

제지슬러지와 신문고지를 이용한 MDF의 제조 및 물성*1

김 봉 용*2

Manufacture and Its Properties of MDF Using Paper Sludge and ONP*1

Bong-Yong Kim*2

ABSTRACT

This study was carried out to utilize old newspaper(ONP) and paper sludge more effectively, and also to elucidate the influences of pressing conditions on the medium density fiberboard(MDF) properties. MDFs were made from ONP and low grade of paper sludge by wet process with change of pressing time, temperature and pressure. MDFs of ONP were more affected by pressing conditions, especially pressing pressure, but temperature and pressing time were also important.

According to mixing paper sludge to ONP, tensile and bending strength of MDF were decreased, but density and dimensional stability were improved. These results indicated that some physical properties of MDF can be improved by paper sludge and it is possible to use it in MDF.

Keywords : Medium density fiberboard, old newspaper, paper sludge, tensile strength, dimensional stability

1. 서 론

미국에서 1965년도에 처음으로 생산하기 시작한 MDF(중밀도섬유판)는 그동안 고질적인 문제점인 원료 처리, 제조방법, 공정 및 설비 등의 기술적인 문제점의 보완과 용도확대에 의하여 최근까지 전세계적으로 수요 및 생산이 급증하고 있다. 특히 가구용 판상제품으로 필수불가결한 소재인 MDF는 목재자원의 리사이클이용, 폐목질 자원의 활용에 의한 환경적 측면 뿐만 아니라 제품자체의 물성이 균일하고 가공성이 우수하며 또한 다양한 방법에 의한 고내구성 및 다기능성의 복합재료화가 가능하여 급후 목질판상 제품의 주역으로 주목받고 있다.

그러므로 우리나라의 이러한 MDF공업과 목질산업의 경쟁력 향상을 위한 가장 근본적인 대책 중의 하나는 저가이고 양질의 원료를 장기적으로 안정하게 확보하는 것이라고 할 수 있다. 우리나라에서는 1986년에 동화기업에서 MDF를 처음 생산을 시작한 이래 공장의 신설, 증설에 의하여 매년 생산량이 급증하고 있다. 그러나 현재 국내의 MDF공장에서 사용하고 있는 목질원료는 수입 칩업수의 폐재가 대부분이며 일부 수입원목 및 국산 소나무류가 혼용되고 있으나 저급원료인 폐목재의 구입난으로 제품의 경쟁력이 약화되고 있는 실정이다. 이러한 상태에서 비목질섬유, 폐목재 및 폐지 등을 이용하는 MDF용 원료섬유의 다양화는 시급한 문제가 아닐 수 없다. 특히 폐지는 수집이 용이하고 양이 비교적 많으며 저가이고

*1 접수 1997년 1월 25일 Received January 25, 1997

*2 경북대학교 농과대학 College of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

원료화가 용이하나 품질상의 문제점으로 사용량이 미미하고, 또한 제지공장에서 다량으로 나오는 슬러지도 대부분 섬유상 물질임에도 불구하고 재활용이 극히 일부분이며 대부분 소각 및 매립되고 있는 실정이다. 최근 Bryant(1994)는 섬유관의 원료를 펄프용재나 원목대신 폐지로 대체할 것을 제안하였으며 Lee 등(1994), Park 등(1993) 및 Takara 등(1994)은 여러종류의 고지 및 복합소재로부터 섬유관을 제조하는 연구를 하였다. 따라서 본 연구에서는 폐자원인 제지슬러지와 ONP(신문고지)를 이용하여 원료의 혼합비율과 제조조건에 따른 MDF의 기본물성의 변화를 비교, 검토하여 원료의 다변화 및 기술적인 문제점 해결의 기초자료로 활용하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 원료섬유

본 실험에 사용한 MDF제조용 원료섬유로서는 발행일이 1개월 정도 경과된 국산 신문고지(회분 2.6%)와 경상북도 경산의 골심지 원지 공장인 K제지에서 분양받은 하품의 제지슬러지(회분 9.2%)를 사용하였다.

2.2 MDF의 제조

표준해리기에서 5% 농도로 각각 해리한 신문고지와 제지슬러지를 원료섬유로 하여 자체 제작한 열압프레스를 이용하여 15cm×15cm크기의 MDF를 표1과 같은 조건으로 다양한 습식 MDF를 제조하였다.

