

폐MDF폭쇄섬유로부터의 MDF제조

Manufacture of Medium Density Fiberboard from Exploded MDF Waste

이화형 · 서인수 · 조윤민 · 박한상

폐MDF폭쇄섬유로부터의 MDF제조*

이화형·서인수·조윤민·박한상**

Manufacture of Medium Density Fiberboard from Exploded MDF Waste

Hwa-Hyoung Lee·In-Su Seo·Youn-Min Cho·Han-Sang Park**

목 차

- | | |
|---------------|----------------|
| 1. 서론 | 3. 결과 및 고찰 |
| 2. 재료 및 실험 방법 | 3.1 물리적 성질 |
| 2.1 공시 재료 | 3.2 기계적 성질 |
| 2.2 실험 방법 | 3.3 포름알데히드 방산량 |
| | 4. 결론 |
| | 5. 참고 문헌 |

ABSTRACT

This study was carried out to displace traditional virgin wood fiber by exploded MDF-waste fiber for the manufacture of medium density fiberboard. MDF waste was exploded in condition of 215°C, 20 minutes. The higher the mixing ratio of exploded MDF-waste fiber, the lower the MOR and IB of MDF. There was no difference of formaldehyde emission by desiccator method between virgin wood fiber and exploded MDF-waste fiber. Adding 25% of exploded MDF-waste fiber met the KS of MDF 15 type.

keywords : MDF, MDF waste, exploded MDF fiberr

* 본 연구는 농림기술사업의 지원에 의하여 수행되었음

** 충남대학교 임산공학과, Department of Forest, Chungnam National University, Daejeon 305-746, Korea

1. 서론

한국의 목질보드 산업발전은 실내 환경 및 기후 협약에 대비한 인체 친화적인 신제품과 새로운 기술개발 그리고 국제경쟁력 강화, 에너지 절약 공정 개발 및 생산성 향상 등에 따른 만반의 준비와 대응책 확보뿐만 아니라 안정적인 보드 산업을 위해서 원료확보가 무엇보다 시급히 필요하다.

더욱이 교토의 정서 기후 협약의 대비를 위해서는 산림 사업뿐만 아니라 목재 및 목질재료의 재활용을 통한 이산화탄소 절감방법이 무엇보다 필요하다.

현재 한국에서 하루에 폐기되는 목질계 폐기물은 Table 1과 같이 6000톤에 이른다. 이 중에서 생활계 폐목재는 2454톤 중 62톤만이 재활용되고 1.228톤이 매립되고 1163톤이 소각되고 있다.

Table 1. Wood waste in 2004(ton/day)

	reclamation	cremation	recycle	total
residential sector	1228.7	1163	62.5	2454.2
commercial activities	9.6	509.1	566.8	1085.5
construction	262.5	876.8	1394.4	2533.7
total	1500.8	2548.9	2023.7	6073.4
percentage	24.7%	42%	33.3%	100%

하지만 매립은 매립부지 절약 차원에서 현행법령으로 반입되지 않고 있으며, 소각 또한 타 쓰레기와 발열량 차이로 고비용의 로를 상하게 할 수 있어 실제로 외면되고 있는 실정이다. 이러한 폐기는 경제적인, 환경적, 그리고 자원적인 측면에서 볼 때 크나큰 낭비이다. 현재 목질계 폐잔재중에서 재활용이 가장 떨어진 생활계 폐잔재의 분포를 보면 MDF40%, PB30%, 합판 15%, 원목 15%로 되어있다.¹⁾ 폐기물의 재활용면에서 미국의 경우 집착제가

포함된 PB, MDF는 최대 2%까지만 허용한 것으로 목질 폐잔재 가공업자들이 추정하고 있다.

지금까지 목질 폐기물의 재활용을 보면, 사업장에서 나온 Pallet등의 우수한 폐기물은 MDF나 PB용으로 사용되고 있으며, 외국에서는 Shaving이나 톱밥을 이용하여 MDF를 만드는 것이 보고되고 있다. 폐MDF폐잔재에 관한 연구는 MDF재단 공정에서 부산되는 폐재를 회수하여 다시 Chipping, 증기처리, 해섬 공정을 거쳐 제품화했지만, 질이 떨어진 것으로 보고하고 있으며, Chipping후 햄머밀로 2차 파쇄하여 재생보드를 만들었으나 힘강도는 반으로 감소됨을 보고하였다.²⁾

따라서 본 연구는 이러한 폐MDF를 기존의 방법과 달리 Chipping한 후 폭쇄처리하여 MDF를 제조하여, 물리·기계적인 성질을 알고 그 재활용의 가능성을 알아보려고 하였다. 그리고 파이버의 표면에 리그닌이 보다 풍부하게 하여 포름알데히드와의 반응성을 알고, 폐잔재와 섬유를 혼합한 MDF의 제조가능성을 알아보려고하였다.

