

목편의 크기와 함량이 복합재료의 물성에 미치는 영향

김철현*¹ · 김강재 · 엄태진[†]

(2008년 6월 21일 접수:2008년 8월 29일 채택)

Properties of WPC Prepared with Various Size and Amount of Wood Particle

Chul-Hyun Kim*¹, Kang-Jae Kim, and Tae-Jin Eom[†]

(Received June 21, 2008: Accepted August 29, 2008)

ABSTRACT

The mechanical properties of WPC(wood plastic composite) should effected with the size of wood particle size and also characteristics of wood particles. In this paper, WPC were prepared with various size of wood particles and coupling agent and the mechanical properties were evaluated. The smaller size of wood particle were used for WPC, the higher properties of WPC in tensile strength and breaking elongation were obtained. The smaller amount of wood particle were used for WPC, the higher properties of WPC in tensile strength and breaking elongation were obtained.

Keywords : wood plastic composite, wood particle, coupling agent, polymer

1. 서론

화석연료의 광범위한 사용으로부터 기인하는 환경적인 문제와 화석자원의 제한된 유효성에 대한 관심이 증가하고 있기 때문에, biomass 자원으로 부터 친환경적인 물질들을 유도하기 위한 새로운 기술들이 개발되어지고 있다. 또한, 목재산업이나 생활 쓰레기로부터 유출되는 폐목재나 폐지로부터 고부가가치 재료를 생산하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. composite는

두 종류 이상의 소재를 복합화한 후에 물리·화학적으로 각각의 소재가 원래의 상을 유지하면서 원래의 소재보다 우수한 성능을 갖도록 한 재료를 말하며 구성성분은 모재(matrix)와 강화재(reinforced material)로 크게 구분할 수 있다. 강화재는 보강재라고 말하기도 하며, 섬유상과 구, 판, 타원체 등의 입자상 및 섬유와 입자의 혼합 상으로도 구성될 수 있고 모재는 금속재료, 무기재료 및 유기재료 등으로 구성될 수 있다.¹⁾

Thermoplastic composite에서의 강화재의 사용은

• 경북대학교 농업생명과학대학 임산공학과 (Dept. of Wood Science and Technology, College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea)

*1 (주)LG화학 산업체테크센터 (Industrial Materials Tech-center, LG Chem. Ltd., Songjeong-dong, Hungduk-gu, Cheongju, Chungbuk, 361-721, Korea)

† 주저자(Corresponding Author) :E-mail: tjeom@knu.ac.kr

인장강도, 충격강도 및 탄성률 등 물리적인 성질의 개선과 재료비용의 감소를 가져오며 일반적으로, 활석, 운모, 유리섬유 그리고 탄산칼슘 등과 같은 다양한 유기 재료들을 강화재로 사용하고 있다.²⁾ 특히, thermoplastic composite에서 강화재로 사용된 목재는 낮은 비중, 처리 장치의 단순함, 처리동안 기계의 적은 손실, 생분해성, 높은 강성 그리고 낮은 비용 등의 많은 장점을 가진다.³⁾

그러나, thermoplastic composite에서 목재의 사용은 목재가 친수성이고 polymer가 소수성이기 때문에 양호한 분산과 강한 계면 접착력을 얻기 어려우며, polymer는 가소성이 있는 물질로 열과 압력에 의해 힘을 주면 변형하고 그 힘을 제거해도 원래 형태로 복원되지 않는 성질을 가지고 있으나, 목재는 리그닌, 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스의 성질이 다른 고분자 유기체 물질들로 구성되어 가소성, 열가소성과 같은 기초적인 성질이 polymer와는 다르기 때문에 polymer과의 친화성이 어려워 composite의 제조에 제한성을 가져온다.⁴⁾

또한, 목재는 천연 재료로 우수한 미생물 분해성을 가지나 물성상의 문제점이나 여러 가지 재료가공이 어려운 문제가 있어 어떻게 물리적 성질이나 가공성을 향상시킬 것인가는 큰 연구과제이기도 하다. 그러한 연구의 일환으로, polymer와 목편 사이의 강한 용화성과 접착력을 개선하고 polymer에서 섬유 분산을 개선하여 우수한 성질들을 향상시키기 위한 anhydride grafted thermoplastic에 대해 연구가 이루어지고 있으며, 목재가 강화된 plastic을 사용하기 위해 많은 연구가 실행되었다.⁵⁻⁷⁾