2.3 MDF의 물성시험

인장강도와 휨강도의 측정은 대영정밀에서 제조한 DYMV-1TD형식의 인장(압축)강도 측정기를 사용하였다. 측정용 MDF 시편은 25×140mm의 크기로 제작하여 측정기가 10mm/min.의 속도로 정속 인장, 압축하였을

경우의 최대 하중치로 구하였다. 특히 휨강도는 시편을 옆으로 놓혀 중앙부분을 압축하여 시편이 휘어지면서 파괴되는 시점의 최대 하중치로 하였다. 또한 MDF의 두께팽창율은 시편을 상온의 물에 24시간 침적 후 침적전 후의 두께를 측정하여 계산하였으며 각 실험 공회 7회 반복하여 최대, 최소치를 제외하고 평균 하였다.

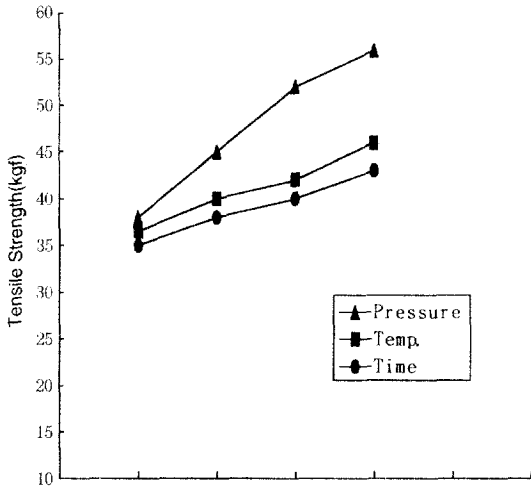
3. 결과 및 고찰

3.1 제조조건과 강도물성의 변화

MDF의 제조조건 중 가장 중요한 요건인 압착조건에 따른 인장강도와 휨강도의 변화를 그림 1~5 까지 표시하였다. 그림 1과 그림 3은 ONP 100%를 사용하였을 경우이고 그림 2와 그림 4는 슬러지 20%와 ONP 80%를 혼합하였을 경우이며 그림 5는 슬러지 양의 증가에 따른 인장강도, 휨강도의 변화를 나타내고 있다. 그림 1, 그림 2의 경우를 보면 압착조건, 즉 압력, 온도 및 압착시간이 증가함에 따라 전반적으로 MDF의 인장강도가 서서히 증가하는 경향을 나타내고 있다. 본 실험조건 범위 내에서는 ONP 100% 및 슬러지 20% 첨가원료의 MDF가 공회 압력의 변화에 따른 인장강도의 변화가 비교적 민감하였으며 특히 ONP 100%의 경우가 슬러지 20% 첨가의 경우보다 더욱 민감하였다. 이러한 원인은 펄프섬유의 특성, 즉 ONP와 비교하여 제지슬러지의 높은 회분함량(9.2%)과 장기간의 자연열화로 섬유 펄브릴 부분의 손상, 각질화에 의한 유연성의 저하 등에 기인되는 것으로 사료된다(Ernst *et al.*, 1963). 이러한 결과를 보면 원료섬유는 생산 후 경과기간이 적고 버진펄프에 가까울수록 압착조건 중 특히 압력조건에 따른 강도변화가 클 것으로 판단되며 신문고지 등도 가능하면 오래 묵히지 않고 빨리 사용하는 고지관리 및 수급시스템이 필요 하겠으며 압력조건의 조절에 세심한 주의가 요망된다고

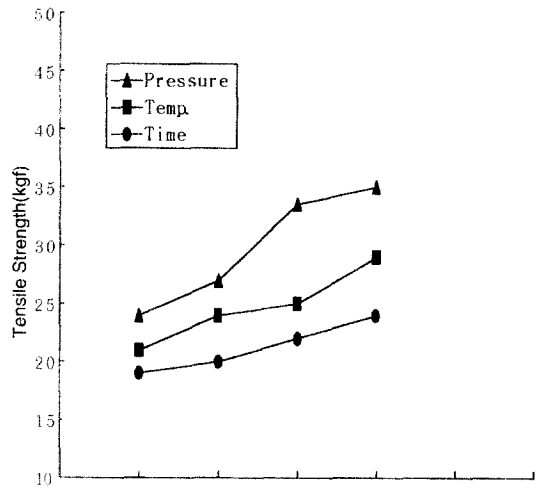
Table 1. Manufacturing conditions of MDF.