2. 재료 및 실험방법

2.1 공시 재료

2.1.1 소나무파이버(섬유)(Fig1)

MDF를 제조하기 위하여 사용한 목재섬유는 인천소재D사에서 Defibrater로 제조한 소나무(Pinus densiflora Sieb. et Zucc)목재섬유(Fiber)를 분양받아 사용하였다. 목재섬유의 길이는 2.5~3mm, 폭은 0.04~0.05mm이었고, 기건 함수율은 8%±0.32였다.

2.1.2 MDF 폐잔재 폭쇄처리(Fig1)

시중에서 사용했던 가구용이나 판상용으로

1) 2004년 환경부 폐기물(폐목재) 통계 자료

2) 2004년 목재 공학회 추계 학술 논문 발표집. 한태영등이 보고

사용했던 MDF를 폭쇄처리 하여 사용하였다. 폭쇄처리 조건으로는 Chipper를 이용해서 칩으로 만든 후 폭쇄처리(215℃, 20min)하여 40mesh크기 이하 통과 분을 사용하였다. 폭쇄처리분의 길이는 0.5~0.6mm, 폭은 0.04~0.05mm이었다.

2.1.3 접착제

E2용 요소수지(NVC55%)는 현재 인천소재 S사에서 분양받아 사용하였다.

2.1.4 경화제

경화제는 10%염화암모늄(NH₄Cl) 수용액을 제조하여 사용하였다.

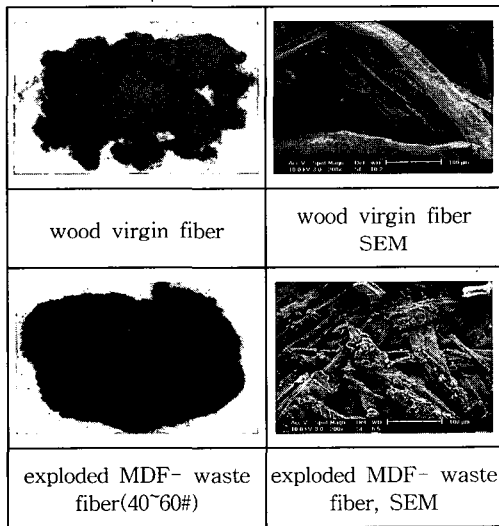


Fig 1. Wood virgin fiber and exploded MDF-waste fiber

2.1.5 내수제

제조된 MDF의 물리적 성질 등을 개선하기 위하여 Paraffin Wax Emulsion(NVC44%)을 사용하였다.

2.1.6 포름알데히드 방출 시험용 시약

포름알데히드 방산량 측정 시험용 시약으로 초산암모늄, 빙초산, 아세틸아세톤을 사용하였으며, 포름알데히드 표준원액의 검정에는 0.1N

요오드용액, 1N수산화칼륨, 1N황산수용액, 0.1N 티오황산나트륨을 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 MDF폐잔재 제조

폐잔재를 이용한 MDF를 제조하기 위하여 MDF 2.1.2와 같이 폐잔재를 폭쇄처리하여 제조 하였다. 폭쇄처리한 MDF 섬유를 Screen을 통하여 40mesh보다 작은 분을 이용하였다.

2.2.2 목질섬유-폐MDF폭쇄섬유 혼합보드의 제조

목질섬유와 폐MDF폭쇄섬유의 혼합보드를 제조하기 위하여 건식공정으로 Fiber와 폐MDF폭쇄섬유를 혼합하여 보드를 밀도 0.8g/cm³을 목표로 제조하였다. 목재섬유와 폐MDF폭쇄섬유 혼합비를 100:0, 90:10, 75:25, 50:50 4조건으로 하였다. 그리고 접착제는 목재섬유의 건건중량당 13%, 내수제(Paraffin Wax Emulsion)는 접착제 요소수지의 고형분당 8%, 경화제(NH₄Cl)는 접착제 요소수지 고형분당 2.8%로 하였다.



Fig 2. Fiber Blower

목재섬유와 폐MDF폭쇄섬유와 접착제를 잘 혼합하기 위하여 실험실에서 자체 개발한 파이버 분산기(Fig 2)를 사용하였다.

