OCC+MDF 10%)7'	0.606	0.219	10.53	56.673
(OCC+MDF 20%)3'	0.780	0.251	9.06	52.509
(OCC+MDF 20%)5'	0.709	0.247	10.32	55.032
(OCC+MDF 20%)7'	0.645	0.245	11.10	56.100
(OCC+MDF 30%)3'	0.854	0.260	8.48	51.535
(OCC+MDF 30%)5'	0.788	0.244	8.51	53.475
(OCC+MDF 30%)7'	0.666	0.246	9.04	54.998

[†]: OCC 0 min. refining

먼저 MDF 섬유에 전건중량 100g 을 함수율 50-70%로 만든 후에 pH 가 2-3 되도록 초산처리를 실시하였다. 그 이유는 약 산성상태에서 오존처리가 효과적이기 때문이다. 처리 방법으로는 회전하는 통에 MDF 섬유를 넣고 발생시킨 오존을 통안에 연속적으로 공급함으로써 오존이 MDF 섬유에 잘 혼합되어 처리되도록 실시하였다. 오존이 통안에 들어갈 때의 농도와 들어가는 양을 오존 농도측정기를 이용하여 측정하였고, 통안을 빠져나오는 기체에서 오존의 농도차이를 연속적으로 측정함으로써 시간당 소모되는 오존의 양을 1h 동안 측정하여 반응된 오존의 총량을 측정하였다. 오존처리는 1h 실시하였으며, 이 때 사용된 오존의 양은 섬유의 전건중량에 대해 3 wt%가 처리되었다. 실험은 공기가 잘 통하는 공간에서 실시하였으며, 남은 오존은 공기 중에 높이 배출하였고 실험에만 사용된 적은 양이므로 문제점을 야기시키지는 않았다. 오존발생기는 Ozone generator Model-Lab2 (Ozone Tech. Inc. Republic of Korea)을 사용하였다.

백판지의 필러층을 대상으로 하였으므로 200 g/m²의 평량의 수초지를 제조하였다. 대조구로서 OCC만으로도 수초지를 제조하였으며, 3분과 5분간 고해한 OCC로도 수초지를 제작하였다. MDF 섬유를 사용하는 경우, 섬유의 조성은 OCC 지료에 MDF 섬유를 무게비로 10, 20, 30%씩 첨가하였다. 제조된 샘플종이들의 이름과 구성을 Table 2에 나타내었다.

2.3 물성평가

종이제조시의 탈수속도는 샘플 종이들이 200 g/m²의 고평량이지만 Tappi T221 cm-99 에 의거하여 측정하였고, 제조된 종이샘플들의 물리적 성질은 상대습도 50±2%, 온도 23±1 °C 로 조절된 항온·항습실에서 24시간 이상 조습처리 후에 측정하였다. 인장강도는 Tappi T494 om-01의 방법을 이용하였고, 샘플의 내부결합강도인 ZDT는 양면테이프를 사용하는 SCAN-P 80:98 방법을 따라 측정하였다. 힘강성은 Taber stiffness 를 측정하였으며, 15° 각도로 측정하였다.

