

대나무섬유 복합재의 기계적 특성 변화

정승현*, 한현각[†], 박찬웅* 이기웅**, 주덕기**

*순천향대학교 나노화학공학과

**㈜한양소재

chemhan@sch.ac.kr

A study on the mechanical Characteristics of Bamboo fiber Composites

Seong-hyun Jung*, hyun-Kak Han[†], Chan-Wong Park*, Ki-Woong Lee**,

Deuk-ki Joo**

*Dept of Computer Science, DaeHan University

**Telwave Inc.

요 약

본 연구에서 matrix간의 계면 결합력을 불리하게 작용하는 Wax성분이나 Lignin, Hemi-Cellulose등의 제거를 위해 화학적 개질방법중인 NaOH, Acetic acid, Silane으로 처리하여 기질 고분자의 계면의 영향을 알아보고 SEM을 이용하여 형태학적 변화와 열적특성 변화를 관찰하였다. 형태학적 변화에서는 NaOH, Acetic acid 처리보다 Silane처리가 계면결합력이 증가하여 기계적 물성이 증가되었다는 것을 볼수 있었고, 열분석에서는 NaOH, Acetic acid, Silane 처리가 유사하게 나타났지만, 복합재를 전처리 하지 않은것보다 기질고분자와 천연섬유간의 계면 결합은 전처리하는 것이 결합에 있어서 좋다는 결과를 확인하였다.

1. 서론

최근 정부의 친환경 정책이 속속히 발표 되면서 천연섬유를 이용한 복합소재에 대한 관심이 급증하고 있다.[1] 천연재료를 이용한 바이오 복합재는 가격이 저렴하고 가공비용의 절감 및 재생성이 뛰어난 장점을 가지고 있다.[2]

현재 한국은 OECD 가입국 중 세계 10대 에너지 소비국으로 97%가 해외에 의존하고 있으며 그 중 83%가 원유자원으로 에너지 효율을 감소 할 수 있는 대체 기술이 필요하다.[3]

대나무는 세계에서 가장 빠르게 자라나는 나무류의 식물이고, 성장속도는 하루 최대 60cm이고 지역의 토양과 기후에 따라 좌우된다. 싹이 난 뒤 약 4~5년 뒤에는 전부 자라게 되는데, 전부 자란 대나무의 길이는 평균 20m정도이며, 최고 40m까지 자라기도 한다.[4]

대나무는 리그닌 주형 안에 묻혀있는 셀룰로오스 섬유로 구성되어 있기 때문에 복합재료로 간주된다. 셀룰로오스 섬유는 최대 인장굴곡강도와 강성을 주는 대나무의 길이 방향에 따라 정렬되어 있다. 대나

무는 단위 면적당 비중을 고려하였을 때, 비강도 및 비탄성율이 높고 일반 합성섬유에 비해 가격적인 이점을 가지고 있으며 일 년 다모작이 가능하여 원활한 재료의 공급이 용이하다. 또한 대나무는 흡습이 적어 내부에서 부식이 거의 일어나지 않으며 환경친화성과 더불어 방음, 방취, 흡착기능을 골고루 보유하고 있다.[4]

본 연구의 목적은 Matrix간의 계면 결합력에 불리하게 작용하는 Wax 성분이나 Lignin, Hemi-Cellulose 등의 제거를 위해 화학적 개질 방법 중의 하나인 NaOH, Acetic acid, Silane으로 처리하여 기질 고분자와의 계면의 영향을 알아보고, 대나무 섬유 복합재를 앞서 말한 3가지 전처리를 통하여 SEM을 이용한 형태학적 비교 분석, TG를 통한 열적 특성 변화를 관찰, Bamboo섬유 복합재의 기계적 성질을 확인하는 것이다.

2. 재료 및 실험방법

2.1 재료

본 연구에서 사용된 Bamboo 재료는 (주)한양소재에

서 공급받은 입도 사이즈 400 μ m를 이용하였으며, 고분자 Matrix의 Base Resin으로 Polypropylene은 5014-PP으로 (주)대한유화의 제품을 이용하였다.

2.2 NaOH 처리

Baboo 섬유의 전처리를 위해 NaOH와 증류수를 이용해 용매의 농도를 1.5%, 3.0%, 9.0%로 정량하여 Bamboo섬유를 각 30분, 60분, 90분간 침지하고 Sampling한 시료를 진공여과장치를 이용하여 Washing후에 Dry Oven에 80 $^{\circ}$ C에서 24시간동안 건조를 한다.