분산기로 혼합 한 목재섬유와 폐MDF폭쇄섬유를 40cm×40cm 크기로 된 Forming box에 넣어 0.9cm 두께와 0.85g/cm³를 목표 밀도로 하여, 열압온도 170℃, 압력(시간)은 30kg/cm²(120sec)-20kg/cm²(180sec)의 건식열압 방법으로 MDF를 제조 하였다.(Fig3)

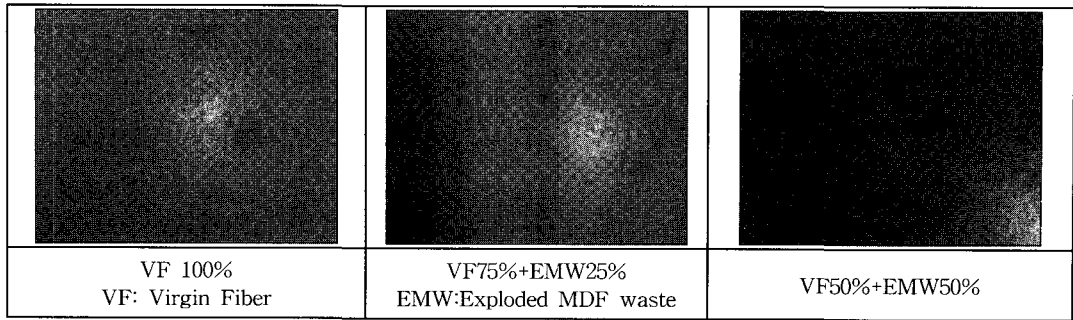


Fig 3. Medium Density Fiberboard (E2type)

2.2.3 포름알데히드 방산량 측정

제조한 MDF와 겸하여 원목재섬유만으로 제조한 MDF(control)와 원목재섬유와 폐MDF 폭쇄섬유를 혼합하여 제조한 MDF를 KS F 3200에 의한 데시케이터법을 사용하여 100:0, 90:10, 75:25, 50:50 4가지 조건으로 하여 측정하였다.

2.2.4 MDF의 물리적 성질 조사

제조된 MDF의 비중, 함수율, 흡수두께팽윤율과 같은 물리적 성질은 KS F 3200(섬유판)에 의거하여 측정하였다.

2.2.5 MDF의 기계적 성질 조사

제조된 MDF의 휨강도, 박리강도는 KS F 3200(섬유판)에 따라 영국Houndsfield사에서 제작한 만능강도시험기 QMAT를 사용하여 측정하였다.

2.2.6 포름알데히드 방산량 조사

포름알데히드 방산량은 데시케이터법을 이용하여 KS F 3200(섬유판)에 준하여 Shimadzu사의 UV-spectrophotometer를 사용하였다.

2.2.7 통계처리

각 조건별로 4반복으로 제조한 제품의 물리·기계적 성질에 대하여 통계적인 유의성을 알아보기 위하여 던컨의 신 다중 검정법(Duncan's new multiple range test)으로 통계 분석 하였다

3. 결과 및 고찰

3.1 물리적 성질

MDF 제조후, 목재 섬유와 폐MDF폭쇄섬유의 비율에 따른 MDF의 물리적 성질은 Table 2와 같다. 폐MDF폭쇄섬유 첨가 시 두께팽윤율은 큰 차이가 없었으나, 함수율은 폐MDF폭쇄섬유 첨가 후 낮아졌고, 밀도가 다소 떨어지고 흡수율이 약간 높아졌다. 폐MDF폭쇄섬유를 50%를 첨가 하였을 시 밀도가 0.72g/cm³로 밀도의 감소가 나타났으며 폐MDF폭쇄섬유의 첨가는 흡수율을 약간 증가시키는 경향을 나타냈다.

3.1.1 밀도

제조된 목질섬유-폐MDF폭쇄섬유 혼합보드 모두가 KS F 3200의 중밀도 섬유판 제조 조건과 맞게 제조 되었다. 폐MDF폭쇄섬유를 첨가한 경우를 보면, 폐MDF폭쇄섬유를 25% 이용 시 까지는 밀도의 차이가 거의 없었지만, 50%로 활용하였을 경우에는 목표밀도 0.85g/cm³에 비하여 0.1g/cm³에 가까운 밀도의 감소를 보였다.

