

전도성 카본블랙이 충진된 도전성 고분자 복합재료(Ⅱ)

- 가공성을 중심으로 -

김 진 국[†]

경상대학교 고분자공학과, 첨단소재연구소

(1999년 3월 5일 접수)

Conductive Carbon Black Filled Composites(II)

- Concentrated on Processability -

Jin Kuk Kim

Department of Polymer Sci. & Eng., Advanced Materials Research Institute

Gyeongsang National University Chinju 660-701, Korea

(Received March 5, 1999)

요약: 기능성고분자의 가장 대표적인 것으로 전도성 고분자를 꼽을 수 있다. 상업화된 전도성 고분자 제조법으로서 전도성 물질의 충진에 의한 방법이 널리 사용되고 있지만 전도성 기능이 강하게 나타나지 않아 연구 개발 중이다. 이러한 이유중의 하나로 카본블랙과 고분자수지의 컴파운딩에 대한 이해 부족이 지적되고 있어, 본문은 전도성 카본블랙을 이용한 컴파운딩에 대한 기술 개발을 중심으로 이루어졌다. 연구 결과 섬유모양의 카본블랙이 고무가공 면에서 쉽지가 않았으나 전도성 면에서는 구 모양과 막대모양의 카본블랙 보다 우수한 결과를 나타내었다. 따라서 섬유모양 카본블랙과의 가공성을 높이기 위하여 oil을 첨가하여 가공한 결과, 물성면에서는 약간 뒤떨어지나 가공성이 향상되었으며 전도성 면에서도 우수한 결과를 나타났다. 또한 용액가공에 대한 연구를 용융가공과 비교하면서 수행하였다.

ABSTRACT : Nobody doubts to say that one of the most important performance polymers is a conductive polymer. The manufacturing process of the commercial conductive polymers has been known by mixing with the conductive materials, but it doesn't noticeably appear of a conductive function. One of the reasons is the lack of comprehension in compounding a carbon black with polymer resins. This paper involves the understanding of compounding technology of the conductive carbon black filled composite. Our experimental results indicate that the fibrous shaped carbon black was hard to process but appeared of a superior conductivity compared to a stick or a spherulite shaped carbon black. Therefore, it was processed with a processing oil in

[†]대표저자(e-mail : rubber@nongae.gsnu.ac.kr)

compounding, which led to a better processability and a better conductivity. This study was accomplished that the solution process compared to the melting process.

Keywords : conductive composites, carbon black, EVA.

I. 서 론

고분자는 일반적으로 우수한 절연체로 알려져 왔으며 이러한 이유로 전선 피복에 유효하게 사용되어 왔다. 그러나 단순히 절연성이 우수하다고 강조하는 것만으로는 21세기를 이끌어 갈 재료로서의 이미지에 크게 부합하지 못할 것이다. 정보통신의 주체로 자리 잡고 있는 반도체의 근간과 비교해 볼 때 절연체로서 만의 고분자는 시대적 조류에 적합하지가 않다. 우선 주위에서 쉽게 부딪칠 수 있는 상황을 생각하여 보면 절연성이 높은 고분자는 금속과 접촉했을 때 정전기를 띄기도 하고 다른 물질과의 마찰에 의해 대전되기도 하여 절연성이 오히려 장애가 된다. 특히 마찰에 의한 대전이 불꽃 방전해서 화재나 폭발의 원인이 되며 많은 전자기기의 망설과 고밀도 고감도를 자랑하는 제품에 치명적 손상을 입히기도 한다. 이를 위해 전기전도성 고분자의 연구 개발은 21세기를 보다 풍요로운 사회로 이끄는데 일조할 것임에 틀림없다.