2.3 Acetic acid 처리

Baboo 섬유의 전처리를 위해 Acetic acid와 증류수를 이용해 용매의 농도를 1.5%, 3.0%, 9.0%로 정량하여 Bamboo섬유를 각 30분, 60분, 90분간 침지하고 Sampling한 시료를 진공여과장치를 이용하여 Washing후에 Dry Oven에 80 $^{\circ}$ C에서 24시간동안 건조를 한다.

2.4 Silane 처리

Baboo 섬유의 전처리를 위해 Silane과 증류수를 이용해 용매의 농도를 1.5%, 3.0%, 9.0%로 정량하여 Bamboo섬유를 각 30분, 60분, 90분간 침지하고 Sampling한 시료를 진공여과장치를 이용하여 Washing후에 Dry Oven에 80 $^{\circ}$ C에서 24시간동안 건조를 한다.

2.5 측정 및 분석

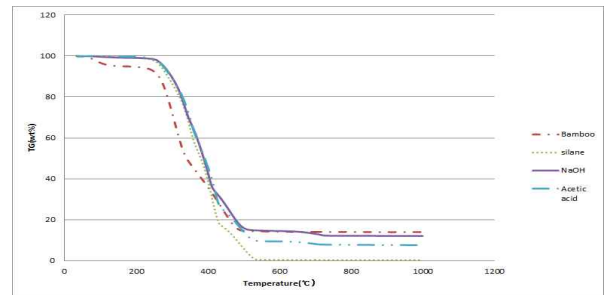
측정 방식은 가열건조 중량 측정 방식으로 시료의 10g을 임의 중량 채취방식을 이용하였고, 측정 장치의 가열램프를 185W 적외선 램프를 이용하였다. SEM을 이용하여 표면구조를 확인하였다. 그리고 TG를 이용하여 열적 특성 변화를 분석, Bamboo섬유 복합재의 기계적 성질을 확인한다.

3. 결과 및 고찰

3.1 TG 분석

Figure1은 전처리 방법에 따른 대나무 섬유 복합재의 열분해 곡선을 나타낸다. 전처리 방법에 따른 NaOH, Acetic acid, Silane의 열분해가 유사하게 나타났지만 복합재가 전처리하지 않은 것보다 열안정성과 열분해 온도가 증가함을 알 수 있었다. 이 결과 복합재의 열

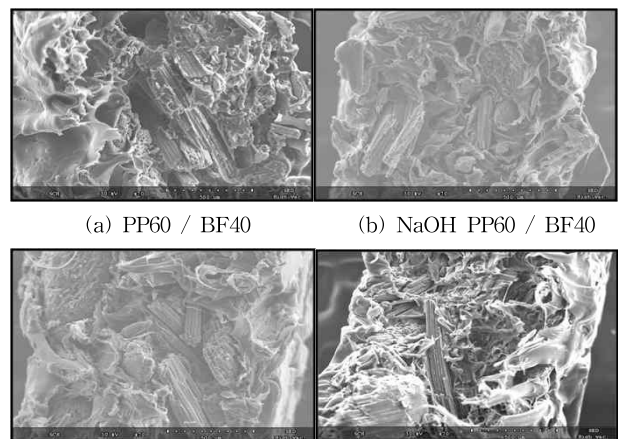
안정성을 증가시키기 위해서는 기질 고분자와 천연섬유간의 계면에서의 결합력을 증가시킬 수 있는 전처리가 사용되어야 한다고 볼 수 있다.



[Figure 1]

3.2 형태학적 분석

Figure 2는 전처리 방법에 따른 대나무 섬유 복합재의 SEM사진이다. (a)는 Bamboo 섬유를 전처리 하지 않은 복합재의 표면인데 Bamboo 섬유가 빠져나간 구멍을 확인할 수 있다. 하지만 전처리를 하고 난 후 구멍들의 크기가 감소했으며 대나무 섬유의 표면도 전처리를 하고 난 후 헤미셀룰로오스와 리그닌 및 이물질이 제거되어 깨끗해진 모습을 확인할 수 있었다. 또한 (b) NaOH, (c) Acetic acid 처리보다 Silane 처리한 복합재의 조직들이 더 치밀한 것을 볼 수 있는데, 계면 결합력이 증가되어 기계적 물성이 증가된 것으로 생각된다.