	Variable conditions	Fixed conditions	Remarks
Pressure (kg/cm ²)	20, 30, 40, 50	Temp. : None Press time : 5min.	Mixing ratio(%) 1. ONP = 100
Temperature(°C)	40, 60, 80, 110	Pressure : 30kg/cm ² Press time : 5min.	2. ONP : Sludge = 80 : 20
Press time (min.)	5, 10, 15, 20	Temp. : None Pressure : 30kg/cm ²	
Mixing ratio(%) (ONP : Sludge)	90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40	Temp. : 60°C Pressure : 30kg/cm ² Press time : 10min.	



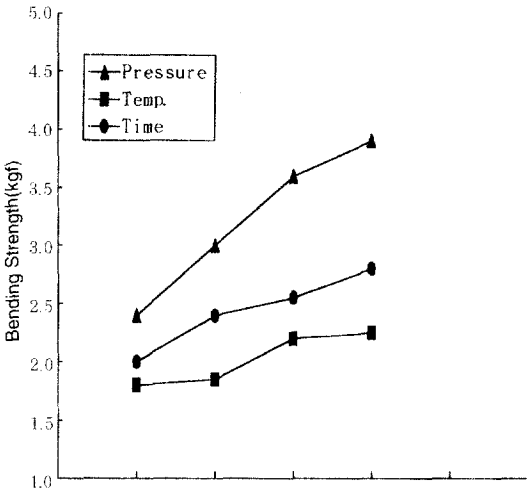
20 30 40 50 : Pressure (kg/cm²)
 40 60 80 100 : Temp (°C)
 5 10 15 20 : Time (min)

Fig 1 Effect of pressing conditions on the tensile strength of fiberboard using paper sludge 20% and ONP 80%.



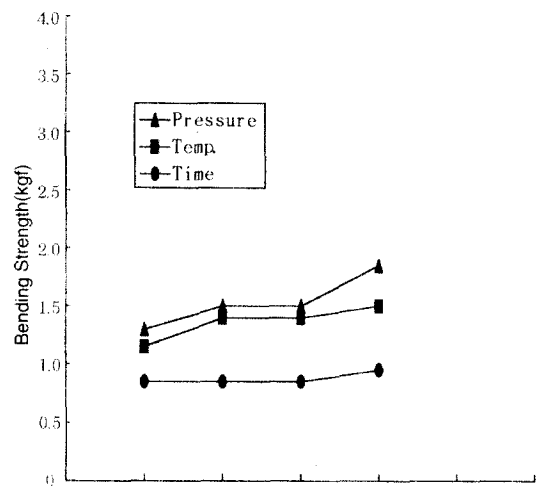
20 30 40 50 : Pressure (kg/cm²)
 40 60 80 100 : Temp (°C)
 5 10 15 20 : Time (min)

Fig 2. Effect of pressing conditions on the tensile strength of fiberboard using paper sludge 20% and ONP 80%.



20 30 40 50 : Pressure (kg/cm²)
 40 60 80 100 : Temp (°C)
 5 10 15 20 : Time (min)

Fig 3. Effect of pressing conditions on the bending strength of fiberboard using ONP 100%.



20 30 40 50 : Pressure (kg/cm²)
 40 60 80 100 : Temp (°C)
 5 10 15 20 : Time (min)

Fig 4. Effect of pressing conditions on the bending strength of fiberboard using paper sludge 20% and ONP 80%.

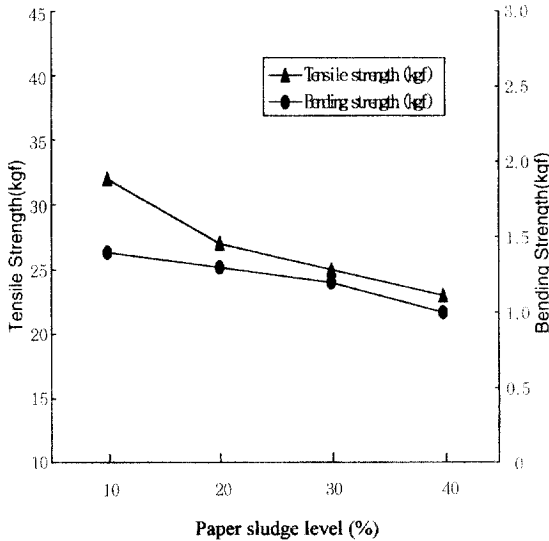


Fig 5. Effect of paper sludge level on the tensile and bending strength of fiberboard.