이러한 시대적 요구로 전도성 고분자에 대한 관심은 기능성 고분자의 대표적인 신소재로서의 연구와 기술개발에 활발히 대두되고 있다. 카본블랙이나 금속섬유, 금속분말 등과 같은 첨가물을 사용하지 않고 고분자 그 자체가 전기 전도성을 가져 구리와 같은 도선을 얻을 수 있는 연구가 진행되었지만¹⁻⁶ 가공 단계에서의 물성 저하와 비싼 가격 때문에 일부에서만 실용화되고 있다. 따라서 금속분말을 이용한 전기전도성 고분자는 물성은 뛰어나지는 않지만 값싼 가격과 좋은 가공성 때문에 여러 분야에 응용되고 있다.⁷ 최근에 타이어용 첨가제 외에 카본블랙의 용도가 전도성 카본블랙의 기술개발에 의하여 고무나 플라스틱에 첨가되어 전기 전도성을 가지는 고분자의 제조시 전도성 충진제로 응용

되고 있다. 그 예로는 압출에 의한 sheet나 전선의 제조로 사용되는 재료로서 전기전도성 카본블랙과 ethylene vinyl acetate(EVA)나 ethylene ethyl acrylate Copolymer(EEA)를 이용한 컴파운드가 있다. 그 밖에 폭발 방지를 위한 벨트, 호스의 -전하와 액체의 +전하 때문에 발생하는 정전기를 방지하기 위한 화학 플랜트용 호스, 전자 제품의 정전기 방지용 상품, 전기부품, 열판, 그리고 도료와 접착제 등에 응용되고 있다. 또한 컴퓨터나 텔레비전, 라디오등에서 발생하는 인체에 유해한 전자기파를 차단하는 등의 목적을 위하여 전도성 카본블랙 첨가하여 전도성 고분자를 제조하는 시도를 하고 있지만 가공상에 어려움이 있어 카본블랙의 물성과 가공성에 영향을 적게 주고 loading 함량을 증가시키기 위한 노력은 계속 진행되고 있다.

본 연구에서도 이러한 전도성 고분자의 응용성을 검토하기 위하여 도전성 카본블랙을 사용하여 고분자복합체 제조가공에 대하여 검토하였다. 카본블랙의 혼합에서 가장 중요한 것은 카본블랙을 어떻게 용이하게 분산 시키느냐와 요구하는 기능을 나타낼 수 있도록 혼합하느냐 하는 점인데 본 실험에서는 EVA를 기질로 하여 50phr까지 카본블랙을 혼합하여 실험하였으며 가공방법도 중요한 변수로 생각하여 용융가공과 용액가공을 비교 검토하였다. 또한 용융가공의 가공성 및 기능성 향상을 위한 방법으로 윤활유를 사용하여 그 효과를 검토하였다.

II. 충진제(carbon black)에 의한 전기 전도성

도전성 충진재료는 acetylene black과 같은 전도성 카본블랙과 graphite 또는 graphite/카본블랙 혼합물,

금속계(은, 동, 니켈, 알루미늄 합금 : 금속산화 등에 의해 불안정한 면이 있어 산화제2철, 산화아연과 같은 금속 산화물 상태로 사용)등이 소개되어 있다.

상업적인 도전성 복합재료제품의 제조방법은 도전성 충진제를 고분자 물질에 첨가, 혼련해서 만든다. 이때 주의할 점은 용도에 따라 전도성 충진제의 종류 및 첨가량을 조절해야 한다. 전도성 물질의 전기적 특성은 도전성 충진제의 입자형태와 입도 및 고분자수지의 종류와 특성에 따라 달라진다.

도전성 충진제의 첨가로 제조된 도전성 고분자는 일반적으로 입자끼리의 접촉상태 때문에 구조가 높은 (high structure) 카본블랙을 이용하는 것이 카본블랙 입자의 연결 상태가 좋아 유리한데 혼련작업 중에서 유의해야할 점은 카본블랙의 구조를 가능한 한 파괴하지 않아야 한다. 예를 들면 원료 고분자의 점도가 높은 상태에서 카본블랙을 더하는 것보다는 잘 소련된 상태로 혼합하는 것이 전기저항은 저하된다. 온도는 저온보다 고온쪽이, 가소제 등의 연화제는 조기에 혼합하는 편이, 혼련 시간은 가능한 한 단시간에 하는 편이 전기저항이 낮은 제품을 얻을 수 있다.

