

Electroflocking을 이용한 단섬유 프리프레그 제조에 관한 연구

임순호*·이상수*·박민*·김준경*·최철림*·권성진**

Manufacture of Short Fiber Prepreg using Electroflooding

S.H. Lim*, S.S. Lee*, M. Park*, J.K. Kim*, C.R. Choe*, S.J. Kwon**

Key Words: 탄소섬유강화복합재료, 유리섬유강화복합재료, 고전기장, 정전식모

Abstract

The carbon fiber or glass fiber reinforced prepregs were manufactured using electrostatic flocking technology. The powder of high density polyethylene was used as a matrix. The base film of polyethylene was prepared using a fluidized bed of polyethylene powder under the high electric field. We obtained HDPE film with uniform thickness of minimum 80 μ m. And the fibers were aligned on the molten HDPE film by the electroflooding process. The short fibers with 1mm were easily electrically charged and aligned under the high electric field. The carbon fibers with high conductivity were easily electrically charged than the glass fibers with low conductivity. So lower electric field was needed for the carbon fibers.

1. 서 론

우주·항공, 자동차, 건축 등 각종산업에서 기존의 금속소재를 대체할 경량 소재 개발의 필요성으로 인하여 그동안 많은 복합재료 제조기술이 개발되어 왔다. 본 연구에서는 선진국을 중심으로 개발된 기존공정의 단점을 보완하여 고점도 열가소성 수지의 직접용융함침기법과 고전기장을 이용한 고속 및 경제성이 확보된 열가소성 프리프레그 제조기술을 확립시켜 금형이 필요 없는 대형구조물 제조를 위한 중간재 제조기술을 개발하고자 한다.

지금까지의 연구개발 실적은 열가소성수지 비연

속섬유 프리프레그 개발의 경우 미국 미시간 주립 대학의 고속-저가 복합재료 제조센터의 Drzal 그룹이 약 90년대 중반부터 유리섬유계 flexible prepreg 개발을 목표로, 보강섬유에 대한 열가소성 수지 분말 함침 기술과 고전기장을 이용한 분산배향기술을 적용하여 고속-저가 구조용 복합재료 개발 연구를 수행하며 구조용 소재 부문에서 앞서 나가고 있다. 한편 이보다 앞서 러시아(벨루로시)의 Polymer Metal Institute의 복합소재 그룹은 electroflooding 공정을 복합재료의 성능향상 및 마찰성 제어 등의 기능화 및 특수 필름의 제조에 이용하는 연구를 수행하여 flocking 기술을 이용한 기능성 복합소재 제조에 많은 know-how를 축적하고 있다.

열가소성 복합재에 대한 최근 국내 개발 동향은 범용 열가소성 수지 복합재료, 특히 사출성형용 단섬유 몰딩컴파운드에 국한되어 있으며 프리프레그 형태의 열가소성 중간재 개발은 많은 회사들이 관

* KIST 고분자하이브리드연구센터

** 신안상사(주)

심을 갖고 연구를 하였으나 기술력이 낮고 시장성이 불투명해 연구가 중단된 상태이다. 최근에 전세계적으로 범용 열가소성 기지수지 복합재료가 저가의 장점 때문에 그 수요가 크게 증가하고 있으며, 점차적으로 고성능 EP 기지 복합재료로 그 수요가 이동할 것으로 보인다. 그러나 그 수요가 크게 증가하리라고 예측되는 배향된 단섬유 및 연속섬유를 이용한 열가소성수지 프리프레그 제조에 관한 연구는 국내에서는 물론 국제적으로도 거의 이루어지고 있지 않고 있으므로 앞으로 크게 형성될 국제시장에 대한 대비가 절실하다.

본 연구에서 개발되는 열가소성수지 프리프레그를 이용한 3차원 고분자 복합재는 자동차, 건축 등 사회 기반산업에 경량화를 통한 에너지 절감과 환경친화적인 효과를 줄 뿐 아니라 차세대 고속전철의 소재로도 각광받고 있는 재료로서 고속전철 몸체의 국내 자체 생산이 가능해 질 수 있다. 교량의 보수 등 토목분야에 있어서도 이미 선진외국에서는 고분자 복합재의 수요가 증대되고 있는 현실을 볼 때 본 연구의 결과들이 이러한 사회 기반산업에 크게 활용되는 것은 확실하리라 생각된다. 또한 2010년대에 국내에서 주력 사업으로 이끌어 나갈 인공위성사업에서도 발사체를 비롯한 여러 부품들이 고분자 복합재로 이루어져 있으므로 본 연구결과가 곧 활용이 되리라 예측되며 인공위성사업 외에도 비행기 등을 포함한 항공·우주분야에 크게 활용이 되리라 예측된다.

