



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0058682
(43) 공개일자 2020년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29C 45/00 (2006.01) B29B 13/00 (2006.01)
B29C 70/28 (2006.01) C08J 5/04 (2006.01)
C08L 23/12 (2006.01)

(52) CPC특허분류
B29C 45/0005 (2013.01)
B29B 13/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0143072
(22) 출원일자 2018년11월20일
심사청구일자 2018년11월20일

(71) 출원인
금오공과대학교 산학협력단
경상북도 구미시 대학로 61 (양호동)

(72) 발명자
조동환
경상북도 구미시 흥안로 75 대동아파트 101-1207
하창훈
경상남도 고성군 영오면 연당2길 53

김정호
경기도 수원시 장안구 영화로 23 다동 206호

(74) 대리인
특허법인 공간

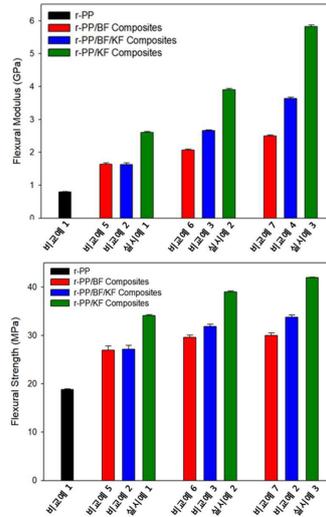
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 열변형 온도, 열수치 안정성, 굴곡 강도, 굴곡 탄성률 및 저장 탄성률이 우수한 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

- B29C 45/0001* (2013.01)
- B29C 45/0055* (2013.01)
- B29C 48/022* (2019.02)
- B29C 70/28* (2013.01)
- C08J 5/045* (2013.01)
- C08L 23/12* (2013.01)
- B29K 2223/12* (2019.01)
- B29K 2313/00* (2019.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10076495
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	산업기술혁신사업 (섬유생활스트림간협력기술개발사업)
연구과제명	재사용이 가능한 난연2등급 이상의 고강도 천연섬유 복합재료 물류이송 파렛트 개발
기 여 율	1/1
주관기관	한국파렛트폴 주식회사
연구기간	2017.04.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법에 있어서,
 상기 케나프 섬유와 및 재활용 폴리프로필렌은 건조하는 단계;
 상기 건조된 케나프 섬유 및 재활용 폴리프로필렌을 압출기에 투입하여 혼합 및 압출 성형하는 단계;
 상기 압출 성형단계에서 수득된 압출 성형물을 사출 성형하는 단계;를 포함하며,
 상기 케나프 섬유는 20 ~ 50 wt%이며, 재활용 폴리프로필렌은 50 ~ 80 wt%를 포함하는 것을 특징으로 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 건조하는 단계는 20 ~ 150℃의 온도에서 8 ~ 16시간 환류 건조하는 것을 특징으로 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 건조하는 단계에서 케나프 섬유는 50 ~ 150℃의 온도에서 8 ~ 16시간 환류 건조하는 것을 특징으로 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법.

청구항 4

제2항에 있어서,
 상기 건조하는 단계에서 재활용 폴리프로필렌은 20 ~ 100℃의 온도에서 8 ~ 16시간 환류 건조하는 것을 특징으로 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 혼합 및 압출 성형하는 단계에서의 회전속도는 1.0 ~ 100rpm의 속도이며, 100 ~ 180℃의 온도범위에서 혼합 및 압출 성형하는 것을 특징으로 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 사출 성형하는 단계 전에 수득된 압출 성형물을 40 ~ 80℃의 온도에서 8 ~ 16 시간동안 환류 건조하는 단계를 추가적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법.

청구항 7

케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료에 있어서,
 상기 케나프 섬유는 20 ~ 50 wt%이며, 재활용 폴리프로필렌은 50 ~ 80 wt%를 포함하며,
 굴곡 강도는 30 ~ 45 MPa, 굴곡 탄성률은 2 ~ 6GPa, 저장탄성률은 2.5 ~ 5.5GPa(25℃), 열변형 온도가 110 ~ 145℃인 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 케나프 섬유는 ?핑(chopping)되어 있는 것을 특징으로 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 우수한 물리적 특성 및 열적 특성을 갖는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재 우리의 삶에서 플라스틱은 생활의 곳곳에 사용되고 있으며, 선진국일수록 플라스틱 사용량이 매우 많으며, 이에 따른 환경문제 해결에 대한 노력과 지속적인 연구를 진행하고 있다. 하지만, 고분자 수지만으로 만들어진 플라스틱은 그 성능에 따른 적용분야의 제한이 있고, 이를 극복하여 성능을 보다 향상시키기 위해 섬유강화 플라스틱 즉, FRP(fiber-reinforced plastics) 또는 섬유강화 복합재료가 등장하였다.

[0003] 섬유강화 플라스틱(Fiber Reinforced Plastics: FRP)은 섬유를 보강재료로 사용하여 플라스틱의 성능을 향상시킨 재료이며, 항공/우주, 자동차, 스포츠용품, 건축, 전자재료, 가구, 생활용품 등 여러 분야에서 활용이 가능하다. 섬유강화 플라스틱에 사용되는 보강섬유는 크게 4가지의 분류로 나뉘며, 각각 천연섬유, 유리섬유, 탄소섬유, 고분자섬유가 존재한다.

[0004] 역사적으로 가장 먼저 상업화된 섬유강화 플라스틱은 유리섬유/UPE(불포화 폴리에스터) 복합재료이며 현재까지도 다양한 분야에서 많이 사용되고 있으며, 금세기에 들어서는 환경오염의 방지와 지구온난화 대응 등의 환경적 문제를 인식하여 많은 관심을 가지고 꾸준한 투자와 연구개발을 수행하여 천연섬유로 강화된 복합재료(natural fiber reinforced plastics, NFRP)의 가공 및 사용된 플라스틱을 재활용하는 기술, 천연섬유의 종류 및 표면처리 등 다양한 접근방법으로 많은 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0005] 천연섬유로 강화된 복합재료는 원료를 바이오매스 기반 천연소재를 사용함에 따라 자원수급이 용이하며, 재활용이 가능하며, 기존에 적용되었던 유리섬유에 비해 비중이 낮고, 비용이 저렴한 장점이 있으며, 유리섬유강화 복합재료를 대체하기 위한 목적으로 주목을 받고 있다.