카본블랙이 고분자의 전기저항을 작게 하는 것은 카본블랙 입자의 접촉 뿐만 아니라 배합량에 의해서도 결정된다. 배합량은 전도성이 좋은 카본일수록 충진량이 적어도 전기전도성이 좋아지게 된다. 또 카본블랙의 분산상태의 영향이 크며 혼련시간에 따라 살펴보면 저항은 감소하다가 너무 지나치게 혼련하면 혼련시간과 함께 전기 저항은 오히려 증가된다.^{8,9} 따라서 절연체인 고분자 기질(matrix)은 충진제인 카본블랙의 입자간의 인력에 의해 도전성을 지니게 되는데 그 저항 값의 차이는 충진제인 카본블랙의 종류, 충진량 및 분산에 달려 있다.^{10,11}

III. 실험

1. 실험 재료

본 실험에서 전도성충진제로 전편⁷과 같이 3종류의

카본블랙을 사용하였다. 첫째, 긴사슬체인 모양의 구조로 형상을 가지고 있는 전도성카본블랙(제조회사 : L사, 본문에서는 “A”로 명명), 둘째, 동근구모양의 카본블랙(제조회사 : AKZO CHEM. Co. 모델명 : Ketchen Black : 본문에서는 “B”로 명명), 셋째, 동근구모양에 약간의 사슬모양을 함유하고 있는 카본블랙(제조회사 : Denka Co. : Acetylene Balck : 본문에서는 “C”로 명명)을 사용하였다.(카본블랙사진 전편⁷ 참조)

고분자수지로는 EVA(EVAFLEX : DUPONT MI-TSUI CHEMICALS Co., LTD)를 사용하였다. 가공조제로는 윤활제(S-32, S-40 제일모직(주))와 분자량이 391g/mol, 비중이 0.986(20°C)인 dioctylphthalate(DOP)를 사용하였다.

2. 가공방법

30phr의 카본블랙을 EVA수지에 혼합하여 압출을 하였다. 이때의 압출기는 단축압출기(40φ)를 사용하였으며, 압출조건은 Table 1에 정리하여 나타내었다. 카본블랙 분산을 고려하여 윤활제로서 oil을 카본블랙 30phr과 미리 혼합한 다음 이를 수지와 혼합하여 압출시켜 압출방법에 따른 물성을 비교하였다. 이와 같이 압출에 의한 용융혼련공정은 카본블랙의 혼입량이 한정되어 카본블랙 50phr의 시편을 제조시는 EVA를 tetrahydrofuran(THF) 용매에 상온에서 기계식 교반기로 1시간 교반하여 완전히 용해시킨 후 그 용액에 카본블랙을 혼합시켜 1주일 동안 60°C로 용매

Table 1. Extrusion Condition of EVA Resin Filled with Three Different Kinds of Carbon Black (C/B)

Grade	Cylinder Temperature(°C)				Screw RPM
	C1	C2	C3	C4	
“A” C/B	153	205	193	187	50
“B” C/B	200	210	210	220	50
“C” C/B	200	222	220	230	50
“A” C/B with oil	130	140	140	150	40

를 완전히 없앤 후 프레스 작업으로 시료를 만들었다.

3. 시편제조

카본블랙의 loading량이 30phr인 경우에는 압출기에서 카본블랙과 EVA혼합수지를 혼합시킨 컴파운드를 압출 금형에 채운 뒤 유압식 프레스기(Carver laboratory press)를 사용하여 160°C 정도로 가열하여 5분 동안 경화시켜 판상 형태로 제조하여 시편은 시편절단기(아령형 3호)를 사용하여 준비하였다. 카본블랙의 함유량이 50phr인 경우에는 압출 성형 자체가 힘든 관계로 앞에서 설명한 용액가공 방법으로 작업을 수행하였다.

4. 시험방법

경도(Hardness)는 스프링식 경도 시험기를 사용하여 측정하였고 인장강도와 파단신율 측정은 인장시험기를 사용하였다. 고분자 가공성을 알아보기 위하여 용융지수(Melt Index)를 200°C에서 용융지수측정기를 사용하여 측정하였다. 본 실험의 목적은 전기전도성 복합체 제조이므로 전기전도도 측정이 가장 중요한 시험이라 할 수 있다. 전기전도도는 전기전도계를 사용하여 채적저항을 측정하였다. 이때 시편의 규격을 가로 100mm, 세로 100mm, 높이 2mm로 하였다. 이러한 현상들을 설명하기 위하여 형태학적인 시험을 수행하였는데 카본블랙의 분산성을 관찰하기 위하여 광학현미경으로 시편 표면사진을 찍어 조사하였다.