Table 2. Fiber furnish compositions

Funishes	OCC refining min.	MDF Os treatment	MDF refining time min.	MDF addition %	Mixed refining time
OCC-0	0	No	0	0	No
OCC-3	3	No	0	0	No
OCC-5	5	No	0	0	No
OCC-0/MDF-5/10%	0	No	5	10	No
OCC-0/MDF-5/20%	0	No	5	20	No
OCC-0/MDF-5/30%	0	No	5	30	No
OCC-0/MDF-7/10%	0	No	7	10	No
OCC-0/MDF-7/20%	0	No	7	20	No
OCC-0/MDF-7/30%	0	No	7	30	No
OCC-0/MDF-5/10%/03	0	Yes	5	10	No
OCC-0/MDF-5/20%/03	0	Yes	5	20	No
OCC-0/MDF-5/30%/03	0	Yes	5	30	No
OCC-0/MDF-7/10%/03	0	Yes	7	10	No
OCC-0/MDF-7/20%/03	0	Yes	7	20	No
OCC-0/MDF-7/30%/03	0	Yes	7	30	No
OCC-3/MDF-5/10%/03	3	Yes	5	10	No
OCC-3/MDF-5/20%/03	3	Yes	5	20	No
OCC-3/MDF-5/30%/03	3	Yes	5	30	No
OCC-3/MDF-7/10%/03	3	Yes	7	10	No
OCC-3/MDF-7/20%/03	3	Yes	7	20	No
OCC-3/MDF-7/30%/03	3	Yes	7	30	No
OCC-5/MDF-5/10%/03	5	Yes	5	10	No
OCC-5/MDF-5/20%/03	5	Yes	5	20	No
OCC-5/MDF-5/30%/03	5	Yes	5	30	No
OCC-5/MDF-7/10%/03	5	Yes	7	10	No
OCC-5/MDF-7/20%/03	5	Yes	7	20	No
OCC-5/MDF-7/30%/03	5	Yes	7	30	No
(OCC + MDF 10%)-3/03	0	Yes	0	10	3
(OCC + MDF 20%)-3/03	0	Yes	0	20	3
(OCC + MDF 30%)-3/03	0	Yes	0	30	3
(OCC + MDF 10%)-5/03	0	Yes	0	10	5
(OCC + MDF 20%)-5/03	0	Yes	0	20	5
(OCC + MDF 30%)-5/03	0	Yes	0	30	5
(OCC + MDF 10%)-7/03	0	Yes	0	10	7
(OCC + MDF 20%)-7/03	0	Yes	0	20	7
(OCC + MDF 30%)-7/03	0	Yes	0	30	7

3. 결과 및 고찰

3.1 MDF 첨가에 의한 탈수성능 비교

MDF 섬유는 목재칩을 디파이버레이터로 갈아서 만든 가장 거친 종류의 목재 기계펄프라고 할 수 있다. 이들을 OCC 치료에 첨가할 때에 탈수속도의 증가 혹

은 탈수시간의 감소를 기대할 수 있다. Fig. 1은 MDF와 OCC를 혼합하여 Valley beater로 고해할 때의 탈수시간을 나타내고 있다. MDF 섬유의 첨가량이 증가함에 따라 탈수시간의 감소를 보여주고 있었다. OCC를 5분간, MDF를 5분간 따로 고해한 경우의 탈수시간도 보여주고 있는데 (separate refining 5 min.), 혼합고해의 경우가 더 긴 탈수시간을 보여주고 있었다. 이는 혼합

고해의 경우 약한 섬유인 OCC 위주로 고해에너지가

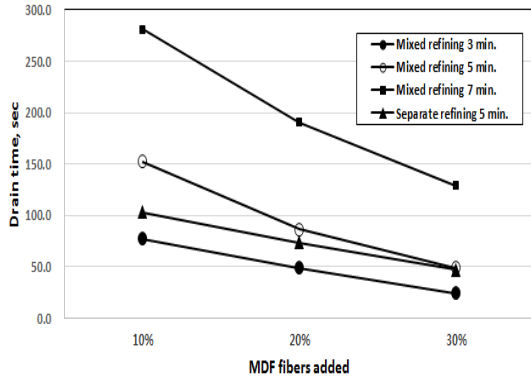


Fig. 1. Effect of refining and MDF fiber addition on drainage time.

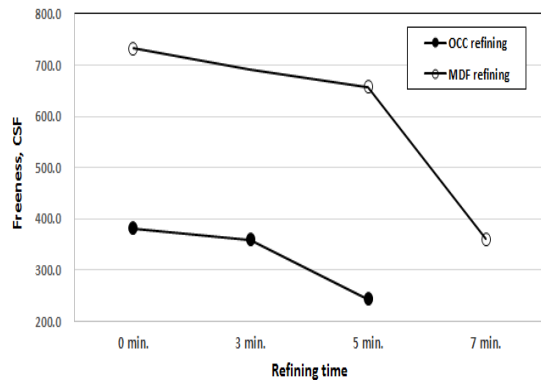


Fig. 2. Refining curves of OCC and MDF fiber furnish.

대부분 사용되기 때문으로 판단되었다. Fig. 2는 OCC의 초기 여수도가 낮고, OCC의 여수도가 빠르게 저하되는 모습을 보이고 있다.