3.1.2 함수율

제조한 보드 모두가 KS F 3200(섬유판)의 규격인 5~13%를 보여 모두 만족하였다. 폐MDF폭쇄섬유가 첨가되면서 함수율은 virgin fiber만으로 제조한 경우 보다 낮아졌지만, 던

Table 2. Physical properties of MDF along with exploded MDF waste

Control	Density (g/cm ³)		MC (%)		TS (%)		WA (%)	
	AVERAGE	DUN	AVERAGE	DUN	AVERAGE	DUN	AVERAGE	DUN
Fiber100%	0.85±0.03	B	6.64±0.12	B	11.02±2.280	A	14.64±2.145	A
Fiber90%+ EMW*10%	0.83±0.005	B	5.83±0.54	A	11.76±1.993	A	26.39±0.896	B
Fiber75%+ EMW25%	0.82±0.007	B	5.79±0.201	A	10.78±2.331	A	22.58±6.298	A
Fiber50%+ EMW50%	0.72±0.014	A	5.46±0.375	A	10.71±1.211	A	25.45±2.736	AB

*EMW: Exploded MDF waste, TS: Thickness Swelling, WA: Water Absorption

컨 검정으로 볼 때 EMW첨가량과 비례하여 크게 감소하지는 않았다.

3.1.3 흡수율과 두께 팽윤율

Table2에서 두께 팽윤율은 모두 KS F 3200 (12%이하)을 만족하였다. 오리지널 Fiber100%로 만든 MDF의 흡수율은 낮고 두께 팽윤율은 약간 높았다. 그리고 폐MDF폭쇄섬유가 첨가되었을 때 두께 팽윤율이 낮아졌는데, 이는 Fig1과 같이 폐MDF폭쇄섬유가 절단되어 섬유길이 짧고, 폭쇄되었기 때문으로 판단된다. 흡수율도 폭쇄의 영향으로 높아진 것으로 보인다.3)

3.2 기계적 성질

목질섬유와 폐MDF폭쇄섬유 혼합보드의 기계적성질은 Table3에서 보여 진다. Control (Fiber 100%)에 비해 폐MDF폭쇄섬유의 혼합 비율에 따른 휨강도를 보면 혼합비가 9:1, 7:5:2.5, 5:5가 됨에 따라 휨강도, 박리강도의 저하가 현격히 나타나는 경향을 볼 수가 있었다.

3.2.1 휨강도 시험

Table 3의 결과에 의하면, 폐MDF폭쇄섬유 25% 첨가까지 KS F3200 15형(15N/mm²이상)을 만족 하였다. 폐MDF폭쇄섬유를 첨가할수록 휨강도가 현저히 떨어지는 경향을 나타내었다. 이는 Fig1 에서 보는바와 같이 폐MDF폭쇄섬유의 길이가 많이 절단되어 섬유 결합력의 감소로 인해 밀도 감소가 나타났기 때문인 것으로 추정된다.4)

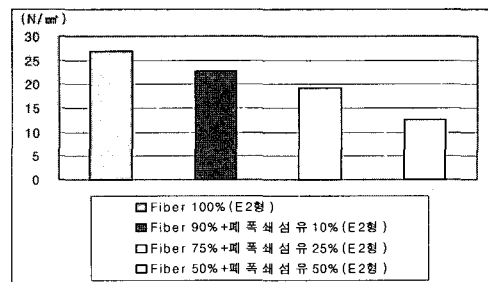


Fig4. Flex Strength of MDF

3) Maloney 는 Pine Particle이 많아지면, 두께팽윤율은 떨어지는 것으로 보고하고 있는데, 이와 비슷한 경향을 보이고 있다.

4) Maloney 는 Fine content가 많아지면 MOR이 떨어진다고 보고하고 있는 것과 같은 이유로 간주해야 될 것이다.

Table 3. Mechanical properties of MDF along with exploded MDF waste

Control	MOR (N/mm ²)		MOE (N/mm ²)		IB (N/mm ²)	
	AVERAGE	DUN	AVERAGE	DUN	AVERAGE	DUN
Fiber100%	27.06±3.920	C	1675±91.82	B	0.329±0.02	B
Fiber90%+ EMW*10%	22.74±2.64	BC	1467±148.3	B	0.32±0.021	B
Fiber75%+ EMW25%	19.18±0.392	B	1341±38.85	AB	0.314±0.045	B
Fiber50%+ EMW50%	12.47±0.459	A	1196±72.02	A	0.234±0.028	A

EMW: Exploded MDF waste

3.2.2 박리강도 시험

Table 3의 결과에 의하면, 폐MDF폭쇄섬유 25%첨가까지 KS F 3200 15형(0.3N/mm²이상)을 모두 만족시켰다. 폐MDF폭쇄섬유를 첨가하였을 경우 휨강도와 마찬가지로 박리강도 또한 저하되는 경향을 나타내었다.