V. 결과 및 고찰

1. 가공성

전편의 논문⁷에서 기술하였듯이 카본블랙을 비교적 적은량, 2.5phr과 5phr을 혼합하여 실험한 경우는 고분자 수지에 카본블랙의 혼합이 용이하였으나 카본블랙의 혼합량이 30phr인 경우에는 압출가공상에 어려움이 뒤따름을 실험상에서 알 수 있었다. 카본블랙의 다량 혼입에 따른 카본블랙의 분산불량으로 제품의 물

성저하와 외관 상태의 불량 및 이형제 용액 흡습으로 인한 후공정에서 스코치 발생과 기포함입의 원인이 될 수 있으며 압출 및 압연 속도가 떨어짐으로써 생산성을 저하시킬 수 있고 발열이 심하여 스코치가 발생하기 쉽다. 이러한 결과로서 표면상태가 매우 거칠고 또한 압출물에서는 압출 팽창 및 수축률이 커져 생산성 저하의 원인이 된다. 카본블랙의 분산향상을 위한 방법으로는 첫째, oil을 첨가하여 고분자 점도를 낮추어 혼합공정을 쉽게 할 수 있는 방법이 있고, 둘째, 이축 압출기와 같은 분산성을 높일 수 있는 압출기를 사용하고, 셋째, 건조를 충분히 시켜 혼련공정을 하는 방법이 있으며, 넷째, 고분자를 용매에 녹인 다음 카본블랙을 첨가하여 혼합하는 용액가공이 있는데 본 실험에서는 첫째와 넷째 방법을 수행하였다. 이러한 카본블랙의 다량혼입이 가공을 어렵게 하는 이유중의 하나는 카본블랙의 첨가에 따른 점도상승인데 이에 대한 이론은 여러 가지 설이 있으나 카본블랙의 구조와 수지와의 결합에 의해 저항이 커진다고 설명되어 있는 것이 가장 정설로 되어 있다.¹²⁻¹⁴

이러한 영향을 카본블랙 종류별로 확인하기 위하여 전편에 기술한 플라스틱 수지중 ABS의 용융지수를 본 실험에서 사용한 3가지 종류의 카본블랙을 2.5phr과 5phr 충진시켜 측정한 결과를 참고로 하였다. Fig. 1에 나타난 결과는 카본블랙의 첨가에 따라 점도의 증가 현상이 일어나 용융지수값이 감소한 것으로 나타나 카본블랙의 첨가량이 많을수록 가공상의 문제점을 일으킬 요인이 많아짐을 알 수 있었다. 이 결과는 일반적으로 알고 있는 것을 확인한 상태이며 본 실험에서는 카본블랙 종류별로 비교하여 보았는데 카본블랙 "C"가 가장 카본블랙 첨가에 따라 용융지수의 변화폭이 카본블랙을 첨가 안한 시료와 비교할 때 가장 적었으며 "A"를 첨가하였을시 용융지수의 변화폭이 가장 크게 나타났다. 이를 형태학적으로 분석하여 보면 (A) 카본블랙의 구조는 실 모양으로 엉켜져 있고 (B) 카본블랙의 구조는 동근입자모양이고 (C) 카본블랙은 동근 모양에 막대기 모양의 구조를 가졌으