기능성 고분자 중간재를 제조하는 기술을 개발함으로써 기존 복합재료 산업으로의 활용 가능성은 매우 높아질 것이라 예상된다. 또한 본 기술의 핵심기술 중 하나인 flocking 기술 자체도 중요한 섬유 후처리공정으로서 섬유제품의 고급화/고부가가치화에 기여할 것이며 산업 폐오수 처리용 필터 제조의 핵심기술로서 활용 가능하여 환경 기술에 미치는 파급효과도 매우 크다.

2. 실험

2.1 재료

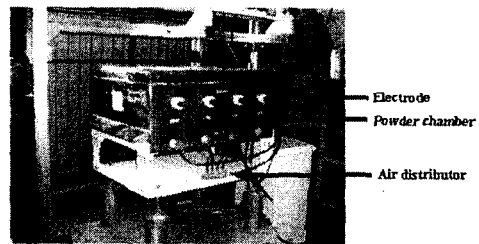
본 연구에서는 1mm 길이로 절단한 에폭시 sized 탄소섬유(태광산업, TZ-307) 및 E-Glass 섬유(Vetrotex)를 섬유강화재로 사용하였다. 고분자 매트릭스로는 입경 0.2 mm 이하의 고밀도 폴리에

틸렌(대한유화공업, M850)을 사용하였다.

2.2 고분자 필름 제조

2.2.1 제조 공정

Fluidized bed를 이용하여 폴리에틸렌 분말에 압축공기를 이용해서 유동층을 형성시킨 후 내부에 설치된 전극선을 통하여 일정한 전압을 가해 폴리에틸렌 분말들을 대전시켰다.(Fig.1) 대전된 폴리에틸렌 분말들을 테프론 코팅된 금속 substrate 상에 전기적인 인력에 의하여 일정한 두께로 코팅한 후 이들을 열선으로 가열하여 용융상태의 층을 제조, 정전식모를 할 수 있는 상태로 만들었다. 이 용융층의 두께를 측정하기 위하여 냉각시켜 필름형태로 만든 후 마이크로미터를 사용하여 두께를 측정하였다.

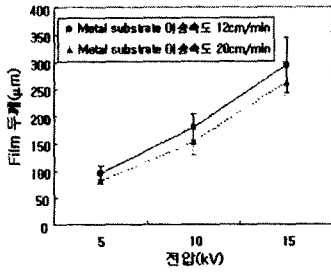


Fluidized bed for powder coating

Fig.1 Fluidized bed for powder coating

2.2.2 필름 두께 측정

Fluidized bed 내에 있는 폴리에틸렌 분말에 가해지는 전압을 각각 5, 10, 15kV로 변화시키고 또한 substrate 이송속도를 12, 20cm/min로 변경하며 제조된 필름의 평균두께변화를 측정한 결과 전압이 증가함에 따라 형성되는 필름 두께가 거의 선형적으로 증가하였고 substrate 이송속도가 증가할수록 필름 두께는 감소하며 두께편차도 줄어들었다.(Fig.2) 제조가능한 필름의 최소두께는 80 μ m이다.



전압 및 metal substrate 이송속도에 따른 polymer film의 평균두께 변화

Fig.2 전압 및 metal substrate 이송속도에 따른 polymer film의 평균두께 변화

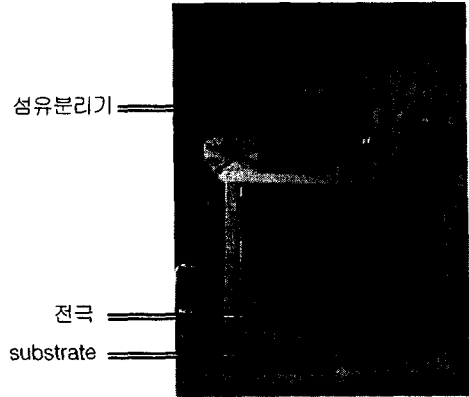


Fig.4 정전식모장치

2.3 Electroflocking을 이용한 섬유식모

2.3.1 탄소섬유 식모

2.3.1.1 식모공정

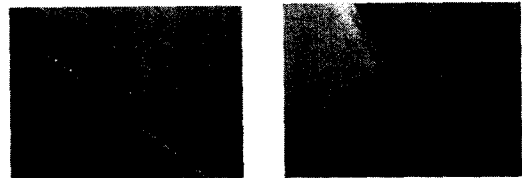
일정한 길이(1mm)로 절단된 탄소섬유는 자체적인 정전기로 서로 달라붙어 뭉쳐있게 되어 이를 식모가 가능하도록 분리시키기 위해 섬유분리기를 사용한다.(Fig.3) Fig.4에서 보는 바와 같이 섬유분리기를 통과하여 분리된 섬유가 일정한 양으로 고전압이 가해지는 전극을 통과하며 금속 substrate에 형성되어 있는 용융상태의 고분자층에 정전식모된다.



