

폐폴리에스테르 shearing dust를 이용한 복합소재판넬의 개발

주소영, 문수진, 강혜정
산업자원부 기술표준원 섬유과

Development of the composite panels using waste polyester shearing dust

So-Young Joo, Su-Jin Moon and Hye-Jung Kang
Textile Division, Agency for Technology and Standards, MOCIE

1. 서 론

섬유제조공정에서 발생하는 폐기물은 기모직물 제조시 발생하는 일부 폴리에스테르 파일 섬유를 재pellet화 하는 방법으로 재활용되는 것을 제외하고는 이물질이 들어 있지 않은 순수한 자원임에도 불구하고 산업폐기물로 분류되고 있으며, 재활용 기술의 부재로 거의 대부분이 소각 등의 방법으로 폐기 처분되고 있다. 특히 섬유제조공정 중 전모가공은 벨벳 등의 의류용 직물, 자동차용 시트 직물 및 내장재에 주로 적용되는 공정으로 부드러운 촉감 및 보온성을 부여하나, 직물 무게의 15~20%를 폐섬유로 배출하는 가공법으로 폐섬유의 처리에 많은 문제점을 갖고 있다. 또한 공정 중 배출되는 폐섬유는 0.3~1mm의 섬유장을 갖게 되어 거의 분진 (shearing dust) 상태로 배출되기 때문에 취급이 어려워 재활용 기술개발이 전무한 실정이며, 따라서 전량 소각처리되고 실정이다. 따라서 전모공정에서 배출되는 폐섬유의 재활용 기술은 경제적인 측면에서나 환경적인 측면에서 볼 때 반드시 개발되어야 할 과제이다.

폐섬유를 이용한 목재대용 합판의 경우 많은 시도가 있었지만, 그 물성이 기존의 제품에 비해 매우 취약하기 때문에 실제적인 응용에는 제한이 따르고 있다. 또한 섬유와 같이 고성능, 고기능을 갖는 재료는 아니지만 제지슬러지나 왕겨를 폴리프로필렌에 첨가하여 목재대용 판넬을 제조하는 기술은 국내외에서 활발히 연구되고 있으나 물리적 특성이 목재 수준에 미치지 못하므로 물성 향상을 위한 기술개발이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 환경 친화적인 제품을 개발하기 위하여, 전량 소각처리되고 있는 폐폴리에스테르 shearing dust를 이용하여 목재 합판 대용의 판넬을 제작하고 그 물성을 살펴보았다.

2. 실험

2.1. 페폴리에스테르 함유 복합소재 판넬의 제작

페폴리에스테르 shearing dust와 폴리에스테르 저융점 섬유 (bicomponent fiber, (주)삼양사)를 이용하여 복합소재 판넬을 제작하였다. 우선 shearing dust와 bicomponent fiber의 함량을 달리하며, 에어레이 (air-lay) 법을 이용하여 웹을 형성하였다. 이렇게 형성된 에어레이웹을 균일한 두께로 적층한 다음, 금형과 프레스를 이용하여 복합소재 판넬을 제작하였다.

2.2. 분석

- 1) SEM : 폐섬유 함유 복합소재 판넬의 단면을 SEM을 이용하여 측정하였다.
- 2) 비중 : KS M 3016 (플라스틱의 밀도 및 비중 시험 방법)의 4.1 A법 (수중치환법)의 시험방법에 따라 각 시료의 비중을 측정하였다.
- 3) 회분시험 : 제품에서 시료를 무게가 약 5g 되도록 3개 이상 채취하여 무게를 측정하고, 전열판에서 가열하여 최소량으로 회화시킨 후, 550℃로 고정된 전기로에 넣고 3시간동안 가열 회화시킨다. 그리고 그 무게를 측정하여 회분값(%)을 구하였다.
- 4) 인장 강도 : KS M 3006 (플라스틱의 인장성 측정방법)에 따르며, 1호형 시험편을 사용하였다. 시험속도는 20mm/min으로 하여, UTM (SFM-20, United Calibration Corp.)을 이용하여 인장강도를 측정하였다.
- 5) 굴곡강도 : KS M 3008(경질플라스틱의 굴곡성 측정방법)에 따라 UTM (SFM-20, United Calibration Corp.)을 이용하여 시편의 굴곡강도를 측정하였다.
- 6) 아이조드 충격시험 : KS M 3055 (경질플라스틱의 아이조드 충격시험)에 따라 시편의 충격강도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