[0006] 복합 소재의 매트릭스로 사용가능한, 폴리프로필렌은 내약품성이 우수하고 성형이 용이한 범용의 플라스틱인데 반해, 내열성이나 기계적 강도가 취약한 단점이 있어, 높은 기계적 물성이나 내열성이 요구되는 부품의 제조에는 사용할 수 없다. 이와 같은 결점을 개선하기 위해, 여러 종류의 유기물 또는 무기물로 폴리프로필렌 수지를 보강하는 방법, 예를들면, 압출기 등의 혼련 장비를 사용하여 유리섬유와 폴리프로필렌 수지를 혼합하여, 폴리프로필렌 수지의 기계적 물성 및 내열성을 향상시키는 방법이 사용되고 있다.

[0007] 한편, 케나프(kenaf) 섬유는 주로 천연섬유로 강화된 복합재료의 보강섬유로 가장 널리 사용되고 있는 대표적인 식물성 셀룰로스계 천연섬유의 하나이다. 케나프섬유는 재배환경과 식물에 따라 다소의 차이가 있으나 통상적으로 약 45 ~ 57% 셀룰로스, 약 21 ~ 23% 헤미셀룰로스, 약 8 ~ 13% 리그닌, 그리고 소량의 펙틴, 왁스, 표면불순물 등으로 구성되어 있으며, 유리섬유에 비해 밀도(약 1.42 g/cm³)가 약 45%가 낮아 소재의 경량화를 목적으로 하는데 매우 유용하며, 유리섬유와 달리 재활용이 가능한 천연소재로 가격이 저렴하고 공급이 지속가능하며, 우수한 생산성 등의 장점을 지니고 있으며, 자연에서 생분해가 가능하여 환경 친화적이다.

[0008] 케나프섬유강화 플라스틱은 상대적으로 기계적 물성(특히 굴곡특성)이 우수하며, 비중을 고려한 비탄성물은 유리섬유강화 플라스틱보다 더 우수하고, 비강도도 이에 견줄수 있다. 아울러 플라스틱 가공 시의 피부의 가려움을 유발하지 않으며, 선반가공 시 기계의 마모를 줄여준다. 이러한 여러 장점과 함께 천연섬유를 단섬유 형태로 절단하여 사용하면 성형성이 좋고, 기존의 압출공정과 사출공정 등 복합재료 제조공정을 적용할 수 있다.

[0009] 한편, 인구 증가, 산업화 및 경제 발전으로 인한 고형 폐기물 발생의 급속한 증가로 인해 선진국을 비롯한 여러 나라에서 환경문제는 중요하게 다루어지고 있다. 보다 자세히 산업의 발달과 생활수준의 향상으로 플라스틱이나

비닐 등의 합성수지로 제조된 각종 산업제품이나 생활제품이 많이 사용되고 있으며, 이들 산업제품이나 생활제품들은 사용 후 일반 쓰레기와 함께 폐기되면 매립이나 소각 시에는 주변환경을 오염시키는 문제점이 있다. 이러한 문제점에 착안하여 몇몇 국가에서는 도시 및 산업 폐기물을 재활용하여 이러한 문제를 해결하기 위한 노력을 기울이고 있다.

- [0010] 산업제품이나 생활용품의 재료로서 가장 빈번하게 사용되는 플라스틱은 여러 응용분야에서 사용되는데, 각종 플라스틱 제품의 사용량의 증가에 따라 플라스틱 폐기물량이 기하급수적으로 증가하고 있다. 일반적으로 플라스틱 폐기물은 매립, 소각 또는 재활용하는 방법으로 처리되고 있다. 매립의 경우, 매립된 플라스틱 폐기물의 분해 시간이 매우 오래 소요됨에 따라, 매립 공간의 부족을 유발하고 토양오염을 일으키는 원인이 된다. 또한, 소각의 경우, 유독가스의 발생으로 인해 대기오염은 물론 지구의 온난화 현상을 가중시키는 원인이 된다. 그러므로 이러한 플라스틱 폐기물을 재활용하는 방법을 통해서 재료의 생산 단가를 낮추는 동시에 환경오염을 방지하는 효과를 제공할 수 있다.
- [0011] 이러한 관점에서 재활용 폴리프로필렌 수지를 활용할 수 있는 방안뿐 아니라 천연섬유로 강화된 재활용 폴리프로필렌 복합수지의 제조방법에 대한 기술 개발이 요구되고 있는 실정이다.
- [0012] 재활용 폴리프로필렌 복합수지의 제조방법에 관한 선행기술로는 먼저, 미국등록특허 제9,309,392호(2016.04.12.)는 재활용 플라스틱을 이용한 강화 플라스틱 제조방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로 재활용 저밀도 폴리에틸렌(recycled LDPE), 재활용 고밀도 폴리에틸렌(recycled HDPE) 및 재활용 폴리프로필렌(recycled 폴리프로필렌)의 혼합 조성물을 유리 섬유 및 마이카(mica)로 강화시켜 열변형 온도, 기계적 강도, 열안정성 등의 재료 물성을 향상시키는 방법에 대해서 기재되어 있다.
- [0013] 그러나, 상기의 선행기술은 유리섬유 및 마이카로 강화시킨 재활용 플라스틱 소재는 열적·기계적 특성이 여전히 산업적 이용가능성을 증대시킬 만한 수준에 미치지 못하는 문제점이 있다.
- [0014] 또 다른 선행기술로, 미국등록특허 제8,642,683호(2014.02.04.)는 천연섬유계와 합성섬유계 필러를 포함하는 재활용 폴리프로필렌 복합재료 제조 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 천연섬유계 및 합성섬유계 필름으로 폴리프로필렌 또는 재활용 폴리프로필렌을 사출 성형하여 복합재료를 제조하는 방법에 대해서 기재되어 있다. 그러나, 상기의 선행기술은 천연섬유계 및 합성섬유계로 강화시킨 재활용 복합재료는 굴곡 탄성률이 1.9 내지 2.4 GPa 범위 내로 제한되어, 보다 높은 강성을 가진 복합재료의 개발이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0015] (특허문헌 0001) 미국등록특허 제9,309,392호(2016.04.12.)
(특허문헌 0002) 미국등록특허 제8,642,683호(2014.02.04.)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0016] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출한 것으로, 열적·기계적 특성이 우수하며, 높은 강성을 갖는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0017] 본 발명은 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법에 있어서, 상기 케나프 섬유와 및 재활용 폴리프로필렌은 건조하는 단계; 상기 건조된 케나프 섬유 및 재활용 폴리프로필렌을 압출기에 투입하여 혼합 및 압출 성형하는 단계; 상기 압출 성형단계에서 수득된 압출 성형물을 사출 성형하는 단계;를 포함하며, 상기 케나프 섬유는 20 ~ 50 wt%이며, 재활용 폴리프로필렌은 50 ~ 80 wt%를 포함하는 것을 특징으로 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법을 제공한다.
- [0018] 본 발명에 있어서, 상기 건조하는 단계는 20 ~ 150℃의 온도에서 8 ~ 16시간 환류 건조하는 것을 특징을 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법을 제공한다.