3.3 포름알데히드 방산량

제조된 목질섬유-폐MDF폭쇄섬유 혼합보드의 포름알데히드 방산량은 Table4와 같다. 폐MDF폭쇄섬유의 첨가로 포름알데히드 방산량의 감소에 많은 기대를 가졌으나, Table 4에서 보는 바와 같이 폐MDF폭쇄섬유의 첨가량에 따른 포름알데히드 방산량은 변화가 거의 없었다.⁵⁾

Table 4. Formaldehyde emission

	Formaldehyde emission (mg/ℓ)
Fiber100%	1.970
Fiber90% EMW*+10%	1.944
Fiber75% EMW+25%	1.922
Fiber50% +EMW50%	1.960

EMW: Exploded MDF waste

4. 결론

본 연구는 폐MDF폭쇄섬유를 이용하여 목질계폐기물의 재활용의 가능성을 알아보고자 하였다. 그에 따른 연구의 결과를 보면 폐MDF폭쇄섬유의 첨가율이 증가함에 따라 함수율과 두께팽윤율은 큰 차이가 없었지만, 밀도는 다소 감소되었다. 파쇄과정에서 섬유장이 원래길이보다 짧아짐으로 인해서 기계적 성질이 현저히 떨어졌다. 포름알데히드 방산량은 폐MDF폭쇄섬유의 첨가율에 따라 방산량의 변화가 거의 없었다. 그러나 폐MDF폭쇄섬유

5) 1975년 Kollmann F.F.P의 Principles of Wood Science and Technology Vol.2권을 보면, 폭쇄처리(Explosion Process)는 고온·고압에 의하여 리그닌이 Carbohydrate의 주 결합으로부터 분리되어 섬유의 표면에 활성화 된 상태로 메칠 알코올에 어느 정도 녹는 것으로 되어있으므로, 보드 제조 시 열과 압력에 의해 결합제로 작용한 것으로 기술되어 있다. 따라서 Defibrater로 해섬 한 것보다 반응성이 좋은 것으로 되어있고, 예비 실험시는 폭쇄처리된 섬유로 만든 보드의 Formaldehyde 방산량이 적었으나, 본 실험에서는 큰 효과가 나타나지 않았다.

를 25%까지 첨가하여 중밀도 섬유판 15형(KS 규격-MDF 15형)을 만족시킬 수 있었다. 이는 폐MDF폭쇄섬유의 이용이 어느 한계까지는 가능하다는 것을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

1. 신동소. 이화형. 임기표. 조남석. 조병목. 1983. 임산화학. 향문사: p316
2. 이화형, 1992. 가구제조를 위한 MDI접착제의 MDF와 PB제조에 대한 비교 효과, 한국가구학회지 3(1): 1-7
3. 이화형, 1993. 표층파이버와 내층 미세파티클복합보드의 물리·기계적 성능에 관한 연구, 한국가구학회지 4(1):41-47
4. 한국공업규격 KS F 3200(섬유판) :1997
5. 한국합판공업협회. 1997. 한국 합판, MDF, 파티클보드 심포지엄: p125-157
6. 한태형, 서진석, 박종영, 2004 한국목재공학회 추계 학술 발표논문집. 폐목질원료 유형별 파쇄 특성 및 재생보드의 물성. 2004. 10. 22-10.23 한국목재공학회 (84-87)
7. 김의정. 1999. 폐목재 발생실태 및 재활용 촉진방안 “99한국 합판, MDF, 파티클보드 심포지엄” : p101-122
8. 오승원, 박규성. 간벌제로 제조된 톱밥보드의 물성. 2002 한국목재공학회: p288-291
9. 이화형, 한기선 폭쇄 전처리 왕겨로 제조한 보드의 물리·기계적 성질에 관한 연구. 1999 한국목재공학회: p19-24
10. 노정상, 이종상, 도정락. 폐기 목질재료를 이용한 컴퓨터 책상판의 성형. 2002 한국목재공학회: p269-272
11. 2004 환경부 폐기물(폐목재)통계 자료 <http://lib.me.go.kr/lib/imginfo/imagemanager/imgview.asp?gubuncode=J6>
12. T. M. Malonry. 1993 Modern particle & Dry-Process Fiberboard Manufacturing: Miller Freeman. Inc
13. Wood Waste Feedstock Specification for Medium Density Fiberboard: Clean washing-ton Center http://www.cwc.org/wd_bp/wbp3-0202.htm
14. Investigation of Alternative Markets for Recycled Wood: International Resources Unlimited, Inc. Portland Metropolitan Service District; 1992.
15. Kollmann F.F.P, 1975 Principles of Wood Science and Technology Vol.2 p593