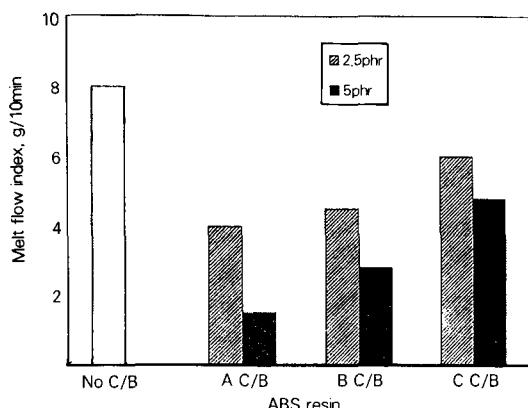
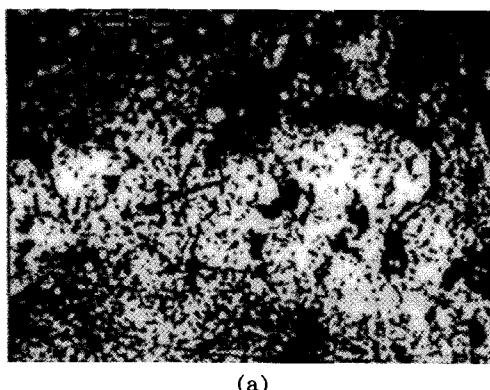


Fig. 1. Melt index of ABS composite filled with different kinds of carbon black.

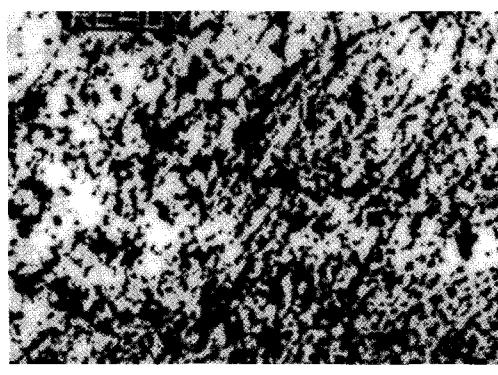
므로(전편⁷ Fig. 2 참조) 실 모양으로 엉키는 (A)카

본블랙이 수지와 겹과운당할 때 다른 모양의 카본블랙 보다 더욱 흐름저항성이 크다는 것을 알 수 있었다.

따라서 점도를 낮추기 위한 방법으로 윤활제를 첨가하였는데 혼합방법으로 카본블랙을 oil에 혼합한 다음 이를 고분자 수지에 혼합하는 가공방법을 선택하여 실험하였다. Fig. 2에 EVA/카본블랙의 분산사진을 나타내었는데 (A)카본은 agglomerates들이 뭉쳐 있어 분산정도가 가장 나빴음을 알 수 있었고, (B)카본은 (C)카본 보다 분산 면에서 나은 결과를 사진 상으로 확인 할 수 있었다. 분산상태가 가장 나쁜 즉 가공이 가장 어려운 (A)카본블랙 혼합시 oil과 함께 혼합한 경우, 사진에 나타난 바와 같이 oil 없이 (A)카본혼합만 혼합한 경우 보다 카본블랙의 분산상태를 매우



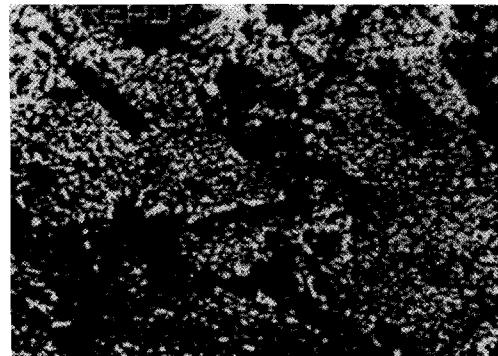
(a)



(a')



(b)



(c)

Fig. 2. Optical Micrographs of EVA composite filled with three different kinds of carbon black.

(a) : filled with carbon black A (a') : filled with carbon black A and oil

(b) : filled with carbon black B (c) : filled with carbon black C

양호하게 하여 가공성을 용이하게 하였으나 물성을 시험한 결과 물성면에는 나쁜 영향을 미쳤다. 카본블랙 첨가에 따라 물성에 미치는 영향은 다음 절에 기술하였다. 이 결과로 카본블랙의 모양이 가공성에 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