- [0019] 본 발명에 있어서, 상기 건조하는 단계에서 케나프 섬유는 50 ~ 150℃의 온도에서 8 ~ 16시간 환류 건조하는 것을 특징으로 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법을 제공한다.
- [0020] 본 발명에 있어서, 상기 건조하는 단계에서 재활용 폴리프로필렌은 20 ~ 100℃의 온도에서 8 ~ 16시간 환류 건조하는 것을 특징으로 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법을 제공한다.
- [0021] 본 발명에 있어서, 상기 혼합 및 압출 성형하는 단계에서의 회전속도는 1.0 ~ 100rpm의 속도이며, 100 ~ 180℃의 온도범위에서 혼합 및 압출 성형하는 것을 특징으로 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법을 제공한다.
- [0022] 본 발명에 있어서, 상기 사출 성형하는 단계 전에 수득된 압출 성형물을 40 ~ 80℃의 온도에서 8 ~ 16 시간동안 환류 건조하는 단계를 추가적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법을 제공한다.
- [0023] 본 발명은 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료에 있어서, 상기 케나프 섬유는 20 ~ 50 wt%이며, 재활용 폴리프로필렌은 50 ~ 80 wt%를 포함하며, 굴곡 강도는 30 ~ 45 MPa, 굴곡 탄성률은 2 ~ 6GPa, 저장탄성률은 2.5 ~ 5.5GPa(25℃), 열변형 온도가 110 ~ 145℃인 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료를 제공한다.
- [0024] 본 발명에 있어서, 상기 케나프 섬유는 ?핑(chopping)되어 있는 것을 특징으로 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료를 제공한다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명에 따른 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료는 폐기된 산업용 폴리프로필렌 소재를 이용함에 따라 생산 비용 절감의 효과를 얻을 수 있다.
- [0026] 또한, 본 발명에 따른 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료는 열적·기계적 특성이 우수함에 따라 다양한 분야에 적용될 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명에 따라 제조된 실시예 1 내지 3 및 비교예 1의 용융흐름특성을 도시한 것이다.
- 도 2는 실시예 1 내지 4 및 비교예 1 내지 6의 함량비에 따라 제조된 복합재료의 굴곡시험 결과이다.
- 도 3은 동역학적 열분석기기를 사용하여 본 발명에 따른 실시예 1 내지 4의 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌의 복합재료의 동역학적 열특성 그래프이다.
- 도 4는 실시예 1 내지 4 및 비교예 1 내지 6의 충격강도 그래프이다.
- 도 5는 실시예 1 내지 4 및 비교예 1 내지 6의 열변형 온도를 도시화한 그래프이다.
- 도 6은 실시예 1 내지 3 및 비교예 1의 열치수 안정성을 시험하여 얻어진 온도에 따른 치수의 변화를 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 다른 식으로 정의되지 않는 한, 본 명세서에서 사용된 모든 기술적 및 과학적 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 숙련된 전문가에 의해서 통상적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로, 본 명세서에서 사용된 명명법은 본 기술분야에서 잘 알려져 있고 통상적으로 사용되는 것이다.
- [0029] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0031] 본 발명의 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법에 있어서, 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌을 건조하는 단계; 상기 건조된 케나프 섬유 및 재활용 폴리프로필렌을 압출기에 투입하여 혼합 및 압출 성형하는 단계; 상기 압출 성형 단계에서 수득된 압출 성형물을 사출 형성하는 단계를 포함하며, 상기 케나프 섬유는 20 ~ 50 wt%, 재활용 폴리프로필렌은 50 ~ 80 wt%를 포함하는 것을 특징으로 하는 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 제조방법을 제공한다.

