

## Glass Fiber로 강화된 Nylon 6,6 / Ionomer 블렌드의 물리적 특성

### Physical Properties of Glass Fiber Reinforced Nylon 6,6 and Ionomer Blends

박광석, 서광석

Kwangseok Park, Kwang S. Suh

Department of Materials Science, Korea University

#### Abstract

Physical properties of glass fiber-reinforced nylon 6,6 and ionomer blends were investigated in variation of ionomer and glass fiber content. With the increase of ionomer content, tensile strength, impact strength and flexural strength decreased, whereas increasing glass fiber content, these properties were improved. Both permittivity and  $\tan \delta$  remain unchanged. Space charge distribution was investigated by PEA (Pulsed electroacoustic) method. Heterocharge was found in nylon 6,6 and glass fiber composites, whereas homocharge develops when ionomer is blended.

**Key Words (중요용어) :** Nylon 6,6 , Ionomer, Glass fiber, Space charge, PEA

#### 1. 서론

Nylon은 강도, 탄성율, 마찰 저항성, solvent 저항성, 마모저항 등에서 좋은 특성을 나타내는 재료이다. 하지만, 일반적으로 nylon은 강도가 좋은 반면에 notch에 민감하여 충격 강도 (Impact strength)가 저하되는 단점을 지니기 때문에, 흔히 rubber 계통의 impact modifier와 블렌드하여 충격 강도를 향상시켜 사용한다. 이 외의 다른 기계적 특성 증진을 위해서는 흔히 유리섬유 (Glass fiber)를 충전재

(Filler)로 사용하는데 nylon과 유리섬유는 서로 반응성이 없으므로 실란 (Silane) 계통 coupling agent를 사용하여 유리섬유의 표면을 처리함으로써 계면 결합력을 높이는 방법이 이용되고 있다 [1-2].

본 연구는 nylon 6,6과 impact modifier로 ionomer를 선정하여 유리섬유와 ionomer 함량을 각각 변화 시켜가며 물리적 특성, 즉 기계적 특성 및 전기적 특성을 분석함으로써, 이러한 재료를 전기분야에 적용할 수 있는 가능성을 알아보기 위해 진행되었다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 제조

기본 수지로 nylon 6,6 (Nyltech)를 사용하였고, impact modifier는 ionomer (Surlyn 9020, DuPont)를 선정하였다. 여기에 열안정제와 활제를 첨가하여, 이축 압출기 (Twin extruder)를 이용하여 압출하였다. 유리섬유는 aminosilane으로 표면 처리된 직경이 10  $\mu\text{m}$ , 길이가 3.2 mm인 것을 side feeder를 통해 loading 하였다. 압출된 pellet 형태의 시료를 injection molding의 방법으로 각 실험 조건에 맞는 형태로 성형하여 실험하였다.

시료 조성은 Ionomer의 함량에 따른 변화를 보기 위한 경우는 유리섬유 함량을 40 wt%로 고정시키고 ionomer 함량을 0, 10, 20, 30 phr로 변화시켰고, 유리섬유의 함량에 따른 영향을 보기 위해서는 ionomer를 배제하고 유리섬유만을 30, 35, 40, 45 wt%로 변화시켜 사용하였다.

### 2.2 기계적 및 전기적 특성 측정

기계적 특성 및 전기적 특성은 ASTM 기준에 따라 ionomer와 유리섬유의 함량에 따른 변화를 측정하였다.

공간전하 분포의 측정은 전기음향펄스 방법 (PEA, Pulsed electroacoustic method)을 사용하였다. 그림 1에 측정장치의 개략도를 나타내었다. 시편은 알루미늄으로 된 전극 사이에 위치되고, 전기펄스 (Electric pulse)를 가하면 시료 내를 전파해 나갈 수 있는 acoustic wave가 발생되며 이를 piezoelectric material을 통해 전기적 신호로 전환하여 이 신호를 oscilloscope를 통해 측정하게 된다.