3.2 OCC 치료의 성질

Fig. 3은 OCC를 고해하였을 때의 물성의 변화를 나타내고 있다. 고해를 진행함에 따라 벌크가 감소하고 열단장과 내부결합강도 (ZDT)가 늘어나며, 힘강성이 감소하는 일반적인 고해의 효과가 그대로 나타나고 있었으며, OCC를 3분간 고해하였을 때, 벌크는 줄어들지만 ZDT가 높고 힘강성의 저하가 적은 것을 볼 수 있었다. 본 연구에서는 모든 물성을 고해하지 않은 OCC (OCC-0)를 기준으로 비교하였는데, 추가적으로 3분간 고해한 OCC-3를 중심으로 비교하는 것도 가치가 있을 것으로 판단되었다. 평량 200 g/m²의 수초지를 제작할 때에 탈수시간은 OCC-0의 경우 60.6초였으나, OCC-3의 경우 88.7초, OCC-5의 경우 131.1초로서 급격히 증가하였다.

3.3 MDF와 오존처리의 효과

MDF 첨가가 백판지의 필러층의 두께를 높이며, 내부결합강도 이외에는 강도적으로도 큰 문제가 없음을 본 연구의 저자들이 발표한 바 있다.¹⁾ 또한 평량을 줄이고도 우수한 백판지를 제조할 수 있는 가능성을 제시한 바 있다.¹⁾ Fig. 4는 MDF의 오존처리에 의해 강도적 성질을 크게 높인 결과를 보이고 있다. Y축의 100%는 OCC 미고해 치료의 물성을 나타내고 있다.

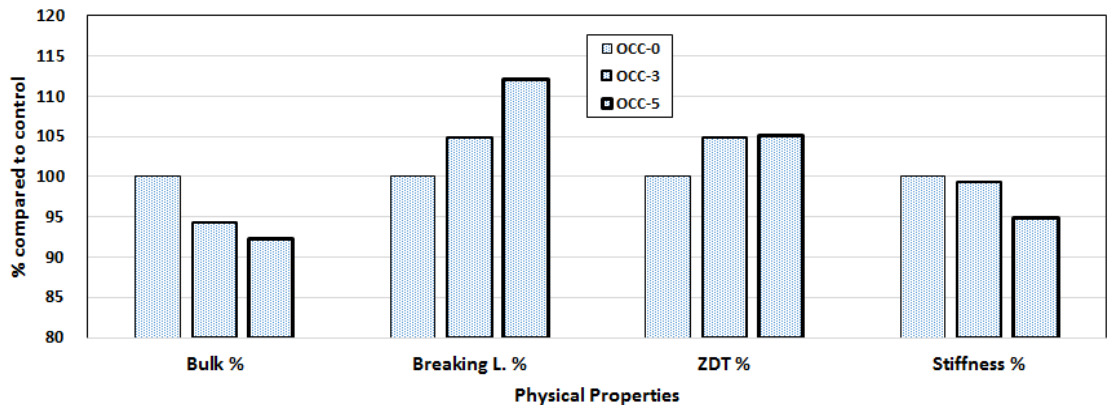


Fig. 3. Physical properties of OCC controls refined for 0, 3, and 5 min. (OCC-3: OCC refined for 3 min. in Valley beater)