- [0032] 상기 케나프 섬유는 생산과정에서 1차적으로 절단된 다발(buddle)형태이나, 재활용 폴리프로필렌과의 혼합을 위하여 (chop) 형태로 분쇄하는 것이 바람직하다. 분쇄된 케나프 섬유는 1 ~ 10 mm의 크기인 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 2 ~ 6 mm의 크기를 갖는 것이 바람직하다. 분쇄된 케나프 섬유의 크기가 2mm 미만인 경우에는 섬유의 중형비가 낮아 보강 효과가 기대에 못 미칠 수 있으며, 6mm 초과하는 경우에는 재활용 폴리프로필렌과의 컴파운드링 섬유끼리 엉키거나 섬유에 전단힘이 작용하여 섬유가 절단되거나 손상될 우려가 있어 섬유의 분산성이 떨어져 복합재료의 물성을 저하하기 때문에 상기의 범위를 사용하는 것이 보다 바람직하다.
- [0033] 상기의 분쇄된 케나프 섬유에는 천연섬유로, 수분이 포함되어 있음에 따라 50 ~ 150℃의 온도에서 8 ~ 16시간동안 환류 건조하여, 케나프 섬유에 포함되어 있는 수분을 제거하는 것이 바람직하다. 50℃미만이면 케나프 섬유가 건조되기 어려운 온도로서, 천연섬유인 케나프 섬유가 미건조 상태로 존재하게 되어, 압출공정 시에 수증기가 발생하고, 수증기로 인하여 팽핑(popping) 현상이 발생하게 된다. 한편 150℃ 가 넘어서 케나프 섬유가 과도하게 건조되면 천연섬유의 색상의 변화 또는 물성이 손상될 염려가 발생하게 된다.
- [0034] 재활용 폴리프로필렌은 페플라ستيك 부품으로부터 선별, 분쇄, 세척, 재성형 및 건조하는 방식으로 얻어지는 재활용 폴리프로필렌을 의미한다. 분쇄된 재활용 폴리프로필렌의 평균 크기는 2 내지 20 mm의 범위에서 조정되는 것이 바람직하다. 재활용 폴리프로필렌이 20 mm 초과일 때는 재활용 폴리프로필렌 매트릭스 내 상기 천연섬유의 분산성이 좋지 못하여 섬유 강화 효과가 떨어질 수 있다.
- [0035] 상기 재활용 폴리프로필렌은 환류 건조를 하는 것이 바람직하다. 건조시의 온도는 20 ~ 100℃의 온도에서 8 ~ 16시간동안 건조하여 세척시 포함되어 있는 수분을 제거하는 것이 바람직하다. 20℃미만이면 재활용 폴리프로필렌이 미건조 상태로 존재하게 되어, 케나프 섬유에서와 마찬가지로 압출공정 시에 수증기가 발생하고, 수증기로 인하여 팽핑(popping) 현상이 발생하게 된다. 한편 100℃ 초과되는 온도에서 건조하게 되면, 재활용 폴리프로필렌이 과도하게 건조되고, 재활용 폴리프로필렌의 물성이 손상 된다.
- [0036] 상기 분쇄 과정 및 건조 과정을 통해 수분이 제거된 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌은 혼합 및 압출 성형 공정을 진행하기 위하여 압출기에 투입된다.
- [0037] 압출기는 구조에 따라 싱글 스크류 압출기(single screw extruder)와 트윈 스크류 압출기(twin screw extruder)로 나눌 수 있으며, 혼합 및 압출 성형 공정시의 압출기는 싱글 스크류 압출기 또는 트윈 스크류 압출기 중에서 선택하여 사용할 수 있다.
- [0038] 바람직하게는 트윈 스크류 압출기를 사용하여, 혼합 및 압출 성형 공정을 진행하는 것이 바람직하다. 이는 트윈 스크류 압출기는 열전달 속도면에서 우수하며, 또한 열전달의 조정이 용이하다. 또한, 압출 성형에 필요한 압력은 짧은 배출 부위에서 형성되어 마모되는 부분이 적기에 트윈 스크류 압출기를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0039] 상기 압출기의 피더 또는 사이드 피더에 상기 건조된 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌은 각각 또는 혼합되어 투입될 수 있다. 이때, 압출기의 회전속도는 1.0 ~ 100rpm의 속도이며, 압출기의 온도는 100 ~ 180℃의 온도범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0040] 상기 압출기의 메인 스크류의 회전속도는 60 ~ 100 rpm이며, 사이드 피더의 스크류의 회전속도는 1.0 ~ 40 rpm인 것이 바람직하다. 사이드 피더의 스크류의 회전속도는 20 ~ 40 rpm의 회전속도를 갖는 것이 보다 바람직하다. 상기의 범위를 벗어나면 압출기의 사이드 피더에 투입되는 케나프 섬유의 섬유장이 길어 투입되는 도중에 섬유간에 응집현상으로 인해 스크류의 갑작스런 부하를 일으켜 회전이 중단될 가능성이 존재하기 때문에 이러한 현상이 발생되지 않도록 메인 스크류의 회전속도와 사이드 피더의 스크류 속도의 차가 크지 않도록 해야 한다.
- [0041] 상기 혼합 및 압출 성형단계를 통해 수득된 압출 성형물은 사출 성형하는 공정을 진행한다. 이때, 수득된 압출 성형물을 건조하는 과정을 추가적으로 포함할 수 있다. 수득된 압출 성형물을 40 ~ 80℃의 온도에서 8 ~ 16시간 동안 환류 건조하는 과정을 통해, 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 성형이 잘 이루어 질 수 있다.
- [0042] 상기 사출 성형 단계에서 사출기 내부의 압력이 15 내지 35 kgf/cm²이며, 내부의 온도 범위가 150 내지 250 ℃인 것이 바람직하며, 상기 내부 온도가 250℃를 초과할 경우에는 천연섬유인 케나프 섬유 또는 재활용 폴리프로필렌이 고온에 의해 열분해되거나 변성되어 재생 복합재료 조성물의 물성이 현격히 저하될 수 있다.
- [0043] 상기 케나프 섬유는 20 ~ 50 wt%, 재활용 폴리프로필렌은 50 ~ 80 wt% 포함하는 것이 바람직하다. 케나프 섬유의 함량이 50 wt%를 벗어나는 경우 압출 공정의 어려움이 있으며, 연속공정으로 사출 공정 전의 냉각공정의 수

행의 어려움이 발생하는 문제점이 있다. 일례로, 천연섬유인 케나프 섬유의 함량이 증가되면 압출 성형물의 냉각 및 보관에 있어서 수분의 제거를 위한 환류 건조 과정이 길어질 수 있다.

[0044] 본 발명은 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료에 있어서, 상기 케나프 섬유는 20 ~ 50 wt%이며, 재활용 폴리프로필렌은 50 ~ 80 wt%를 포함하며, 굴곡 강도는 30 ~ 45 MPa, 굴곡 탄성률은 2 ~ 6GPa, 저장탄성률은 2.5 ~ 5.5GPa(25℃), 열변형 온도가 110 ~ 145℃인 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료를 제공할 수 있다.