본 연구에서는 목편의 입자 크기가 물성에 미치는 영향, 목편의 함량이 물성에 미치는 영향, coupling agent가 물성에 미치는 영향에 대해 조사를 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 목편 (WP, wood particle)

잣나무(*Pinus Koraiensis*) chip을 Willy mill로 분쇄한 후 20-40 mesh, 40-60 mesh, 60-80 mesh 및 80 mesh 이상의 입자 크기별로 분급하였다.

2.1.2 Polymer

Composite의 모재로 사용된 polymer는 20 g/10 min의 melt flow index와 0.924 g/cm³의 밀도를 가지는 Liner low-density Polyethylene (LLDPE, SK chemical Co.)을 사용하였다.

2.1.3 Coupling agent

Coupling agent는 0.85 wt% maleic anhydride를 함유한 polyethylene-graft -maleic anhydride(MAPE, Aldrich chemical co.)를 사용하였다.

2.2 방법

2.2.1 Composite sheet의 제조 및 물성 측정

Composite의 혼합조건과 혼합비는 Table 1에 나타내었다. Composite는 Table 1의 혼합조건과 혼합비로

Table 1. Components and their ratio of lignocellulosic biomass polymer composites

Materials	Components lignocellulosic biomass polymer composites	Weight ratio of the components (%)
Control	PE	100
	20-40, 40-60, 60-80, over 80 mesh WP/PE	30/70
	80 mesh WP/PE	10/90
	"	20/80
	"	30/70
	"	40/60
Wood particle (WP)	"	50/50
	80 mesh WP/MAPE/PE	30/2/68
	"	30/4/66
	"	30/6/64
	"	30/8/62
	"	30/10/60

혼합한 다음 처리온도 130℃에서 Brabender(USA)를 사용하여 제조하였다. 제조한 composite는 hot-press를 사용하여 130℃에서 3분 30초 동안 50 kgf/cm² 압력을 가하여 0.5 mm 두께의 composites sheet를 제조하였다. 물성측정은 composite sheet를 15 × 150 mm로 절단한 후 HOUNSFILD H500M(ENGLAND)을 사용하여 인장강도와 신장률을 측정하였다.

2.2.2 Composite sheet의 외형 및 현미경 관찰

Composite sheet의 표면과 인장강도를 측정한 후 composite sheet의 인장 파단면을 ×100의 배율로 비디오 현미경(DIGITAL COLOR CAMERA SDC-411, SAMSUNG)을 사용하여 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Composite의 물성

3.1.1 목편의 입자 크기별 물성

Table 2는 WPC sheet에서 목편 입자 크기가 인장강도에 미치는 영향에 대해 나타내었다.

인장강도는 목편의 입자 크기가 작을수록 증가하는

경향을 나타내었으며 입자 크기가 80 mesh 이상일 때 5.57 MPa로 가장 높게 나타났고 40 mesh 이상부터 상당히 증가하는 것을 알 수 있었다. 이는 목편의 입자 크기가 작을수록 큰 입자들보다 polymer와의 blending에서 양호한 mixing과 균일한 분포에 따른 우수한 분산과 계면접착력이 개선되었기 때문이며, 목편의 입자 크기가 클수록 낮은 인장강도는 WPC sheet의 몇몇 부분에서 섬유와 접착과 비균일한 배향성으로 인하여 가장 약한 지점에서 재료의 파괴가 발생하였기 때문이다.

또한, 목편과 polymer와의 균일한 분포에 따른 상호 간의 계면접착력이 증가함으로써 신장률은 입자 크기가 작을수록 감소하였고 반대로 탄성계수는 증가하였다.