Fig.3 섬유분리기

2.3.1.2 식모상태

Fig.5 사진에서 나타난 바와 같이 전극과 substrate간 거리에 대한 전압이 1.8kV/cm 정도일 때 어느 정도의 식모가 가능해졌으며 전압이 증가함에 따라 섬유의 직립도는 큰 차이가 없으나 식모밀도가 크게 증가하였다.



전압 : 1.8kV/cm 전압 : 2.7kV/cm

Fig.5 전압에 따른 탄소섬유의 식모상태

2.3.2 유리섬유 식모

2.3.2.1 식모공정

일정한 길이(1mm)로 절단된 유리섬유를 정량공급롤러 및 섬유공급용 knife를 통하여 일정한 양으로 공급한다.(Fig.6) 이 섬유들이 브리쉬롤러, 스크린 및 전극을 통과하며 금속 substrate에 형성되어 있는 용융상태의 고분자층에 정전식모되며 스크린을 통과하지 못한 잉여섬유들은 수거되어 다시 정량롤러로 이송된다.

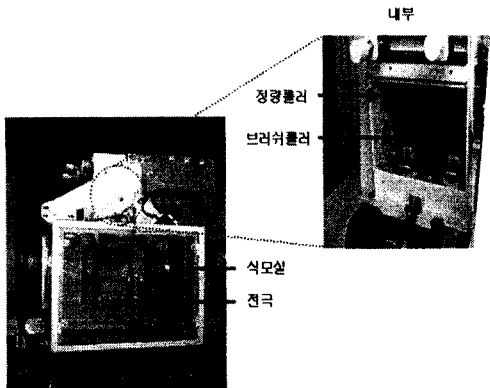


Fig.6 정량롤러가 부착된 정전식모장치

2.3.2.2 식모상태

Fig.7 사진에서 보듯이 유리섬유의 경우는 전압이 1.8kV/cm가 되어도 식모가 제대로 이루어지지 않는 것을 확인할 수 있었다. 이는 유리섬유가 탄소섬유에 비해 전기전도성이 낮기 때문에 같은 전기장하에서 탄소섬유에 비해 정전기를 덜 띄기 때문이다. 전압이 2.7kV/cm 이상 되어야 식모가 가능함을 알 수 있었다.



전압 : 1.8kV/cm 전압 : 2.7kV/cm
Fig.7 전압에 따른 유리섬유의 식모상태

3. 결론

고전기장과 유동층(fluidized bed)을 이용한 고분자 필름 제조 장치를 이용하여 매우 균일한 두께의 폴리에틸렌 필름을 얻을 수 있었다. 전압 및 이송속도에 따라 필름 두께를 80 μ m에서 300 μ m 이상까지 조절이 가능함을 확인할 수 있었다.

정전식모장치를 이용한 섬유식모는 탄소섬유와 유리섬유의 경우 크게 차이가 난다. 즉, 탄소섬유의 경우 유리섬유에 비해 전기전도성이 큰 재료이므로 낮은 전기장 하에서도 정전기를 잘 발생되어 전기장방향으로 배향이 잘 될 뿐 아니라 전기장을

조금만 올려도 섬유들이 높은 정전기를 띄게 되어 섬유 끝과 끝이 서로 전기인력으로 연결되어 식모장치 내의 천정 및 전극에 달라붙게 되어 작업이 불가능해진다. 반대로 유리섬유의 경우 탄소섬유에 비해 전기전도성이 상당히 낮을 뿐만 아니라 무게도 무겁기 때문에 배향도를 올리기 위해서는 높은 전기장을 필요로 한다.

후 기

본 논문은 2001년도 21C 프론티어연구개발사업인 차세대 소재성형 기술개발 사업단의 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) M. Park, J. Kim, S. Lim, M.B. Ko, C.R. Choe, V.S. Mironov, Korea Polymer Journal, 8(1), 6-11 (2000)
- (2) 박민, 김준경, 임순호, 고문배, 최철림, V.S. Mironov, 방효재, 이광희, 폴리머, 24(2), p268-275 (2000)
- (3) V.S. Mironov, M. Park, Composites Science and Technology, v60, p927-933 (2000)
- (4) C.F. Schmid, D.J. Klingenberg, J. of Colloid and Interface Sci. 226, 136-144 (2000)
- (5) US Patent 3,203,821 (1965)
- (6) US Patent 5,017,312 (1991)
- (7) US Patent 5,196,212 (1993)
- (8) US Patent 5,580,512 (1996)
- (9) M.N. Myakarnam, L.T. Drzal, Plastics Engineering, no. 1, 35-37, (1997)
- (10) V.S. Mironov, O.B. Skryabin, O.R. Yurkevich, Proc. Int. Conf. Adv. in Materials & Processing Technol., 24-27 Aug. (1993)
- (11) J. Martinsson, J.L. White, Polym. Com., 7, 302-314 (1986)
- (12) M.E. Weber, M.R. Kamal, Proc. ANTEC 95, 1387-1391 (1995)