[0045] 본 발명에 따라 제조된 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료에는 산화방지제, UV 안정제, 난연제, 착색제, 가소제, 열안정제, 슬립제 및 대전방지제 중 1이상 추가적으로 포함될 수 있다.

[0047] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 케나프 섬유와 폴리프로필렌 복합재료의 압출 성형을 이용한 펠렛 제조 및 사출 성형을 통한 시편 제작에 대하여 상세히 설명하고자 한다.

[0049] 하기 표 1은 실시예 1 내지 3은 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 케나프 섬유 및 재활용 폴리프로필렌의 함량비이며, 비교예 1 내지 7은 케나프 섬유, 대나무 섬유 및 재활용 폴리프로필렌의 함량비이다.

표 1

	케나프 섬유 (wt%)	재활용 폴리프로필렌 (wt%)	대나무 섬유 (wt%)
실시예 1	20	80	-
실시예 2	30	70	-
실시예 3	40	60	-
비교예 1	-	100	-
비교예 2	20	70	10
비교예 3	30	60	10
비교예 4	40	50	10
비교예 5	-	80	20
비교예 6	-	70	30
비교예 7	-	60	40

[0052] 1. 열처리 공정

[0053] 케나프 섬유는 100℃의 환류 오븐에서 12시간동안 건조하는 과정을 통하여 수분 함량을 감소시켰으며, 재활용 폴리프로필렌은 60℃의 환류 오븐에서 12시간동안 건조하는 과정을 수행한다.

[0055] 2. 혼합 및 압출 성형 공정

[0056] 열처리 공정을 통해 수분 함량이 감소된 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌의 함량비를 조절하여 압출 성형 공정을 진행한다.

[0057] 케나프 섬유 및 재활용 폴리프로필렌의 물리·화학적 특성을 고려하여, 피더에는 재활용 폴리프로필렌을 투입하였으며, 사이드 피더에는 케나프 섬유를 투입하며, 상기 피더의 스크류 회전 속도는 80rpm., 사이드 피더의 스크류 회전속도는 40rpm으로 하여 혼합 및 압출 성형 공정을 진행한다.

[0058] 상기 혼합 및 압출 성형 공정을 통해, 제조된 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 압출 펠렛은 60℃의 환류 오븐에서 12시간 건조한다.

[0060] 3. 사출 성형 공정

[0061] 상기 12시간 건조한 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 압출 펠렛을 사출 성형기의 호퍼에 투입한

다. 상기 사출 성형기에서 노즐을 통해 몰드로 인입된 살출 결과물은 50℃의 온도에서 20초간 냉각과정을 거친다

[0062] 상기 사출 성형 공정을 통해 취득된 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료를 사출 압력 15 ~ 20 kgf/cm², 보압 15 ~ 20 kgf/cm² 및 시간 0 ~ 5 sec의 조건을 통해 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 시편을 제작한다.

[0064] <실험예 1> 구성소재 함량별 용융흐름특성(MFI)

[0065] 도 1은 본 발명에 따라 제조된 실시예 1 내지 3 및 비교예 1의 용융흐름특성을 도시한 것이다.

[0066] 도 1에서 나타난 바와 같이, 케나프 섬유가 첨가됨으로써, 펠렛 내에서의 수지 흐름성이 케나프 섬유에 의해 방해 받아 용융상태에서의 복합재료 흐름성(MFI)이 낮아졌다.

[0068] <실험예 2> 기계적 특성

[0069] 1. 3점-굴곡시험

[0070] 3점 굴곡시험은 ASTM D790M 시험평가 규정에 따라 수행하였다.

[0071] 도 2는 실시예 1 내지 3 및 비교예 1 내지 7의 함량비에 따라 제조된 복합재료의 굴곡시험 결과이다. 천연섬유인 케나프 섬유, 대나무섬유 및 케나프/대나무 하이브리드 섬유의 보강으로 인한 복합재료의 굴곡강도 및 굴곡탄성률의 증가폭은 도 2에 나타나듯이 본 발명에 따라 제조된 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌 복합재료의 굴곡 탄성률은 약 2.5 ~ 6GPa로, 약 20 ~ 45% 가량 증가하였으며, 굴곡 강도는 약 33 ~ 42MPa로, 약 40 ~ 250% 정도 향상된 물성을 갖는 것을 확인할 수 있다. 이는 복합재료의 전체에서 중형비가 전체적으로 증가할수록 굴곡 강도와 굴곡 탄성률에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다. 특히, 완성된 복합재료의 완전탄성변형의 영역으로 판단할 수 있는 굴곡 탄성률의 값이 매우 큰 폭으로 향상됨을 알 수 있다. 이는 굴곡 특성에 있어서 섬유장의 길이가 강도보다는 탄성률의 증가에 더 크게 기여한다고 판단할 수 있다.

[0073] 2. 동역학적 열특성

[0074] 도 3은 동역학적 열분석기기를 사용하여 본 발명에 따른 실시예 1 내지 3의 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌의 복합재료의 동역학적 열특성 그래프이다.

[0075] 승온속도는 3℃/min, 진동수 1Hz, 측정온도 범위 -80 ~ 120 ℃, Oscillation amplitude 10 μm에서 상기 케나프 섬유와 재활용 폴리프로필렌의 복합재료의 동역학적 열특성을 분석하였다.