카본블랙 30phr 이상 혼합하면 압출작업이 용이하지 않아 용매를 이용한 용액가공을 수행하여 용융가공과 용액가공을 비교하였다. 용액가공은 용융가공에 비해 많은 양의 카본블랙을 혼합하기에는 적절하지만, 혼합공정이 복잡하고 시간이 많이 걸린다는 단점이 있다. 본 실험에서도 용액가공으로서 카본블랙 50phr을 혼합하여 시편을 제조하였으나 용매가 증발될 때 void를 형성하여 표면상태가 매우 불량하고 시편제조가 용이하지 않았다. 또한 용액가공에서는 카본블랙의 혼합은 매우 쉽게 진행되었으나 건조시킨 후 시편성형 제조단계에서 용매의 증발로 인한 프레스 공정이 매우 힘들었다. Fig. 3에 용액 가공시편의 형태학 사진을 나타내었다. 시편의 전기전도성을 측정하였더니 저항치가 무한대로 나타나 측정이 곤란하였다. 이는 제조된 시편의 표면이 고르지 않기 때문에 측정기구가 시편과 접촉이 힘들어 나타난 결과라 생각된다. 따라서 이에 대한 연구는 좀 더 계속되어야 하리라 믿는다.

2. 기계적 물성 및 전도성

카본블랙은 보강충진체로 사용되고 기계적 강도와



Fig. 3. Surface morphology of EVA/carbon black (50phr) composite from solution process.

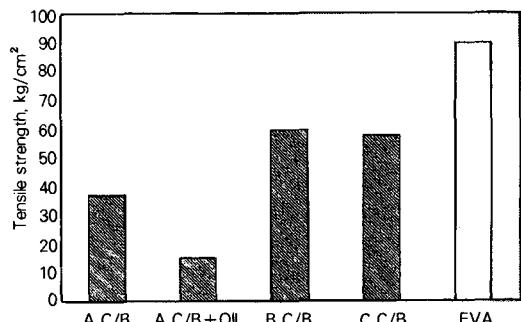


Fig. 4. Tensile strength of EVA composite filled with three different kinds of carbon black.

내마모성이 향상되는 것으로 보고되고 있다.¹⁵⁻¹⁹ 따라서 본 실험에서도 이와 같은 점을 고려하여 Fig. 4에 카본블랙 종류에 따른 인장강도를 나타내었는데 EVA수지에 카본블랙의 종류에 관계없이 30phr 혼합으로서 복합체의 인장강도는 감소하였다. 이는 전편⁷에서 기술한 바와 같이 카본블랙 5phr 또는 10phr 정도의 양을 혼합할 시는 보강효과로 인하여 인장강도가 증가하나 다량의 카본블랙 첨가는 오히려 인장강도를 저하시키는 요인이 된다는 것을 나타낸다. 특히 카본블랙의 구조가 섬유상으로 된 카본블랙을 충진한 경우에 인장강도가 가장 감소하였는데, 이는 앞의 형태학사진(Fig. 2)에서 알 수 있듯이 섬유상 모양의 카본블랙(A)이 다른 모양의 카본블랙(B, C)에 비하여 분산상태가 좋지 않음을 나타내어 카본블랙의 분산상태와 물성과는 매우 밀접한 관계가 있음을 나타낸다. 한편 가공성 향상을 위하여 oil을 첨가한 시료는 인장강도가 매우 감소함을 나타내었는데 이는 oil이 카본블랙과 고분자수지와의 계면에서의 결합을 약하게 하여 나타나는 결과라 생각된다.

파단신율의 경우도 다량의 카본블랙 첨가로 인한 감소를 나타내었으며, 인장강도에서 나타낸 경향과 같이 (A) 카본블랙을 혼합한 시편에서 가장 좋지 않은 결과를 나타내었고 oil을 첨가한 시편은 파단신율 면에서도 가장 나쁜 결과를 나타내었다.(Fig. 5)

경도는 카본블랙의 모양에 관계없이 카본블랙의 첨가에 따라 증가하였으며 oil을 첨가한 것은 경도가 오

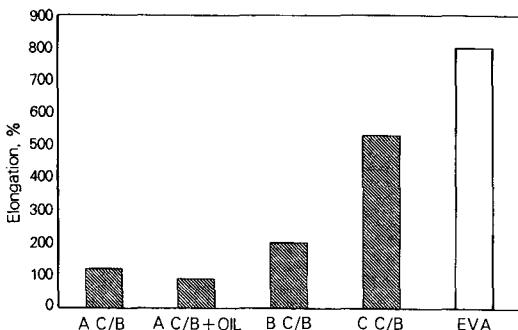


Fig. 5. Elongation at break of EVA composite filled with three different kinds of carbon black.