(a) PP60 / BF40 (b) NaOH PP60 / BF40 (c) Acetic acid PP60 / BF40 (d) Silane PP60 / BF40

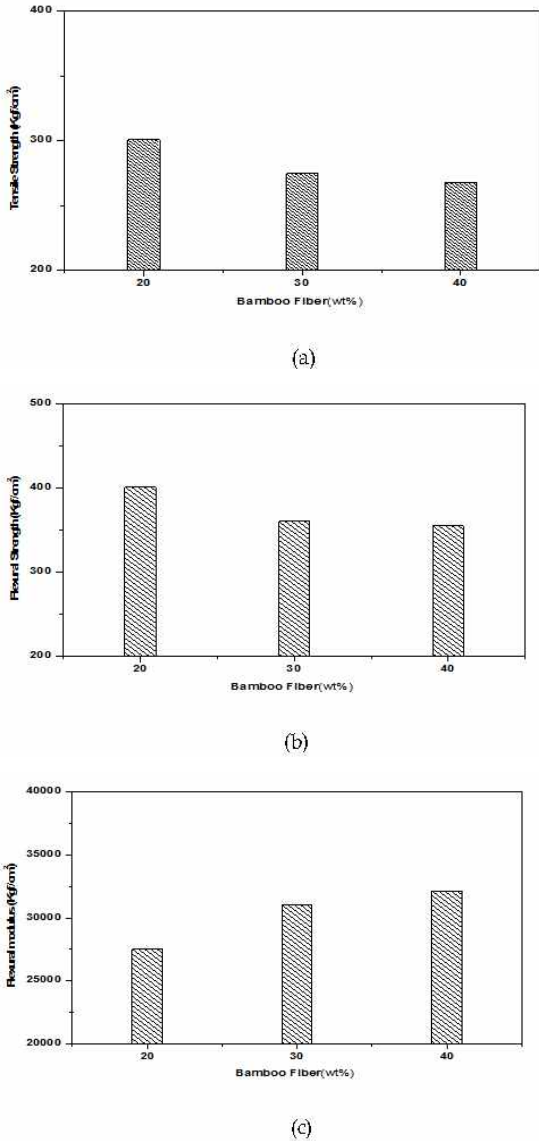
[Figure 2]

3.3 기계적 성질

3.3.1 전처리 전 기계적 성질

전처리전 화학적 전처리 전 대나무 섬유를 각각 20%, 30%, 40%일 때의 인장강도 변화, 굴곡강도 변화, 굴곡탄성률의 변화에 대한 그래프의 결과이다. 전체적으로

20%일 때 기계적 특성이 가장 높게 나타나며, 함량이 증가할수록 기계적 특성이 가장 낮게 나타났다. 대나무 섬유 함량이 증가 할수록 계면 면적이 증가함으로 친수성인 대나무 섬유와 소수성인 PP사이의 계면 결합이 나빠져서 인장강도와 굴곡강도가 감소한 것으로 생각된다. 굴곡탄성률의 경우 섬유상이 고분자 매트릭스 내에 균일하게 분산되어 있을 때 섬유배향성에 의해 탄성률이 직접 영향을 받기 때문에 탄성률은 증가한다.