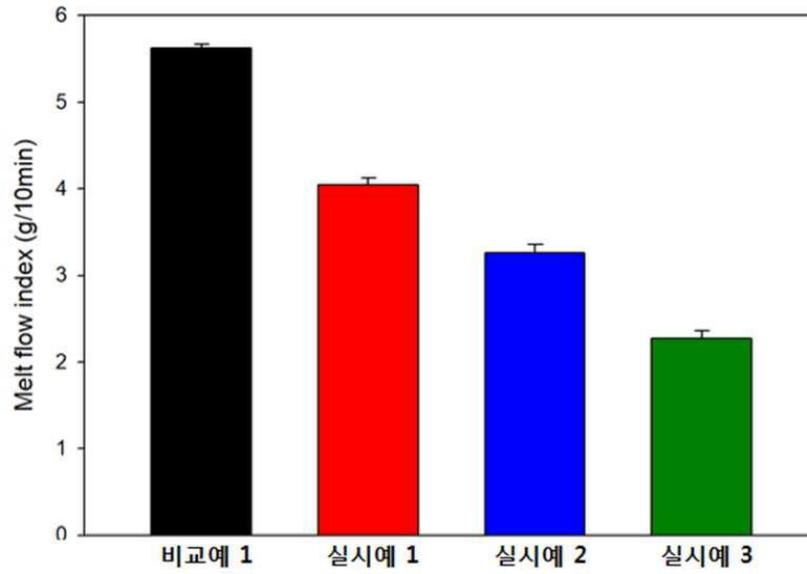
[0076] 도 3의 그래프는 DMA 결과로 저장 탄성률(storage modulus)과 tan δ 변화를 각 온도별로 보여준다. 저장 탄성률의 그래프에서 그래프의 y축인 높이는 복합재료의 각 온도에서의 탄성률을 나타내는 것이며, 케나프섬유의 함량이 증가할수록 섬유의 보강효과로 인하여 복합재료의 저장탄성률이 명확하게 상승하였다. 복합재료 내의 고분자수지는 온도가 상승함에 따라 고분자 사슬의 운동이 활발해지며 보다 유연(soft)해지고, 이는 복합재료의 물성 저하로 저장탄성률의 하락으로 나타난다. 온도가 상승함에 따라 유연(soft)해진 복합재료는 가해진 외부의 하중을 감쇄(damping)하는 특성을 지닐 수 있으며, 그 결과는 tan δ의 변화로 확인이 가능하다. 재활용 폴리프로필렌의 유리전이온도는 구성성분에 따라서 나타나며 일반적인 플라스틱의 온도사용 범위인 DMA의 측정범위에서는 폴리프로필렌의 유리전이 온도가 해당된다. 이 유리전이 온도에서 고분자는 고분자 사슬의 움직임이 시작되며, tan δ 그래프에서 약 18℃ 부근에 피크(peak)를 보이듯 강한 감쇄거동을 나타내게 된다. 이 분기점을 기준으로 복합재료의 감쇄특성은 온도의 상승에 따라 고분자 사슬의 움직임이 자유로워지며 결과로 tan δ 그래프의 기울기가 더욱 더 큰 폭으로 상승함을 알 수 있다. 기존의 고분자 수지만 제조된 파렛트들은 상기 재활용 폴리프로필렌과 유사한 거동을 나타낸다. 낮은 저장탄성률과 높은 감쇄 특성이 케나프 섬유의 보강으로 인해 저장 탄성률은 2 ~ 8GPa로, 약 20~90%가량의 탄성률 향상을 갖으며, tan δ 변화는 약 30%정도 감소된 감쇄거동을 나타냄을 알 수 있다

- [0078] <실험예 3> 충격 특성
- [0079] 충격 특성은 충격시험기를 사용하여, ASTM D256 규정에 따라 수행하였다.
- [0080] 도 4는 실시예 1 내지 3 및 비교예 1 내지 7의 충격강도 그래프이다.
- [0081] 충격강도는 복합재료 외부에서 충격을 가했을 시에 흡수하는 충격에너지의 양을 의미하고 단단한(rigid) 구조와 같이 깨지기 쉬운(brittle) 재료일수록 재료의 충격흡수를 할 능력이 떨어지게 되며 이는 충격강도는 낮아지는 결과로 직결한다. 아래의 결과는 순수한 재활용 PP가 가장 높은 충격강도이며 천연섬유의 첨가 및 함량의 증가에 따라 충격강도의 하강이 발생하였다. 이는 우수한 충격특성을 보유한 열가소성 재활용 PP에 보다 단단하고 깨지기 쉬운 재료인 천연섬유의 보강으로 충격저항성이 낮아지며 이는 앞서 제시한 DMA 분석의 $\tan \delta$ 결과와 일치하는 것이다. 또한, 여러 구성요소가 존재하는 복합재료가 하나의 상을 지닌 복합재료와 같이 거동 할 수 있도록 제조하는 것이 충격강도의 성능개선에 크게 기여를 한다.
- [0083] <실험예 4> 열적 특성 분석
- [0084] 1. 열변형 온도(HDT)
- [0085] 열변형 온도는 열변형 온도 측정기를 사용하여 ASTM D648에 의거하여 측정하였다. 열변형 온도의 측정 조건은 하중 0.455 MPa, 승온속도 2°C/min의 조건에서 수행하였다.
- [0086] 열변형 온도(HDT) 분석은 복합재료의 시편에 일정한 하중(0.455MPa)을 가한 상태에서 재료의 온도 상승으로 인한 일정한 변화(0.254 mm)가 발생 할 때의 온도로 파렛트 제품이 실내·외 사용온도에 적합한지 참고할 수 있는 중요한 분석이다.
- [0087] 도 5는 실시예 1 내지 3 및 비교예 1 내지 7의 열변형 온도를 도시화한 그래프이다. 보다 고온에서의 변형을 견딜 수 있는 보강제인 천연섬유인 케나프 섬유 및 대나무 섬유를 재활용 폴리프로필렌에 첨가함에 따라 재료의 열변형 온도가 약 30% 이상 크게 증가 하였으며, 보강섬유의 함량이 상승할수록 열변형 온도의 소폭 상승이 확인 되었으며, 30 wt% 이상의 단섬유와 장섬유가 함께 섞인 케나프/대나무/재활용 폴리프로필렌 복합재료에서 열변형 온도의 상승폭이 대나무/재활용 폴리프로필렌 복합재료 및 케나프/재활용 폴리프로필렌 복합재료 보다 높은 것으로 보아 보강제의 입자크기 또는 길이에 따라 더욱 큰 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 파렛트 응용분야에서 제품의 열변형 온도 상승은 동일한 조건의 섬유가 보강되지 않은 다른 파렛트보다 사용온도 범위와 동일한 온도에서의 최대 적재 하중에 있어서도 크게 개선된 결과를 앞서 제시한 DMA 결과와 연동하여 기대가능함을 알 수 있다.
- [0089] 2. 열치수 안정성(TMA) 및 열팽창 계수(Coefficient of Thermal expansion)
- [0090] 열치수 안정성 및 열팽창 계수는 열기계 분석기를 사용하여 macro-expansion probe를 적용하여 측정하였다. 열치수 안정성 및 열팽창 계수의 측정 조건은 30 ~ 110°C의 영역에서 승온속도 5°C/min의 조건에서 수행하였다.
- [0091] 도 6은 실시예 1 내지 3 및 비교예 1의 열치수 안정성을 시험하여 얻어진 온도에 따른 치수의 변화를 보여주는 그래프이다.
- [0092] 케나프 섬유의 함량이 증가함에 따라 열팽창에 의한 복합재료의 치수 변화가 적은 것이 나타났으며 온도가 상승함에 따라 치수변화폭의 증가가 발생하였다. 이는 기본적으로 열가소성 고분자인 재활용 폴리프로필렌이 가지는 열팽창계수에 낮은 열팽창계수를 가지는 셀룰로오스기반의 천연섬유가 보강됨에 따라 복합재료의 낮은 열팽창을 나타내며, 케나프 섬유의 함량이 40 wt%에서 온도에 따라 급격하게 증가하는 경향을 나타내었으며, 이는 40 wt%의 케나프섬유가 들어간 복합재료의 제조공정에서 긴 섬유길이에 의해 뭉친 케나프섬유가 순간적으로 과량 투입됨에 따라, 압출기 내부에서 제대로 된 분산이 되지 않아 내부에 공간적인 결함이 존재할 수 있으며 이에 기인한 결과로 급격하게 증가하는 경향을 나타내었음을 판단하였다. TMA분석은 위와 같은 기공의 및 완전한 복합재료의 분산 등이 크게 기여하는 분석이다.
- [0093] 열에 따른 복합재료 치수의 변형은 재료의 치수 안정성에 직결하며 치수 안정성이 향상된 복합재료는 치수의 불안정이 요구되는 특정한 응용분야를 제외하고는 의미가 있는 결과로 천연섬유인 케나프 섬유를 첨가에 따라 상승된 복합재료의 치수안정성은 파렛트 응용분야에 있어서 유의미하다고 판단된다.