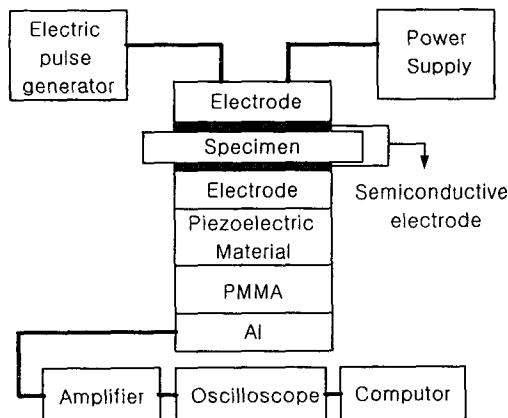


그림 1. 공간전하분포 측정장치의 개략도

시편의 두께는 대략 1100  $\mu\text{m}$ 로 하였으며 80°C 진공 oven에서 24 시간 처리하여 흡습에 의한 영향을 배제하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 기계적 특성

그림 2에 유리섬유의 함량은 40 wt%로 고정하고 ionomer 함량을 변화시켰을 때의 대표적인 기계적 특성을 나타냈다. Ionomer 함량이 증가함에 따라 인장 강도, 탄성율, 굴곡 강도의 감소가 관찰되었다. 충격 강도는 20 phr에서 최대값을 나타냈다. 이것은 ionomer의 flexibility에 기인하며, nylon과의 블렌드에서 nylon이 가지는 notch 민감성을 완화시켜 주는 역할을 한다.

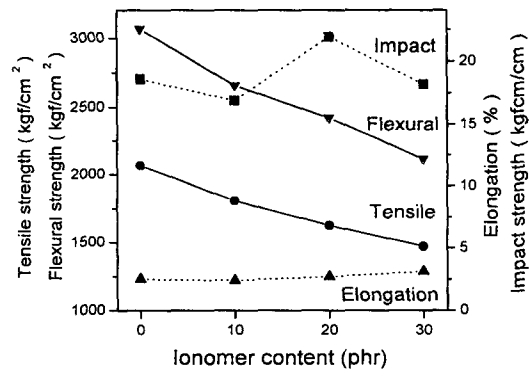


그림 2. Ionomer 함량에 따른 기계적 특성

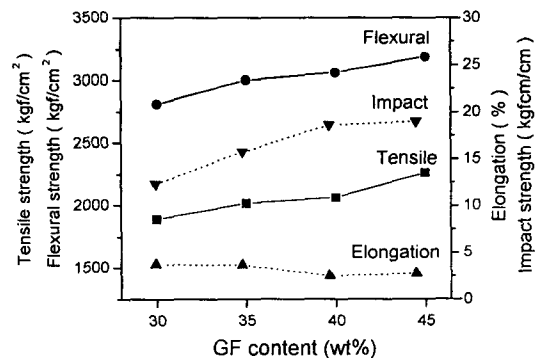


그림 3. 유리섬유 함량에 따른 기계적 특성

그림 3에 ionomer를 배제하고 유리섬유의 함량만을 변화시키며 측정된 기계적 특성을 나타냈다. 유리섬유의 함량이 증가됨에 따라 인장 강도, 충격 강도, 굴곡 강도의 증가가 관찰되었다. 이러한 경향은 nylon과 유리섬유의 계면 결합력이 유리섬유 함량이 45 wt% 정도까지 충분하기 때문인 것으로 생각된다.

### 3.3 전기적 특성

표 1에 ionomer 함량에 따른 대표적인 전기적 특성인 유전율과  $\tan \delta$ 를 나타냈다. Ionomer 함량이 증가함에 따라 특성치에 큰 변화가 나타나지 않았다.

표 2에 유리섬유의 함량을 변화시킨 경우를 나타냈는데 여기에서도 마찬가지로 특성에 큰 변화를 나타내지 않았으며 이로부터 ionomer나 유리섬유의 함량에 의해 유전율이나  $\tan \delta$  값이 거의 영향받지 않음을 알 수 있었다.

표 1. Ionomer 함량에 따른 전기적 특성

성분비 (phr)		특 성	
Ny 6,6	Ionomer	유전율	Tan $\delta$
100	0	3.227	0.0053
90	10	3.340	0.0050
80	20	3.147	0.0048
70	30	3.223	0.0048

표 2. 유리섬유 함량에 따른 전기적 특성

성분비 (wt%)		특 성	
Ny 6,6	G/F	유전율	Tan $\delta$
60	30	2.900	0.0056
54	35	3.130	0.0060
48	40	3.147	0.0048
42	45	2.882	0.0053

### 3.4 공간전하 분포

그림 4는 25 kV/mm의 전기장을 인가한 경우에, ionomer 함량에 따라 측정된 공간전하 분포를 나타내고 그림 5는 전기장을 제거하고 난 후 잔류 전하의 분포도이다.

음전극 쪽에 나타난 음전하는 전극으로부터 주입된 전하에 의해 형성된 동종전하 (Homocharge)이며 시료 내에는 전하 형성이 거의 없는 것을 알 수 있다. 본 연구에 사용된 ionomer는 ethylen과 methacrylic acid의 공중합체이며, 금속이온을 통해 methacrylic acid가 부분적으로 중화된 구조를 갖고 있다 [3]. 금속이온은 이온성 클러스터를 형성시키는데, 이들 이온성 클러스터와 내부 불순물 등에 의해 전기장 내에서 ionomer는 이종전하 (Heterocharge)를 형성할 것을 예상할 수 있다.