3.1.2 WPC 목편 배합 비율

Table 3은 WPC sheet에서 목편의 함량이 인장강도에 미치는 영향에 대해 나타내었다. 목편의 함량이 증가할수록 인장강도는 감소하였고 목편의 함량이 20%까지는 인장강도의 감소가 적었으나 30% 이후로는 높은 감소가 나타났다. 그리고 목편의 함량이 증가할수록 PE에서 목편이 이탈하는 결점이 관찰되었다. 이는

Table 2. Comparison of physical properties of WPC on WP size and PE

Component	Weight ratio	Physical properties		
		Tensile strength (MPa)	Breaking elongation (%)	Young's modulus (MPa)
PE		6.91	105	7
20-40 mesh		4.25	3.79	112
40-60 mesh	WP/PE	5.14	3.52	146
60-80 mesh	30/70	5.29	3.15	168
Over 80 mesh		5.57	3.06	182

Table 3. Comparison of physical properties of WPC on WP content and PE

Component	Weight ratio	Physical properties		
		Tensile strength (MPa)	Breaking elongation (%)	Young's modulus (MPa)
PE		6.91	105	7
	10/90	6.4	10.1	63
WP/PE	20/80	6.27	5.55	113
	30/70	5.57	3.06	182
	40/60	4.6	1.97	233
	50/50	3.24	1.33	244

Table 4. Comparison of physical properties of WPC on MAPE content and PE

Component	Weight ratio	Physical properties		
		Tensile strength (MPa)	Breaking elongation (%)	Young's modulus (MPa)
PE		6.91	105	7
	30/2/68	7.72	2.57	300
WP/MAPE/PE	30/4/66	7.85	2.6	302
	30/6/64	9.8	2.43	403
	30/8/62	10.68	2.15	497
	30/10/60	11.37	2.01	566

PE와 목편 사이에 계면접착력이 감소함으로써 발생하였고 PE와 목편의 계면에서 발생하거나 목편에 인접한 PE에서 발생하였다.

탄성계수는 목편의 함량을 50% 첨가하였을 때 244 MPa로 PE에 비해 상당히 증가하였으며 신장률의 경우 PE에 비해 상당히 감소하였다. 이는 주로 강한 친수성의 목분 표면과 소수성의 PE 사이의 약한 상호작용에 의한 결과이며, 이러한 사례는 많은 연구 문헌을 통하여서도 보고되고 있다.

3.1.3 Coupling agent에 따른 물성

Table 4는 목편과 PE 사이의 결합을 개선하기 위해 사용된 MAPE의 함량에 따른 WPC sheet의 인장강도를 나타내었다. 인장강도는 MAPE의 함량이 증가할수록 높아지는 경향을 나타내었다. MAPE의 함량이 2%, 4%일 때는 적은 증가를 보였으나 6%이상부터 급격히 증가하였고 MAPE의 함량이 10%일 때 11.37 MPa로 가장 높게 나타났다. 이는 목재와 coupling agent 사이

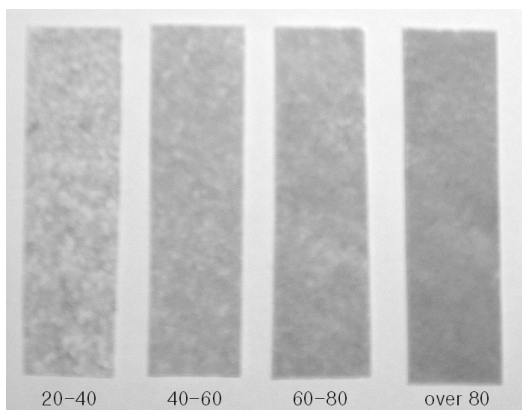
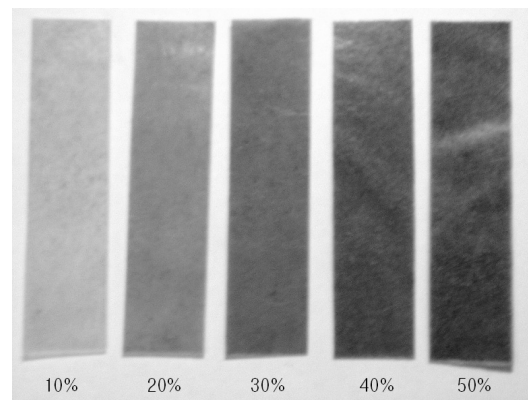
에서의 에스테르화 반응에 의한 수소 결합의 형성과 coupling agent와 polymer 사이에서의 축합반응에 의한 계면 접착에 의해 물성이 개선되었기 때문이다.