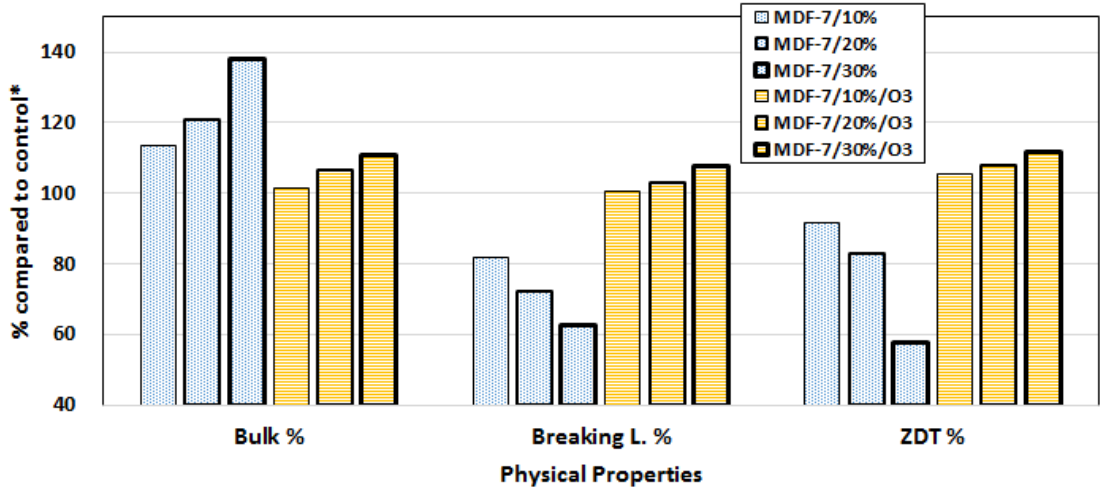


Fig. 4. Comparison of physical properties when ozone-treated MDF were used. (MDF-7/10%/O₃: ozone-treated MDF was refined for 7 min. and added 10%) *: Physical properties of OCC unrefined furnish are denoted as 100%

Fig. 4에서는 오존처리된 MDF를 사용하는 경우, 열단장과 내부결합강도가 증가하는 모습을 보이고 있었다. 하지만 벌크는 MDF를 30% 사용하여도 약 10% 정도 증가하는데 그쳤다. 오존처리가 되지 않은 MDF의 경우는 벌크가 약 40% 까지 증가하였지만, 열단장과 내부결합강도에서 기준 미달이 될 수 있었다. 그렇다면 오존처리된 MDF의 고해정도를 약간 낮추어서 비교해 보는 것도 가치가 있을 수 있다. Fig. 5는 오존처리

된 MDF를 5분간 고해처리하여 사용한 예이다. 그림에서 보면 오존처리된 MDF 섬유를 30% 사용하였을 때 벌크가 20% 이상 증가한 것을 볼 수 있었다. 다른 물성들은 대조구에 비해 높은 값을 모두 보이고 있었다. 탈수시간과 휨강성의 변화를 Fig. 6에서 보이고 있다. MDF 섬유를 첨가함에 따라 탈수시간은 급격히 저하됐으며, 휨강성은 약 20% 모두 증가된 모습을 보이고 있었다.

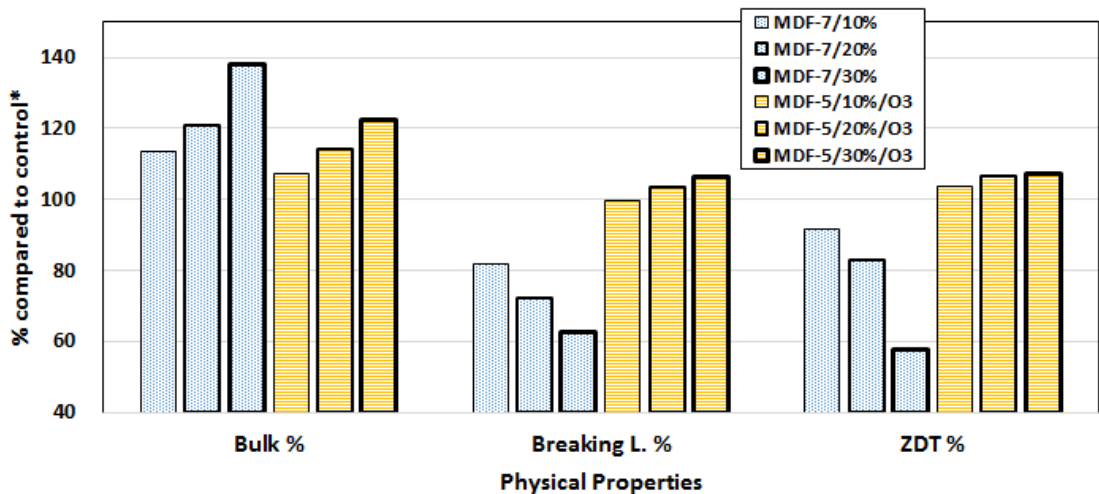


Fig. 5. Comparison of physical properties when ozone-treated MDF were used. (MDF-5/10%/O₃: ozone-treated MDF was refined for 5 min. and added 10%) *: Physical properties of OCC unrefined furnish is denoted as 100%