하겠다. 그림 3, 그림 4는 휨강도의 변화상태를 표시하고 있다. 인장강도의 변화와 거의 비슷한 양상으로 ONP 100%의 경우가 압력조건에 휨강도가 비교적 민감하였다. 그러나 슬러지를 20% 첨가하였을 경우 휨강도의 변화는 ONP 100% 보다 상당히 적었으며 이것은 높은 회분함량과 낮은 두께에도 기인하는 것으로 사료된다.

그림 5는 슬러지 첨가량에 따른 인장강도, 휨강도의 변화를 보여주고 있다. 슬러지의 첨가량이 많아짐에 따라 강도가 서서히 감소하며 휨강도 보다는 인장강도의 저하율이 크다. 그러므로 특히 높은 인장강도가 요구되는 MDF는 회분함량이 많은 슬러지가 나쁜 영향을 미치므로 슬러지의 혼합에 신중을 기하여야 하겠다.

3.2 밀도와 두께팽창율의 변화

원료별 제조조건에 의한 두께 팽창율의 변화를 그림 6~10에 표시하였다. 그림 6, 그림 7은 ONP 100%, 슬러지 20% 첨가원료의 압착조건에 의한 MDF의 밀도변화를 나타내고 있다. 공히 압력, 온도 및 압착시간의 증가에 따라 밀도가 상당히 증가하고 있음을 보여주고 있다. 일반적으로 밀도는 섬유판의 모든 성질과 관련이 있으며 특히 강도적 성질과는 밀접한 관련이 있다. 밀도가 증가함에 따라 인장강도, 휨강도 및 탄성계수가 직선적으로 증대하고 내수성도 개량되는 장점을 가지고 있으나 섬유판 자체의 무게가 무거워지고 두께방향의 밀도경사

가 커지며 동량의 수분이 침투하였을 경우에는 두께팽창이 커져 치수 안정상의 문제점도 생기게 된다(Kollmann *et al.*, 1975). 본 실험 범위내에서는 압력, 온도, 압착시간의 증가에 따라 밀도의 비슷한 증가율을 보이고 있는 것으로 보아 섬유판의 밀도 및 강도향상을 위하여서는 압력 못지않게 온도, 압착시간의 변수도 중요하다는 사실을 알 수가 있겠다. 그림 8, 그림 9에는 24시간 물에 침적한 후의 제조조건에 따른 두께 팽창율을 나타내었다. 섬유판의 흡수량이 증가하면 강도가 하락하고 두께가 팽창하는 등의 치수 안정성이 불안해지므로 가능하면 내수성을 증가시켜 수분의 침투를 차단하여야 하며 일단 침투된 수분에 대해서는 강도 및 치수 안정성의 저하에 미치는 영향의 최소화가 요구된다. 이러한 관점에서 두께 팽창율의 변화상태는 강도 및 치수 안정성을 평가하는 중요한 인자가 될 수 있다. 그림 8, 그림 9에서 알 수 있는 바와 같이 원료별 공히 압착조건에 상응에 따라 두께팽창율이 서서히 저하되고 있는 경향을 보이고 있다. 이것은 압착조건에 상응에 따라 밀도가 증가하므로 섬유판의 내수성 증대로 인한 침투 수분량의 감소에 기인된 결과로 판단된다. 한편 슬러지 20%를 첨가한 MDF의 경우가 두께 팽창율의 저하가 조금 크고 압력의 영향을 많이 받는 것은 미세섬유 및 회분함량이 많은 저급의 제지슬러지 원료와 관련이 있는 것으로 사료된다.