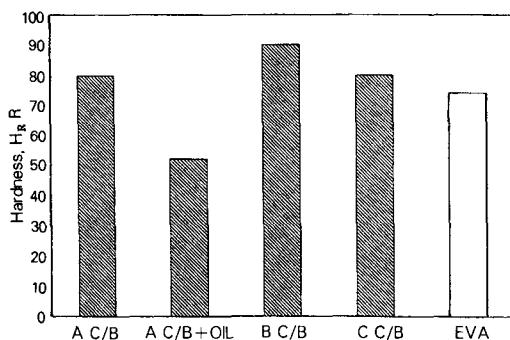


Fig. 6. Hardness of EVA composite filled with three different kinds of carbon black.

허려 감소하였다.(Fig. 6)

본 실험은 전도성 고분자 컴파운드 개발이 목적이므로 전기전도성(체적저항)을 카본블랙 종류별로 측정비교하였다. 측정결과 Fig. 7에 나타낸 바와 같이 EVA수지의 컴파운드는 $10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$ 로 절연체로 나타났으며 물성이 비교적 우수하게 나타난 (C) 카본블랙을 충전한 경우 $10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 로 나타나 별로 영향이 없는 것으로 나타났다. 이로서 분산성 면에서 (C) 카본블랙이 물성에는 좋은 영향을 나타낼 수 있었으나, 전기전도성 면에서는 전자를 이어주는 고리가 끊어짐으로서 전도성에는 안 좋은 영향을 미침을 알 수 있어 전편⁷에서 설명한 전도성이론을 뒷받침하였다. 이런 이유에서 섬유모양의 긴 사슬로 구성된 카본블랙을 충진한 복합체에서 체적 저항치가 $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 까지 나타

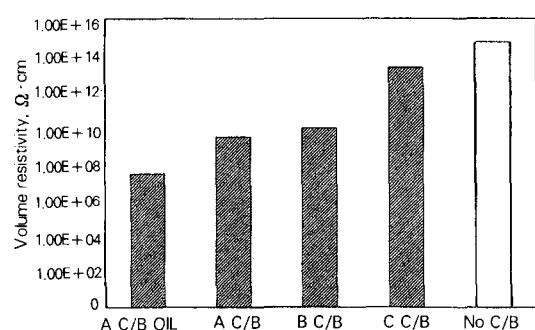


Fig. 7. Electrical volume resistivity of EVA composite.

내어 전도도면에서 약간 좋은 결과를 보였으며, oil처리를 한 카본블랙을 혼합한 시편에서는 $10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ 을 나타내어 가장 좋은 전도성을 나타내었다.

카본블랙 첨가량을 50phr로 하여 용액 가공 방식으로 시편을 제조하여 전도성을 측정하여 본 결과 표면 상태가 용매의 증발로 인하여 생긴 void 관계로 균일하지 못하여 전도성 측정에서 접촉불량으로 비전도성 물질로 결과가 나왔다.

따라서 앞으로 연구방향은 용액가공시의 이러한 문제점을 해결하여 좋은 전도성 고분자를 제조하고자 한다. 또한 oil처리를 한 카본블랙과 고분자수지의 연구는 체적저항 $10^2 \sim 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 의 전기전도성을 나타내는 semi conductivity material 제조 기술개발에 밀거름이 되리라 믿는다.

V. 결 론

본문은 전기전도성을 가지는 고분자의 제조 방법 중의 하나로 도전성 카본블랙을 고분자수지에 혼합하여 전기전도성 고분자 물질을 제조하는데 있어서 가공성을 중심으로 기술하였다.