본 실험에서는 목재대용 판넬을 제작하기 위하여 먼저 에어레이법을 이용하여 폐섬유와 bicomponent fiber로 웹을 형성하였다. 에어레이 부직포 형성기술은 최초로 덴마크의 Karl Kroyer가 발명하여, 최근에 부직포제조의 혁신기술로 각광을 받고 있는 방법이다. 그러나, 국내에서는 아직 제조설비가 없는 관계로 실험실용 에어레이 제조장치를 제작하여 웹을 형성하였다. 에어레이웹 제조장치는 일반적으로 소면되지 않는 펠트 및 단섬유를 다루는 기계로, 공정상 섬유는 공기기류속에서 개섬, 분리되어 컨베이어상으로 적층되는 원리를 가지고 있다. 본 실험에서 사용하는 전모공정 폐섬유의 경우, 0.3~1mm 정도의 단섬유로 다른 방법에 의해서는 개섬조차 불가능하며 다루기가 무척 어려운 시료이다. 따라서 이러한 폐섬유를 binder fiber와 함께 에어레이법을 이용하여 웹을 형성시켰다. 또한 이렇게 형성된 웹을 균일한 두께로 적층한 다음, 열

과 압력을 가하여 복합소재판넬을 제작하였다.

여기에서 사용되는 저융점 섬유인 bicomponent fiber는 개질폴리에스테르와 보통의 폴리에스테르를 mono 또는 sheath/core형으로 방사한 섬유로, 융점을 낮춘 개질폴리에스테르의 특성을 이용해 접착제 없이도 웹 형성을 가능케 한 섬유이다. 따라서 이러한 bicomponent fiber의 함량에 따라 그 기계적 물성이 많이 변화할 것으로 예측되어, 그 함량을 달리하며 여러 가지 물리적 특성을 살펴보았다. 우선 복합소재판넬의 비중을 살펴본 결과, 비중은 대부분 1.1~1.28을 나타내었으며 bicomponent fiber의 함량에 따른 변화가 거의 없음을 알 수 있었다.

Figure 1에 나타난 바와 같이 bicomponent fiber의 양이 10, 20, 30, 40, 50 wt%로 증가함에 따라 인장강도의 값이 급격히 증가함을 알 수 있다. 이는 열처리에 의해 저융점 섬유가 섬유 교차점에서 접착되기 때문이다. 따라서 그 함량이 증가할 경우 전체 판넬의 강도는 증가하게 된다. 그러나 40wt% 정도가 되면 일정한 수준의 강도에 도달하기 때문에 적정량의 함량을 결정하는 것이 중요

하다. 일반적인 목재합판(7켜)의 경우, 인장강도는 280~300kgf/cm²을 나타내며, 재생 플라스틱 판넬 (GR M3008)은 120kgf/cm² 이상의 인장강도를 기준치로 하고 있다. 따라서 20% 이상의 bicomponent fiber를 사용하여 제작할 경우 목재대용판넬로 사용 가능함을 알 수 있다.

Figure 2는 제조된 복합소재판넬에 notch를 준 시편의 Izod 충격 특성을 bicomponent fiber의 함량에 따라 도시한 그림으로 binder 섬유함량의 증가에 따라 충격강도가 증가함을 볼 수 있다. 외부에서 시편에 충격이 가해질 때, 충격강도는 초기의 충격 에너지와 시편이 파괴되어 가는 과정에서 흡수되거나 소산되는 에너지의 합으로 나타낼 수 있는데, notch를 준 시편의 경우 높은 응력 집중 현상이 notch 부분에서 일어나 파괴가 시작되기 위한 초기 에너지보다 파괴 과정에서 흡수 또는 소산되는 에너지가 주로 작용하게 된다. 따라서, bicomponent fiber양이 증가함에 따라 웹형성시 발생하는 ply overlap, microvoid 등의 defect를 줄일 수 있기 때문에 binder 섬유함량이 증가함에 따라 충격강도가 증가함을 알 수 있다. 한편 재생 플라스틱을 이용하여 파렛트를 제조하는 경우 충격강도의 저하가 가장 큰 문제점으로 지적되고 있다. 폴리에틸렌으로 제조된 파렛트의 경우 신재를 이용할 때 7~8kgf·cm/cm², 재생 폴리