그림 10에는 슬러지 첨가량의 증가에 의한 두께 팽창

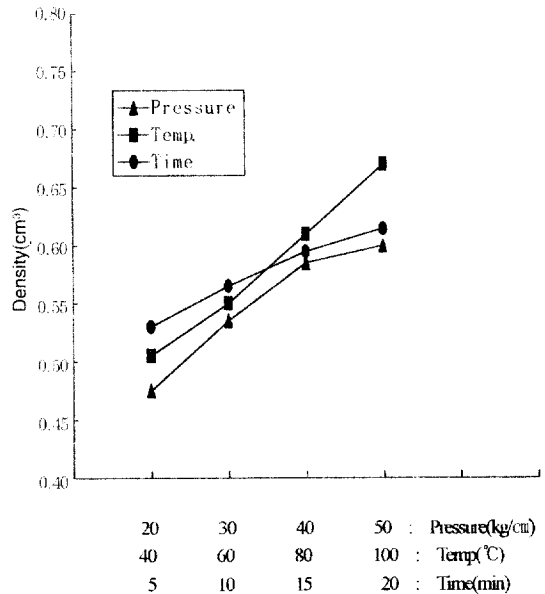


Fig 6. Effect of pressing conditions on the density of fiberboard using ONP 100%.

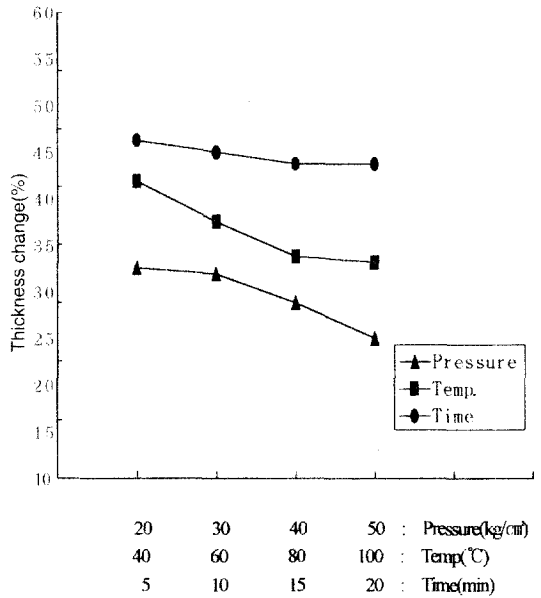
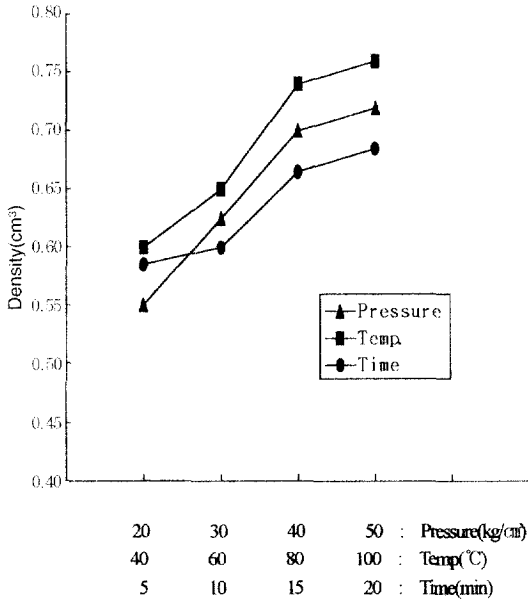


Fig 7. Effect of pressing conditions on the density of fiberboard using paper sludge 20% and ONP 80%.

Fig 8. Effect of pressing conditions on the thickness of fiberboard after soaking 24hrs. in water using ONP 100%.

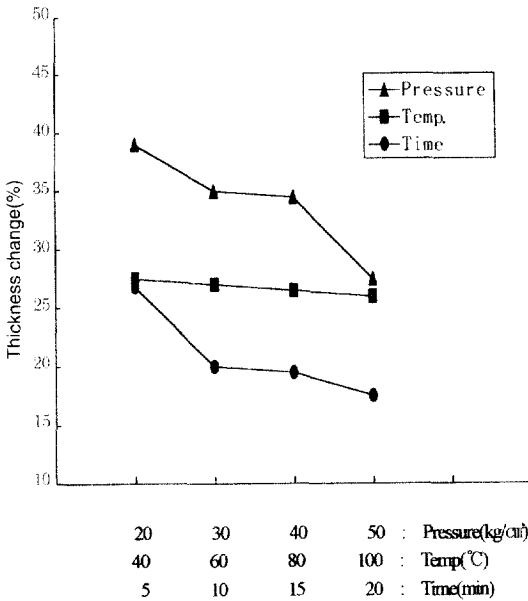


Fig 9. Effect of pressing conditions on the thickness of fiberboard after soaking 24hrs. in water using paper sludge 20% and ONP 80%.