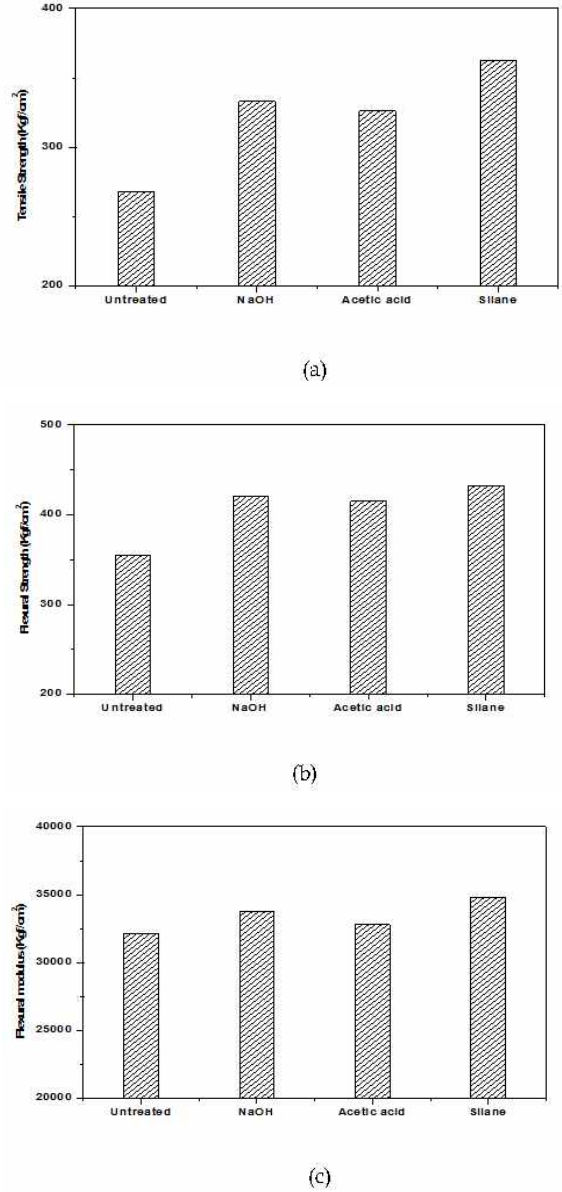


[Figure 3] 대나무섬유 함량에 따른 (a) 인장강도 (b) 굴곡강도 (c) 굴곡탄성률

3.3.2 전처리 후 기계적 성질

대나무 섬유의 40%일 때 NaOH, Acetic acid, Silane 전처리에 대한 기계적 특성이다. 전처리 전과 반대로 기계적 특성이 높게 나타나며, 이것은 대나무 섬유와 PP수지와의 계면 결합력이 향상되었다는 것을 보여준다.

이런 결과는 대나무 섬유의 헤미셀룰로오스와 리그닌 및 이물질이 제거되어 증가한 것을 생각된다. 또한 Silane전처리가 인장강도 및 굴곡강도에서 가장 높게 나타난 것으로 보아 전처리 중에서 Silane 전처리가 가장 효과적이라고 생각된다.



[Figure 4] 전처리 방법에 따른 대나무섬유 복합체의 (a) 인장강도 (b) 굴곡강도 (c) 굴곡탄성률

4. 결 론

전처리를 하고 난 후의 Bamboo 섬유는 결과에서 보여지 듯 전처리 용매 농도 1.5%, 30분간 일 때의 전처리 한 시료에서 수분 제거 효과가 극대화 되는 Silane 전처리 효과가 탁월 한 것을 확인 할 수 있었다. 그리고 형태학적 분석에서는 마찬가지로 전처리 용매 농도 1.5%일 때, 30분간 전처리한 시료에서 Crack에 의한 손상이 적

고 이물질이 효과적으로 제거되는 것을 확인 할 수 있었다. 반면 처리 시간이 길어지거나 농도가 증가함에 따라 표면 균열이 심해지면서 섬유의 파손을 초래 하는 경향을 나타내었다. Acetic acid 및 NaOH 전처리에서도 개선 효과를 볼 수 있었으나 Silane 전처리가 가장 효과적이었음을 확인 할 수 있었다.

열분석 결과에서는 복합재의 전처리 방법에 따른 열분해가 유사하게 나타나지만 복합재가 전처리하지 않은 것보다 열안정성과 열분해 온도가 증가함을 알 수 있었고, 이는 복합재의 안정성을 증가시키기 위해서는 기질 고분자와 천연섬유간의 계면에서의 결합력을 증가 시킬 수 있는 전처리가 사용되어야 한다고 본다. 기계적성질에서 전처리 전과 전처리 후를 비교하였을 때, 전처리전에서는 대나무 섬유가 20%일 때 가장 기계적성질이 우수했고, 대나무 섬유가 증가할수록 기계적 특성이 가장 낮게 나타났다. 이는 대나무의 계면면적이 넓어지고 PP와의 계면 결합력이 인장강도와 굴곡강도가 감소한 것으로 생각한다. 그리고 굴곡탄성률의 경우 섬유상이 고분자 매트릭스 내에 균일하게 분산되어 있을 때 섬유배향성에 의해 탄성률이 직접 영향을 받기 때문에 탄성률은 증가한다.

전처리 후에는 대나무 섬유의 40%일 때 전처리 전과 반대로 기계적 특성이 높게 나타났다, 이것은 대나무 섬유와 PP수지와와의 계면 결합력이 향상되었다는 것을 볼 수가 있었다.. 이런 결과는 대나무 섬유의 헤미셀룰로오스와 리그닌 및 이물질이 제거되어 증가한 것을 생각된다. 또한 Silane 전처리가 인장강도 및 굴곡강도에서 가장 높게 나타난 것으로 보아 전처리 중에서 Silane 전처리가 가장 효과적이라고 볼 수가 있다.

참고문헌

- [1] Gauthier R, C.joly,A.C.Coupas, H.Gauthier, and M.Escoubes.“interface in polyolefin/celulosic fiber composites; Chemical coupling, morphology, correlation with adhesion and aging in moisture.”, *Polymer Composites*,237~300 (1998)
- [2] Bledzki A.K and J.Gassan, “Composites reinforced with cellulose Based fibre.”*progress in polymer science*, 221~274 (1999)
- [3] J. G. Jegal, K. M. Cho and B. K. Song, “바이오매스를 활용한 고분자소재 개발 동향”, *Polymer Science and Technology*, 307-317 (2008)
- [4] 한국섬유개발연구원, “ 생분해성 섬유의 새로운 중