

EPDM/Bottom Ash 복합재료의 형태학 및 물리적 특성

김영호, 심현석, 이민호, 민병훈, 김정호*

수원대학교 화학공학과
445-743 경기도 화성시 봉담읍 와우안길 17

(2013년 5월 9일 접수; 2013년 7월 25일 수정본 접수; 2013년 7월 25일 채택)

Morphology and Physical Properties of EPDM Composites Containing Bottom Ash and Talc

Yeongho Kim, Hyunseok Shim, Minho Lee, Byong Hun Min, and Jeong Ho Kim*

Department of Chemical Engineering, University of Suwon
17 Wauan-gil, Bongdam-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi 445-743, Korea

(Received for review May 9, 2013; Revision received July 25, 2013; Accepted July 25, 2013)

요 약

EPDM 고무는 여러 가지 용도에 많이 사용되고 있는 소재이다. 화력발전소의 소각로에서 부산물로 발생하는 버텀애쉬(bottom ash)는 플라이애쉬(fly ash)와는 달리 재활용이 거의 되지 않고 있는데, 본 연구에서는 버텀애쉬 및 탈크를 포함하는 EPDM 복합소재를 roll-mill을 이용하여 제조한 후, 기계적, 열적, 전기적 및 경화 특성 등을 분석하였다. 또한 주사전자현미경(scanning electron microscopy, SEM)을 이용하여 복합재료의 모폴로지를 관찰하였다. 일부의 버텀애쉬는 계면활성제를 이용하여 개질한 후 EPDM 복합재료를 제조하여 개질의 효과를 조사하였다. 결과로 개질된 버텀애쉬 및 탈크를 포함하는 EPDM 복합재료는 우수한 인장 강도 및 인장 탄성률을 나타내었다. EPDM 복합재료의 체적 저항은 $10^{14} \Omega\text{cm}$ 이상으로 전기 절연체로서 저항 임계치를 만족하였고, 열적 물성 결과 버텀애쉬 및 탈크가 EPDM의 열적 안정성을 높여 주는 것으로 확인되었다.

주제어 : EPDM, 버텀애쉬, 탈크, 모폴로지

Abstract : Ethylene propylene diene terpolymer (EPDM) has been usually used for various applications. Bottom ash generated in thermoelectric power plant is hardly recycled. In this study, EPDM/bottom ash/talc composites were prepared by using roll-mill. Bottom ashes obtained from thermoelectric power plant were modified using surfactant. The processing materials used in this study were antioxidant, processing oil, cross-linking co-agent and softening agent. Morphology and physical properties of EPDM composites are investigated by using SEM, TGA, UTM and Rheometer. As a result, when modified ash and talc are added to EPDM composites, the tensile strength and modulus of EPDM composites were remarkably enhanced.

Keywords : EPDM, Bottom ash, Talc, Morphology

1. 서 론

최근에 ethylene propylene diene terpolymer (EPDM)은 우수한 내후성, 열적 안정성 및 절연 특성을 지니고 있어서 선박용 절연전선 케이블 및 항공우주산업용 고온 단열제로 사용되고 있다[1]. 내유성 및 접착성이 약하고 가황반응에 의해 기계적 강도가 약해지기 때문에 이러한 단점을 보완하기 위해 카본블랙(carbon black), 실리카(silica), 글래스 비드(glass bead) 등과 같은 충전제를 첨가하여 복합소재를 제조하는 연구가 많이 진

행되고 있다[2]. EPDM/카본블랙 복합소재에서 카본블랙은 EPDM의 물리적인 cross-linking을 촉진시키고 기계적 강도를 향상시킨다[3]. 또한 EPDM/실리카 복합소재는 실리카가 열적 물성 및 내마모성을 향상시킨다고 보고되었다[4].

EPDM에 사용되는 충전제로는 점토 및 규석이 주성분인 고령토, 이산화규소 및 기타 금속산화물로 이루어진 유리 등이 있다[5,6]. 고령토나 유리를 포함하는 EPDM 복합재료는 우수한 내열성 및 내아크성의 특성을 지니고 있지만, 충격에 약하고 압축 성형시 치수안정성이 좋지 않은 단점이 있다.

석탄을 원료로 전력을 생산하는 화력발전소에서 고온 소각 이후 발생하는 부산물 중 재(ash)가 있으며, 이는 플라이애쉬 및 버텀애쉬로 나뉘어진다. 플라이애쉬는 대기 중으로 날아

* To whom correspondence should be addressed.

E-mail: jhkim@suwon.ac.kr

doi:10.7464/ksct.2013.19.3.272

가는 재를 집진장치로 포집한 것이고, 버텀애쉬는 소각로 노벽, 과열기, 재열기 등에 부착해 있다가 자중에 의해 소각로 바닥에 떨어진 재로서 플라이애쉬에 비해 입자 크기가 크다. 버텀애쉬는 직경 1~10 mm의 비교적 큰 입자 크기이며 주성분은 Si, Al, Fe 등이다[7]. 플라이애쉬 및 버텀애쉬는 주로 아스팔트 포장 충전재 및 콘크리트 잔물재 등과 같은 단순 건설 재료로 재활용하기 위한 연구가 주를 이루고 있다. 고분자에 플라이애쉬를 첨가하는 복합재료의 제조 및 물성에 관한 연구는 활발히 진행되고 있으나[8], 버텀애쉬를 이용한 고분자 복합재료 제조에 대한 연구는 크게 진행되지 않고 있다. 기존 연구에서 EPDM에 적용되는 탈크(talc) 및 기타 무기 충전제의 주성분은 버텀애쉬와 유사하여서 이를 대체할 수 있고, 화력발전소에서 발생한 부산물을 재활용하는 연구는 자원 재활용 및 환경보호 차원에서 매우 유용한 연구로 사료된다[8].