도전성 카본블랙을 첨가하여 얻어진 고분자는 카본블랙의 분산, 입자크기, 첨가제에 따른 전기전도도가 달라진다. 전기전도도가 좋은 고분자를 제조하기 위해서는 여러 가지 가공 조건, 첨가제와 카본블랙의 적당

한 선택 등이 매우 중요하다.

본 실험에서는 모양에 따른 3종류(동근모양, 막대 모양과 둥근모양, 섬유모양)의 카본블랙을 비교 검토하였다. 카본블랙의 모양은 복합체의 카본블랙 분산상태에 영향을 미쳐 가공성에도 영향을 미쳤다. 구조가 크고 모양이 섬유모양 카본블랙은 전기전도성 면에서는 다른 카본블랙보다는 우수하였으나 카본블랙 분산이 힘들었으며 가공성은 좋지 않았다. 따라서 oil 등과 같이 점도를 낮추어 가공성을 향상시키는 첨가제를 사용하여 가공성은 좋아졌으나 첨가제 사용에 따라 물성에 나쁜 영향을 미쳤다.

압출기를 사용하는 용융가공은 카본블랙의 loading 양이 한정되어 있으므로 용액가공 방법으로 카본블랙의 loading양을 증가시킬 수 있었다. 그러나 가공면에서 일정한 형상을 가지는 제품 제조에는 용매의 증발로 인한 void 형성 관계로 힘들지만, 추후 기술개발이 이루어져 케스팅 가공을 통한 필름 제조를 통하여 좋은 결과를 얻을 수 있다고 생각된다.

EVA수지에 카본블랙 30phr을 혼합하여 실험한 결과 전기 저항치가 $10^{10}\Omega \cdot \text{cm}$ 까지 나타났는데 카본블랙을 혼합하는 방법으로서 oil에 먼저 혼합한 후 이를 고분자수지에 혼합하는 방법의 가공법으로서 전도성이 $10^7\Omega \cdot \text{cm}$ 까지 좋아졌음을 나타내어 가공방법 및 첨가제의 영향으로 전기전도성을 높일 수 있음을 증명하여 전기전도성 제품을 제조하기 위하여 가공공정(혼합공정)이 중요함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 (주)LG화학 카본사업부의 후원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 현

1. T. A. Skothem, "Handbook of Conducting

Polymer", Marcel Dekker, Inc., New York, 1986.

2. A. F. Diaz, J. I. Castillo, J. A. Logan and W. Y. Lee, *J. Electroanal Chem.*, **129**, 115 (1981).
3. R. A. Bull, F. R. Fan, and A. J. Bard, *J. Electrochem. Soc.*, **130**, 1639 (1983).
4. P. Burgmayer and R. W. Murray, *J. Am. Chem. Soc.*, **104**, 6139 (1982).
5. G. Tiravanti, *J. Membrane Sci.*, **9**, 229 (1981).
6. R. E. Hummel, "Electronic Properties of Materials", Springer-Verlag, Berlin., 1992.
7. 김진국, 엘라스토머, **31**(5), 355 (1998).
8. W. H. Hess, *Rubber Chem. Technol.*, **64**, 386 (1991).
9. M. H. Polley et al. *Rubber Chem. Technol.*, **30**, 170 (1957).
10. L. K. H Vab Beek et al., *J. Appl. Polym. Sci.*, **6**, 651 (1962).
11. P. Sheng, E.K. Sichel et al., *Phys. Rev. Lett.*, **40**, 1997 (1978).
12. A. Y. Coran and J. B. Donnet, *Rubber Chem. Tech.*, **61**(5), 973 (1992).
13. A. Ahagon, *Rubber Chem. Tech.*, **66**, 317 (1997).
14. S. Wolff, *Rubber Chem. Tech.*, **69**, 325 (1996).
15. 김진국, "고분자프로세스공학", 반도출판사. 1997.
16. "기초고무기술", 한국고무학회, 1983.
17. Nicholas P. Cheremisinoff, "Elastomer Tech. Handbook, Sci. Tech Technical Services", New Jersey, 1993.
18. A. D. Roberts, "Natural Rubber Sci. and Tech.", Malaysian Rubber Producers Research Association, Hertfordshire, 1988.
19. KSM 6518.