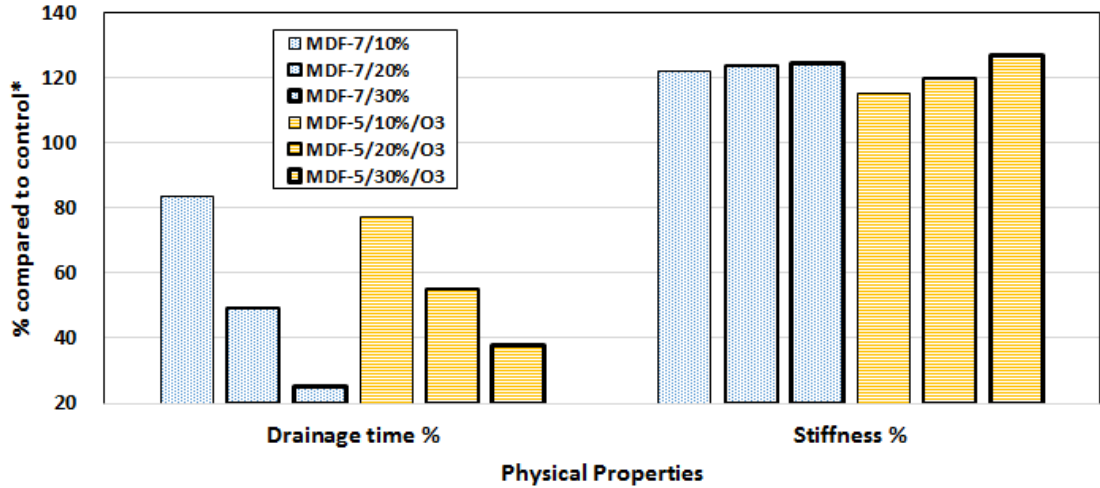


Fig. 6. Drainage time and stiffness when ozone-treated MDF were used. (MDF-5/10%/O₃: ozone-treated MDF was refined for 5 min. and added 10%) *: Physical properties of OCC unrefined furnish is denoted as 100%

Fig. 6에서는 휨강성의 경우 벌크의 향상에 비해 상대적으로 낮은 증가를 기록하였다. 왜냐하면 휨강성의 증가는 두께 증가의 3재품에 비례한 것으로 알려져 있기 때문이다.²⁾ 한 가지 짐작할 수 있는 것은 평량 200 g/m²의 두꺼운 판지를 Taber stiffness 측정기에서 양쪽 15°씩 휘어서 탄성적 성질인 휨강성을 측정하는 것은 무리일 수 있다는 것이다. 즉, 판지샘플이 15° 휘기 전에 이

미 탄성구간을 지났을 개연성이 존재하고 있다. 이러한 경우 휨강성이 적게 측정될 수밖에 없다. 본 연구는 휨강성의 측정방법을 개선하는 것이 목적이 아니므로 벌크의 증가에 주목하고자 하였다.

고해하지 않은 OCC 대조구를 OCC를 3분 고해한 것으로 바꾸었을 때의 결과를 Fig. 7에서 보이고 있다. 고해한 OCC를 사용하여 비교하여도 오존처리를 실시

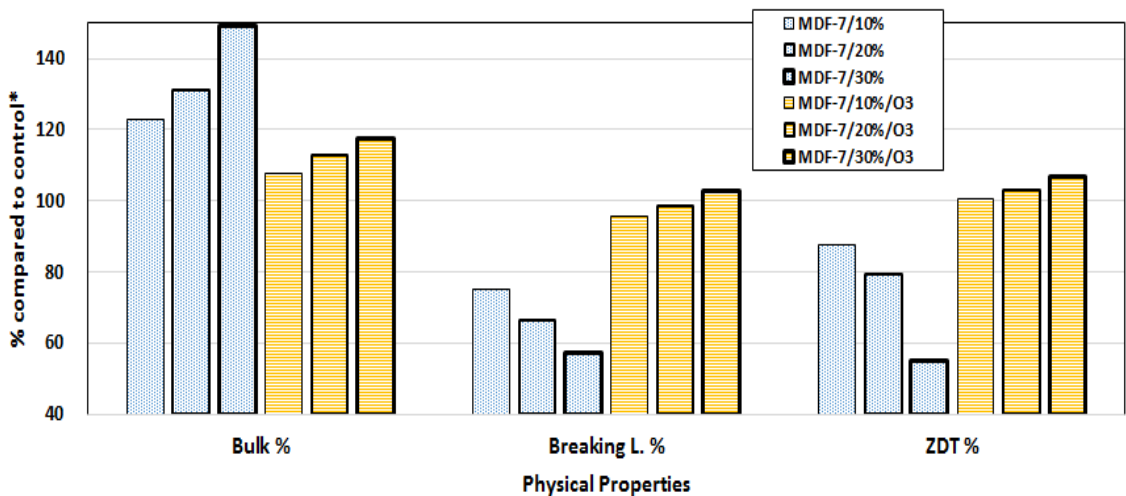


Fig. 7. Comparison of physical properties when ozone-treated MDF were used. (MDF-7/10%/O₃: ozone-treated MDF was refined for 7 min. and added 10%) *: Physical properties of OCC refined for 3 min. is denoted as 100%