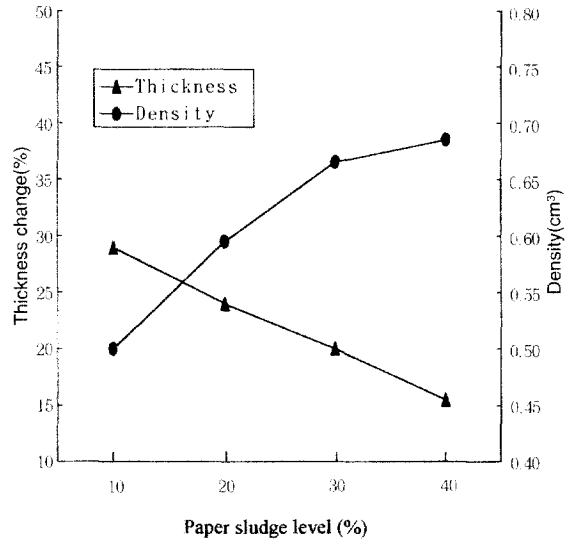


Fig 10. Effect of paper sludge level on the thickness after soaking 24hrs. in water and the density of fiberboard.

올과 밀도의 변화를 나타내고 있다. 섬유판의 밀도는 슬러지의 침가량이 많아짐에 따라 서서히 증가하는 경향을 보이고 있으며 24시간 물에 침적 후의 두께팽창율은 감소하고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 경향은 저품질의 제지슬러지라도 적절한 사용에 의해 섬유판의 치수 안정성 향상과 밀도의 증가에 따른 품질향상에 기여할 수 있음을 시사하고 있다.

4. 결 론

MDF 원료섬유의 다양화와 폐자원 유효활용의 기술적 검토의 일환으로 용도가 한정되어 있는 ONP와 활용율이 극히 제한되어 대부분 매립, 소각되어지는 제지슬러지를 이용하여 제조조건에 따른 다양한 종류의 MDF를 제조하여 원료, 제조조건에 따른 MDF의 물성 및 두께 팽창율에 의한 치수 안정성을 검토하였다. MDF를 제조할 경우 ONP 원료섬유가 제지슬러지보다 압착 조건에 따른 강도물성의 변화가 컸으며, 특히 압력조건에 민감하였다. 또한 MDF의 밀도 및 강도향상을 위하여서는 압력조건 못지않게 압착시간, 온도도 중요한 변수가 될 수 있다는 사실을 알 수 있었다. 저급의 제지슬러지를 사용하면 제조조건에 비교적 덜 민감하고 강도적 성질의 저하를 초래하나 적절한 사용에 의해 두께 팽창율의 저하에 의한 치수 안정성과 밀도를 증가시킬 수 있어 품질향상의 효과도 기대할 수 있겠다. 이러한 결과로 ONP와 특히 제지슬러지가 MDF 원료섬유로서의 사용 가능성을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Eryant, B. S. 1994. Repulping pulp wood and solid wood residues with waste paper for

veneer and fiberboard panels. Proposal No. 93-00002. Noble Franklin Corporation, CA, USA

2. Lee, B. G. and S. Y. Lee. 1994. Thin hard-board manufacture from waste lignocellulosic papers as overlay substitutes in low grade plywood and particle board panels. *Mokchae Konghak* 22(4) : 19~25

3. Park, J. Y. and S. A. Seo. 1993. Performances improvement of MDF by combining with various nonwood material. *The Korean Forestry Research Institute Research Reports* 47 : 35~38

4. Takara, S. *et al.* 1994. Utilization of waste paper(1) - Fiberboard from waste paper -. *Japan Tappi* 48(10) : 93~99

5. Ernst, L. B. and L. O. Klinga. 1963. Reactions in dimensional stability of paper and fiber building board by heat treatment. *Svensk Papperstidning* 19(5) : 745~753

6. Kollmann, F. P., E. W. Kuenzi and A. J. Stamm. 1975. Principles of Wood Science and Technology : 613~622

7. Tomimura, Y. *et al.* 1994. Dry process fiberboard from ozone-treated waste paper made of high-yield pulp. *Mokuzai Gakkaishi* 40(6) : 656~660

8. Zhang, M. *et al.* 1995. Manufacture and properties of composite fiberboard. *Mokuzai Gakkaishi* 41(10) : 903~910