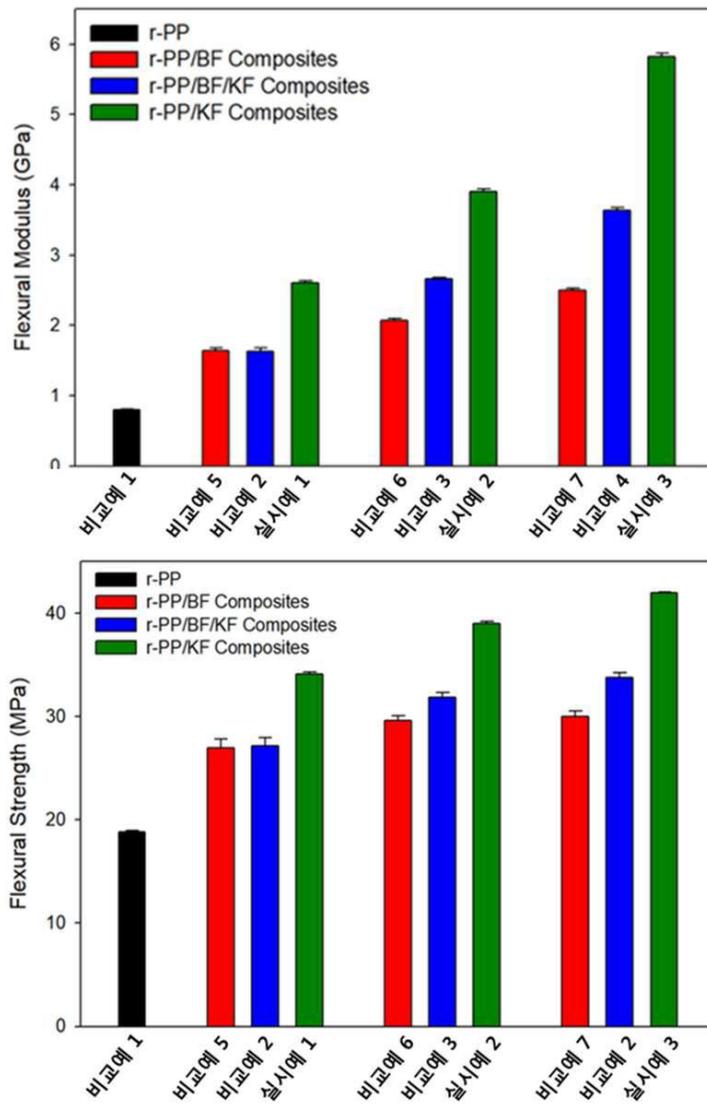
[0094] 본 발명의 단순한 변형 또는 변경은 모두 이 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의하여 용이하게 실시될 수 있으며 이러한 변형이나 변경은 모두 본 발명의 영역에 포함되는 것으로 볼 수 있다.