탄성계수는 MAPE의 함량이 10% 이상일 때 566 MPa로 상당히 증가하였으며 신장률은 2.01%로 상당히 감소하였다.

3.2 Wood particle polymer composite sheet의 외형 및 현미경 관찰

Fig. 1은 목편의 입자 크기에 따른 외형을 나타내고 있다. 목편의 입자 크기가 작아질수록 polymer와 목편의 분산이 양호해지는 것을 볼 수 있었으며, 입자 크기가 클수록 composite sheet의 몇몇 부분에서 섬유영김과 불균일한 배향성이 관찰되었고 목편과 PE의 각각 분리된 부분이 관찰되었다.

목편의 함량에 따른 composite 외형의 경우 목편의 크기를 80 mesh로 사용하였기 때문에 PE와의 분산이 양호하였으며 목편의 함량이 50%까지도 분산과 접착

**Fig. 1. Appearance of WPC on WP size.****Fig. 2. Appearance of WPC on WP content.**

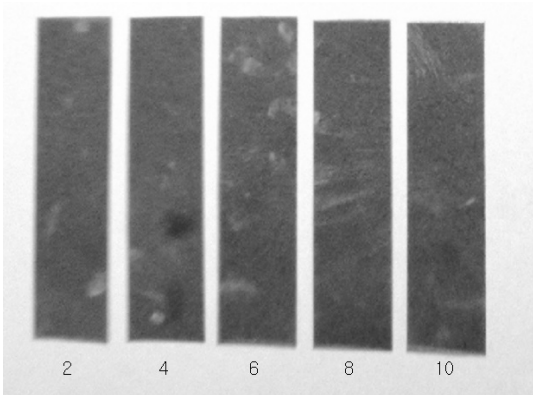


Fig. 3. Appearance of WPC on MAPE content.

력이 양호하다는 것을 확인 할 수 있었다. 또한, 목편의 첨가 함량이 30%부터는 MDF와 비슷한 외형을 가지므로써 particleboard와 fiberboard의 대용으로써의 용도가 가능하다는 것을 Fig. 2에서 확인 할 수 있었다.

Fig. 3와 같이 MAPE를 사용하여 제조한 composite sheet의 경우 황갈색의 색상과 외형을 가진 것으로 나타났다.

Fig. 4는 목편의 입자 크기에 따라 제조된 composite sheet를 배율 $\times 100$ 으로 현미경 관찰을 한 표면을 나타내고 있다. 목편의 입자크기가 작을수록 목편과 PE와의 양호한 분산을 확인 할 수 있었고 목편의 입자크기가 20-40 mesh 일 때 큰 목편 입자들이 일부 부분에서

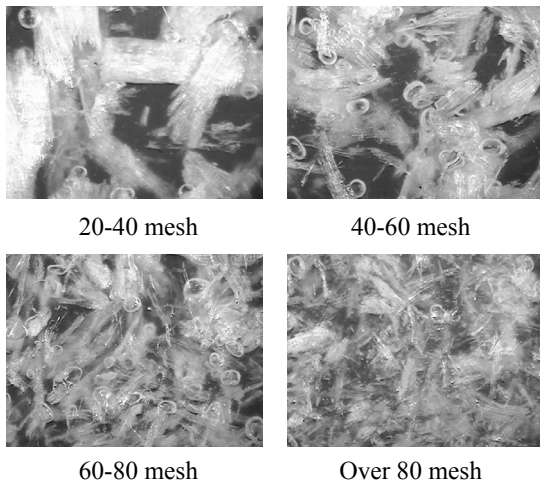


Fig. 4. Micrograph ($\times 100$) of the surface of WPC on WP size.