한 MDF를 7분간 고해한 지료를 사용하는 경우, 열단장과 내부결합강도의 저하가 없다는 것을 그림은 보여주고 있었다. 오히려 벌크는 약 18% 증가하는 경향을 보였다. 오존처리를 하지 않은 MDF의 경우 열단장과 내부결합강도가 60% 이하로 떨어져서 실제 적용에 문제점을 노출하고 있었다.

3.4 OCC 고해효과 와 고형분 비교

Fig. 8은 압착공정이 지났을 때의 고형분을 서로 비교한 것이다. 고해를 실시하지 않은 OCC 지료에 비해 고해한 MDF를 첨가한 지료의 경우 고형분 양이 약간 증가하는 것을 볼 수 있었다. 하지만 오존처리를 실시한 MDF 섬유를 포함한 지료의 경우 고형분의 양이 급격히 줄어드는 것을 볼 수 있었다. 이는 오존처리에 의해 친수성그룹이 MDF에 급격히 늘어남으로서 수분이 MDF섬유에 훨씬 많이 흡착하게 되고, 그로인해 섬유간 결합을 증가시키지만 고형분 양이 줄어드는 현상을 피할 수는 없었다. 따라서 오존처리는 섬유간의 결합을 증대시키며, 벌크를 유지하는데 매우 유용하지만 고형분의 증대를 유도하여 건조에너지를 저감시키는 역할은 효과적이지 못함을 알 수 있었다. 하지만 오존처리에 의해 벌크와 강도를 증대시킴으로서 그만큼 펄러층의 평량을 줄일 수 있다면 최종적인 건조에너지에 있어서 저감의 효과도 기대할 수 있을 것으로 판단되었다.

MDF 섬유의 제조에는 디파이브레이터를 사용하

여야 하며 오존처리에는 여러 가지 시설이 추가적으로 필요한 것이 사실이다. 하지만 판지의 평량을 줄이고 건조에너지를 감소시킴으로서 그러한 에너지 소비와 시설비를 보완할 수 있을뿐더러 추가적인 경제적 이점을 제공할 수 있다. 더 나아가 가볍고 강도가 높은 새로운 종류의 판지를 제조할 수 있는 가능성을 본 연구는 제공하고 있다.

4. 결론

본 연구는 MDF 섬유를 이용하여 백판지의 펄러층의 벌크를 높이고, 휨강성을 높이고자 실시하였다. 그러한 경우 내부결합강도와 인장강도의 저하가 있었는데, MDF 섬유에 오존처리를 실시함으로써 벌크와 휨강성을 유지하는 가운데 열단장과 내부결합강도를 충분히 보완할 수 있었다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 오존처리를 실시한 MDF 섬유는 섬유간의 결합을 높임으로서 MDF 섬유를 사용할 때에 저하되는 인장강도와 내부결합강도를 크게 높일 수 있었다.
- MDF 섬유에 오존처리를 실시하는 경우 MDF 섬유의 벌크를 높이는 성질은 크게 줄어들지 않았으며 여전히 벌크를 높이는 성질을 유지하였다.
- 압착공정후의 고형분에 있어서 MDF에 오존처리를