도면

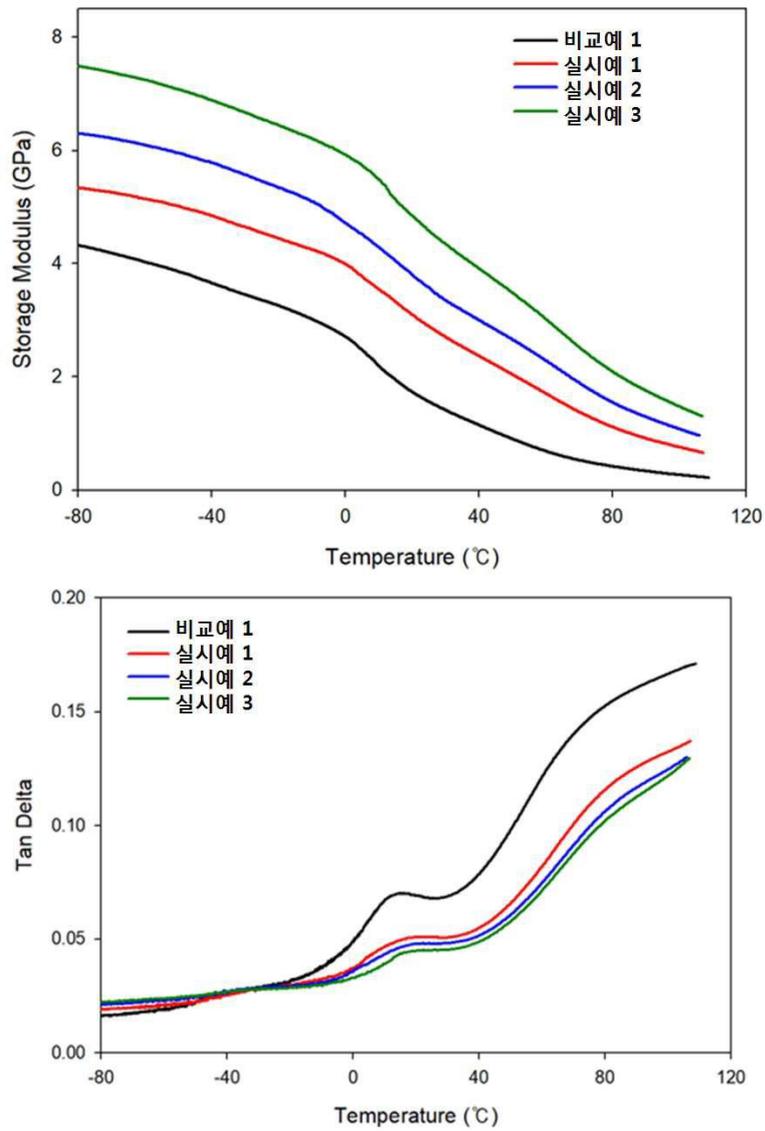
도면1



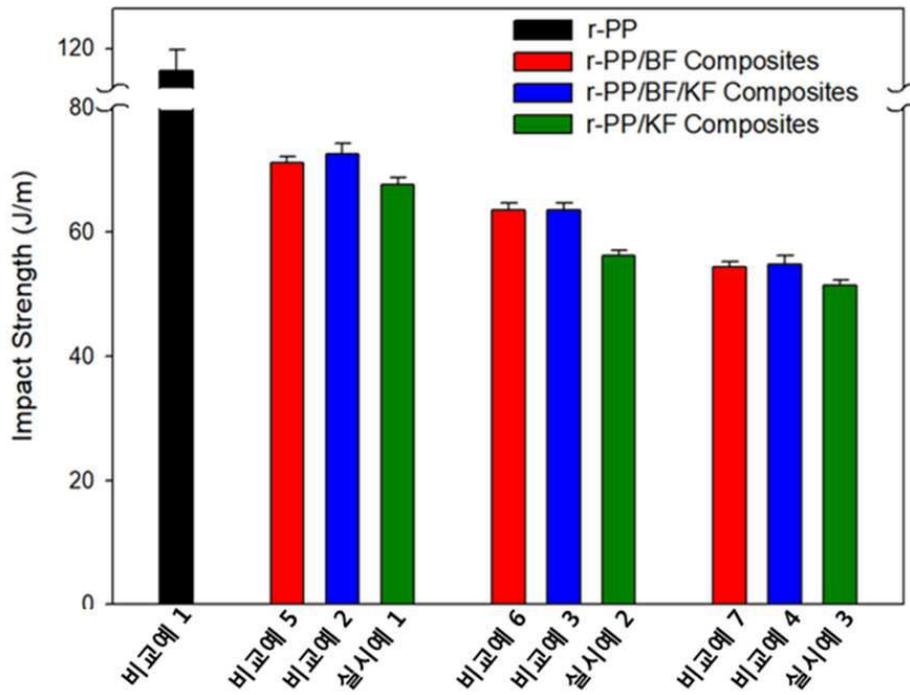
도면2



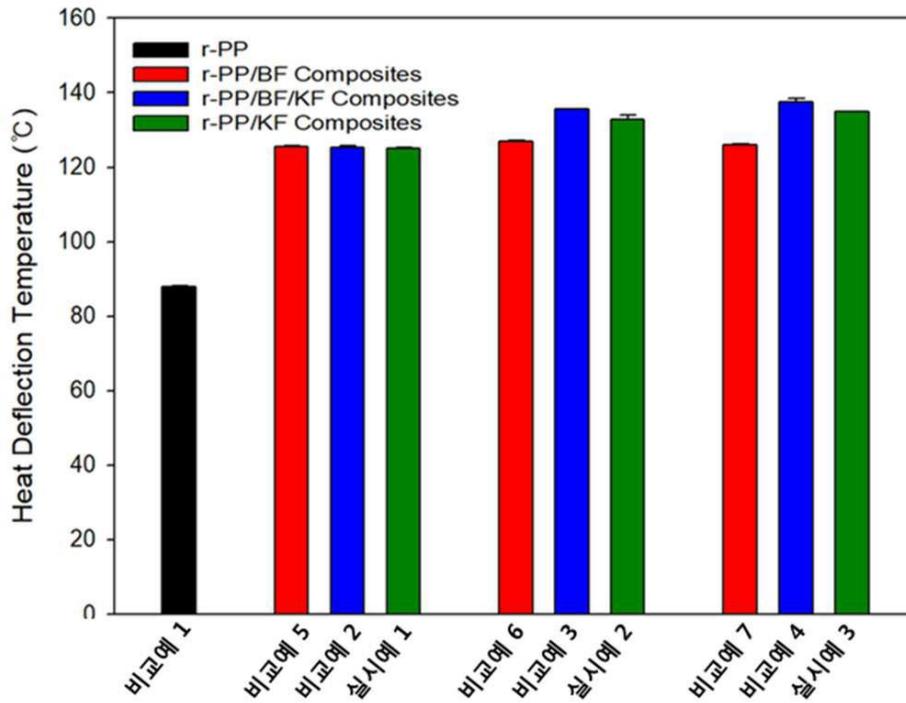
도면3



도면4



도면5



도면6