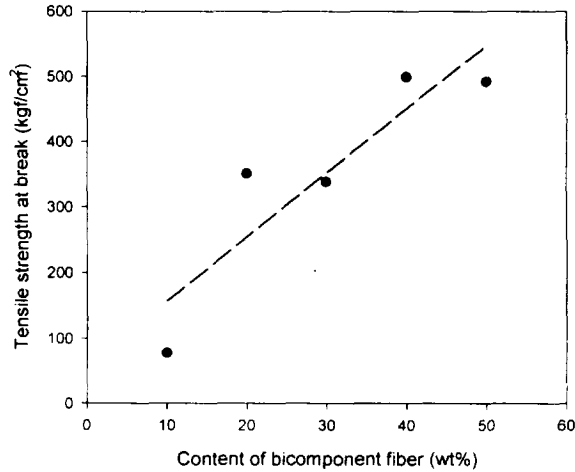


Figure 1. Tensile strength of panels.

에틸렌을 이용할 경우는 4~5.5kgf·cm/cm² 정도의 충격강도를 나타내고 있다. 따라서 재생 플라스틱 파렛트 (GR M3005) 에서 5.0kgf·cm/cm² 이상의 충격강도를 요구하고 있는 실정이다. 위 결과에서 알 수 있듯이 10% bicomponent fiber/90% 페폴리에스테르 섬유로 제조된 복합소재판넬의 경우에도 6.53kgf·cm/cm²의 충격강도를 나타내고 있으므로, 본 연구에 의한 복합소재판넬은 충격강도가 기존의 제품에 비해 아주 우수함을 알 수 있다.

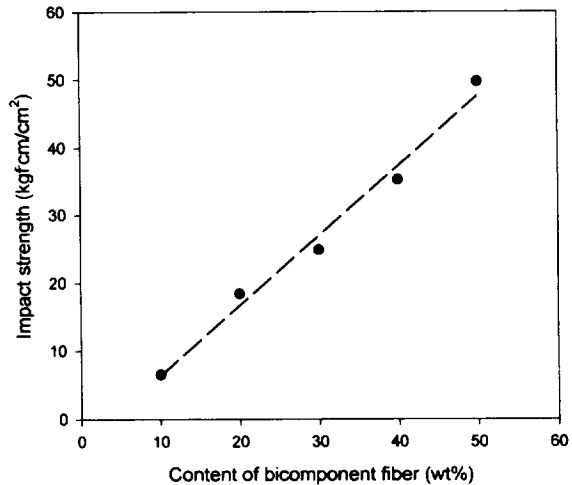


Figure 2. Impact strength of panels.

4. 결론

본 연구에서는 거의 대부분 소각처리되고 있는 페폴리에스테르 shearing dust를 재활용하고, 원목이나 판재를 수입하여 생산하고 있는 기존의 목재판넬을 대체하기 위하여 재생 폴리에스테르 판넬을 제작하였다. 소면되지 않는 펠트나 단섬유를 효과적으로 재활용하기 위하여 에어레이웹 제조장치를 실험실에서 제작하였으며, 이를 이용하여 0.3~1mm 정도의 단섬유인 전모공정 폐섬유와 bicomponent fiber로 이루어진 웹을 형성시켰다. 이렇게 형성된 웹을 compression molding법을 이용하여 복합소재판넬을 제작하였으며 binder fiber의 함량변화에 따른 물리적 특성을 측정하였다. 20% bicomponent fiber/80% 페폴리에스테르 섬유로 제조된 복합소재판넬의 경우 인장강도 352kgf/cm², 충격강도 18.4kgf/cm²을 나타내었다. 또한 저융점 PET의 함량을 증가시킴에 따라 인장 강도와 충격 강도는 증가하였으며, 이렇게 제작된 복합소재판넬이 기존 제품의 물성에 비해 훨씬 우수함을 알 수 있었다.

5. 참고 문헌

- 1) 박병대, 임기표, 김윤수, 목재공학 22(2), pp.46-53, 1994.
- 2) 양광웅, 제4회 KONORA SEMINAR, 차세대 부직포산업의 전망, pp.25-36, 1999.
- 3) 김봉용, 목재공학 25(1), pp.50-55, 1997.
- 4) P.K. Mallick, "Fiber-reinforced composite", Marcel Dekker, Inc., New York, 1988.