실험결과를 보면, ionomer 함량이 0 phr인 경우 음전극 쪽에 이종전하의 형성이 관찰되나 ionomer가 블랜드 되면 동종전하로 바뀌는 것을 볼 수 있다. 이것은 ionomer에 의해 생기는 ionomer와 nylon 6,6 계면, ionomer와 반응성이 없는 유리섬유와의 계면에 트랩 (Trap)되는 전하에 의한 것으로 생각된다.

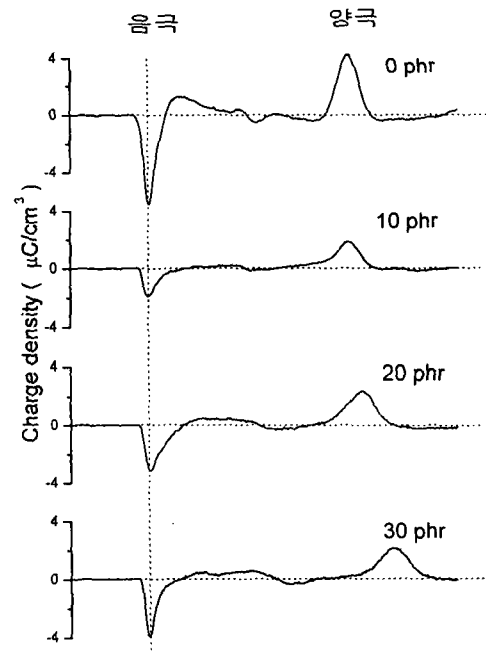


그림 4. 전압 인가시 ionomer 함량에 따른 공간전하분포 (E=25 kV/mm)

#### 4. 결론

Nylon 6,6은 ionomer의 함량이 증가함에 따라 충격강도가 증가하며 인장강도, 굴곡강도는 감소하는 것으로 나타났다. 유리섬유 함량에 대한 기계적 특성 변화에 있어서는 인장 강도, 굴곡 강도, 충격 강도 등이 모두 향상되는 것으로 나타났으며 이는 실란으로 처리된 유리섬유와 nylon 6,6이 강한 계면 결합력을 가지기 때문인 것으로 생각된다. 반면에 본 연구에서 측정된 유전율과  $\tan \delta$  등의 전기적 특성은 ionomer나 유리섬유의 함량에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. PEA 방법을 통한 공간전하분포 측정에서는 ionomer가 포함되지 않은 경우 전기장 내에서 이중전하를 형성하지만, ionomer가 블렌드되면 전극으로부터 주입된 전하에 의해 동중전하를 형성하며 이중전하는 거의 형성하지 않는 것으로 보인다. 이는 ionomer와 matrix 수지, 유리섬유간 계면에 전하가 트랩 되는 효과에 의한 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

- [1] J. Edenbaum, "Plastics Additives and Modifiers Handbook", Plastic Industry Consultant, pp. 993-1001, 1992
- [2] 장정식, 문성인, "복합재료 강화재의 표면처리 및 계면 현상", Polymer Science and Technology, Vol.6, No.5, pp. 481-487, 1995
- [3] J. H. Manson, L. H. Sperling, "Polymer Blends and Composites", Plenum Press, pp. 166-168, 1976

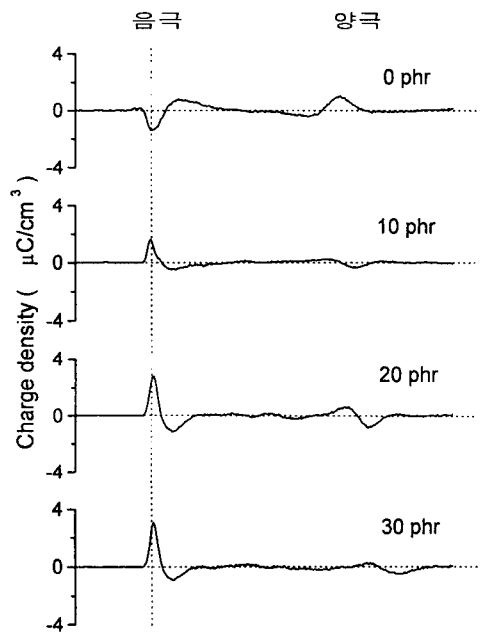


그림 5. 전압 제거 후 ionomer 함량에 따른 잔류 공간전하분포