영김과 불균일한 배향성이 나타남으로써 WPC sheet의 물성에 나쁜 영향을 주는 것으로 추측된다. 또한, composite sheet의 표면에 기포가 발생한 것을 확인할 수 있었다. 기포는 composite sheet의 제조과정에서 목편의 수산기에 의해 발생한 것으로 생각되며, 기포는 coupling agent를 사용하거나 수지의 성질을 향상시키고 불순물을 최소화하며 성형 후 제품이 적당한 경화 정도에 도달하게 하면 기포를 줄일 수가 있다.

Fig. 5는 목편의 함량에 따라 제조된 composite sheet와 MAPE를 사용하여 제조한 composite sheet를 배율 $\times 100$ 으로 현미경 관찰을 한 표면을 나타내고 있다. 목편의 함량이 작을수록 상대적으로 PE의 함량이 높기 때문에 분산이 잘 되었으며, 목편의 함량이 작을수록 기포의 발생이 거의 없었고 목편의 함량이 증가할수록 기포의 발생이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

MAPE를 사용하여 제조한 composite는 PE와의 분산이 양호하였으며, 기포의 발생이 거의 나타나지 않았다.

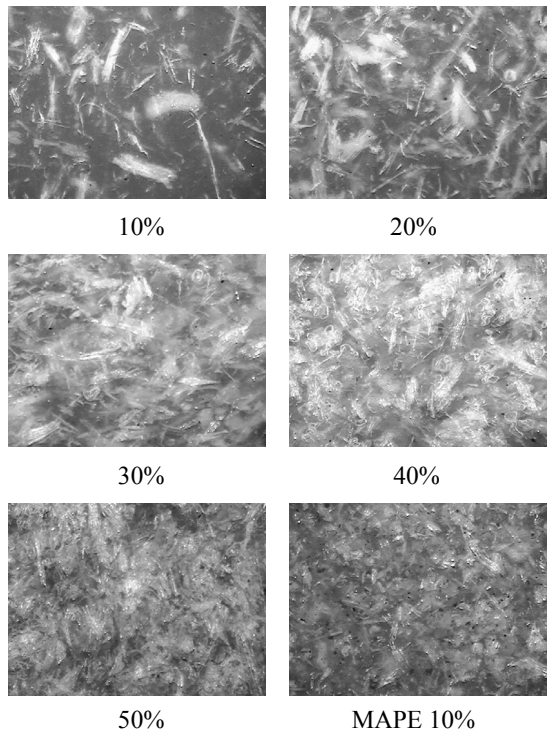


Fig. 5. Micrograph ($\times 100$) of the surface of WPC on WP content and MAPE 10%.

4. 결론

1. 목편의 입자 크기가 작을수록 composite의 인장강도와 탄성계수는 증가하였으며, 신장률은 감소하였다.

2. 목편의 함량이 증가할수록 composite의 인장강도와 탄성계수는 증가하였으며, 신장률은 감소하였다.

3. 가교제를 사용하였을 때 목편과 가교제 사이에서의 에스테르화 반응에 의한 수소 결합의 형성과 가교제와 polymer 사이에서의 축합반응에 의해 인장강도와 탄성계수가 상당히 증가하였다.

인용문헌

1. 환경부, 환경백서, 413-448 (1997).
2. Nilsson, T., R. M. Rowell, R. Simonson, and A. -M. Tillman, Fungal resistance of pine particleboards made from various types of acetylated chips, *Holzforschung*, 42(2):123-126 (1988).
3. Rowell, R. M. Chemical modification of wood, *Forest prod. Abst.*, 6(12):363-382 (1983).
4. S. Takase, N. Shiraishi, Studies on composites from wood polypropylene (2), *J. Applied Polymer Science*, 37:645-659 (1989).
5. W. Clad, On the use of waste paper for the particle board production, *Holz Roh-Werkstoff*, 28:101-104 (1999).
6. S. H. Lee, M. Yoshioka, N. Shiraishi, Liquefaction of corn vran(CB) in the presence of alcohols and preparation of polyurethane foam from its liquefied polyol, *J. Applied Polymer Science*, 78:319-325 (2000).
7. M. M. Lopez, M. Arroyo, Thermal and dynamic properties of polypropylene and short organic fiber composites, *Polymer*, 41:7761-7767 (2000).