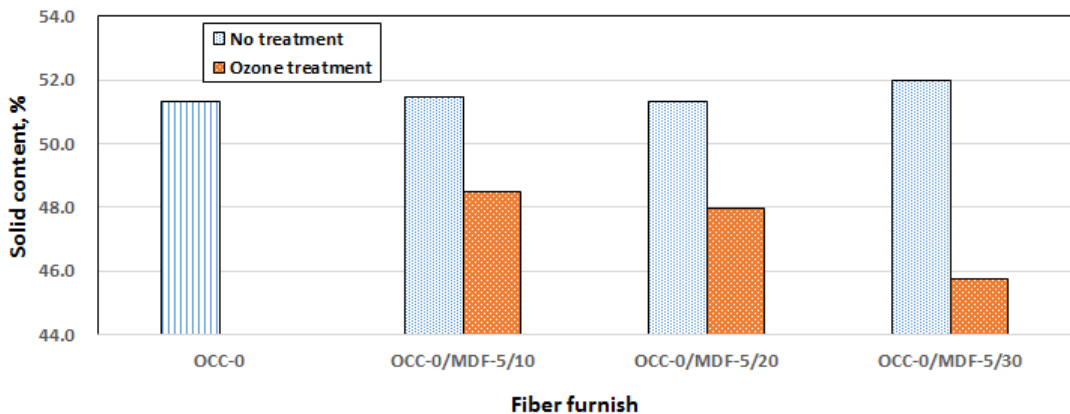


Fig. 8. Solid content of the MDF containing OCC furnishes. (OCC-0/MDF-5/10: unrefined OCC/MDF 5 min. refining/MDF 10% addition) *: Physical properties of OCC unrefined furnish is denoted as 100%

실시하는 경우 오존처리를 실시하지 않은 경우보다 고형분이 저하되는 경향을 보였다.

- 오존처리된 MDF를 백판지의 필러층에 사용하는 경우, 모든 물성을 만족시키며 평량의 감소를 유도할 수 있는 가능성이 충분하였다. 또한 벌크가 크며, 강도가 높고, 가벼운 새로운 종류의 판지를 개발할 수 있는 근거로 연구결과를 활용할 수 있을 것이다.

Literature Cited

1. Seo, Y.B., Kim, H.J., Improvement of bending stiffness in white duplex board by utilization of wood fibers from medium density fiberboard (1) Utilization of defibrated fibers, submitted to Journal of Korea TAPPI (2014).
2. Scott, W.E., Trosset, S., Properties of paper: an introduction, TAPPI Press: 64-67 (1989).
3. White duplex board, ed. by Board Commette of Korea Paper Association: 19-29 (1985).
4. 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).
5. Sung, Y.J., Lee, H.B., 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 (2011).
6. Kim, C.H., Lee, J.Y., Lee, Y.R., Chung, H.K., Back, K.K., Lee, H.J., Gwak, H.J., Gang, H.R., Kim, S.H., Fundamental study on developing lignocellulosic fillers for papermaking(II), Journal of Korea TAPPI 41(2): 1-6 (2009).
7. Shin, T.G., Kim, C.H., Chung, H.K., Seo, J.M., Lee, Y.R., Fundamental study on developing lignocellulosic fillers for papermaking (I), Journal of Korea TAPPI 40(2): 8-15 (2008).
8. Kim, H.H., Kim, C.H., Seo, J.M., Lee, J.Y., Kim, S.H., Park, H. J., Kim, G.C., Use of modified lignocellulosic fillers to improve paper properties, APPITA 64(4): 338-343 (2011).
9. Yoon, M.S., Yoo, H.J., Jung, C.H., Park, J.M., Color supplementation of base paper for coating after wood-en fillers addition, Journal of Korea TAPPI 44(1):24-30 (2012).
10. Hwang, I.Y., Lee, Y.H., Jung, J.G., Sung, Y.J., Seo, Y.B., Application of spacers for increasing OCC solid content in wet pressing process (I), Journal of Korea TAPPI 44(4):1-7 (2012).
11. Hwang, I.Y., Ji, S.J., Seo, Y.B., Use of calcium carbonate for improving solid content of KOCC wet web, Journal of Korea TAPPI 45(6): 1-9 (2013).
12. Xu, Y.F. and Deng, Y.L., Retention of precipitated calcium carbonate in old corrugated container furnishes, TAPPI Journal 82(8): 121-126 (1999).
13. Yoon, S.L., The beating properties of high yield pulp treated with ozone (II), Journal of Korea TAPPI 34(4): 22-29 (2002).
14. Lemeune, S., Jameel, H., Chang, H.M., Kadla, J.F., Effects of ozone and chlorine dioxide on the chemical properties of cellulose fibers, J Appl Polym Sci 93: 1219 - 1223 (2004). doi 10.1002/app.20509.
15. Kim, K.J., Eom, T.J., Chemical characteristics of ozone treated aspen wood meal, Journal of Korea TAPPI 43(1): 29-35 (2011).