본 연구에서는 화력발전소의 부산물인 버텀애쉬를 포함하는 우수한 물성의 EPDM 복합재료를 제조하는 것에 대해 연구하였다. 또한 EPDM과 버텀애쉬의 친화성 및 물성 향상을 위해 버텀애쉬를 개질하는 것에 대해서도 연구하였다. 주사전자현미경(scanning electron microscopy, SEM)을 이용하여 EPDM 복합재료의 모폴로지를 확인하였고, 열적, 기계적 물성 및 경화거동을 확인하기 위해 열중량 분석기(thermal gravimetric analysis, TGA), 만능형 시험기(universal testing machine, UTM), 레오미터(oscillating disk rheometer, ODR)를 각각 사용하였다.

2. 실험 방법

2.1. 실험 재료

본 연구에 사용된 EPDM은 (주)금호폴리켐의 KEP-570P로 Mooney viscosity (ML(1+4), 125 °C)가 51.0인 것을 사용하였다. 무기 충전제인 버텀애쉬는 한국중부 화력발전소에서 수집된 버텀애쉬를 분쇄하여 평균입자크기가 15 µm인 애쉬(이후 G-ash로 표기함)를 사용하였다. 탈크는 다원화학의 제품을 사용하였다. 가교제는 ACROS ORGANIC의 dicumyl peroxide (DCP)가 사용되었다. 가교조제로 1,3,5-triallylisocyanurate (TAIC)를 사용하였으며, 이외에 퀴놀린(quinoline)계 노화방지제와 스테아린산(stearic acid)계의 연화제를 첨가하였다. 개질제로는 세틸트리메틸 암모늄 브로마이드(cetyltrimethyl ammonium bromide, CTAB)를 사용하였다.

2.2. EPDM 복합소재의 제조

EPDM 복합재료를 제조하기 위하여 EPDM은 열풍 건조기를 이용하여 50 °C에서 24시간 동안 건조하였다. G-ash와 탈크는 100 °C에서 24시간 동안 진공 건조하였다. 건조된 EPDM, G-ash, 탈크 및 첨가제를 함량에 따라 칭량하고 two-roll mill을 이용하여 50 °C에서 EPDM 복합재료를 제조하였다. EPDM, G-ash 및 탈크를 무게 중량비 100/75/75 phr로 혼련하였다. EPDM 복합재료의 가교제는 무게 중량비 4 phr로 고정하여 실험하였다. 전기적 특성, 혼련의 용이성, 화학적 안정성 및 가공성 등을 고려하여 첨가제인 가교조제, 산화방지제 및 연화제는

1/2/12 (phr)의 무게 중량비로 혼합하였다. 또한, EPDM과 G-ash 및 탈크와의 계면 접착력을 관찰하기 위해 EPDM, G-ash 및 탈크를 무게 중량비 100/15/15 phr로 혼련하였다. 제조된 EPDM 복합재료를 핫프레스로 180 °C에서 10분간 압축 성형하면서 가교 반응을 시켜주었고 인장 시험을 위해 시편제작기를 이용하여 아령 형태로 시편을 제조하였다.

2.3. G-ash의 개질

G-ash의 개질을 위해 계면활성제 CTAB를 이용하였다. Methyl alcohol 600 mL와 CTAB 0.5, 1.0, 3.0 phr를 각각 1 L 비이커에 넣어 30분 동안 교반한 후 각각의 혼합 용액과 G-ash를 플라스크에 동시 투입 후, 24시간 교반하였다. 개질된 G-ash는 24시간 동안 상온에서 건조시킨 후, 진공 건조기 80 °C에서 24시간 동안 건조하였다. 0.5, 1.0, 3.0 phr CTAB로 개질된 G-ash는 G-CT0.5, G-CT1.0 및 G-CT3.0으로 각각 명칭하였다.

2.4. 측정 및 분석

EPDM 복합재료의 가황 특성을 파악하기 위하여 레오메타(oscillating Disk Rheometer, ODR, Daekyung engineering, DRM-100)를 이용하였으며, 디스크의 온도 180 °C, 진폭각(oscillating angle) 1°를 유지하며 토크변화, 최소 토크(M_L) 및 최대 토크(M_H)를 측정하였다. Figure 1은 일반적인 경화곡선을 나타낸 것이다. 경화 상태 분석은 먼저 최소 및 최대 토크값을 지나는 시간 축과 평행한 직선을 긋고 두 직선 간 거리를 F_1 이라 한다. 다음으로 최소 토크점으로부터 F_1 의 10% 및 90%에 해당하는 토크 값을 나타내는 점을 통과하는 시간 축에 평행선을 긋고, 가교 곡선과 교차되는 점까지의 시간을 각각 스코치시간(T_{10}) 및 적정 가교 시간(T_{90})이라 정의한다. 또한 가교 속도 CRI (Cure rate index)는 다음 식으로 계산하였다.

$$CRI = 100 / (T_{90} - T_{10})$$

EPDM 복합재료의 전기적 물성은 시편의 양면을 은으로 도포 하고, 고저항 측정기(SM0-8210, Megaohmmeter TOA Elec-

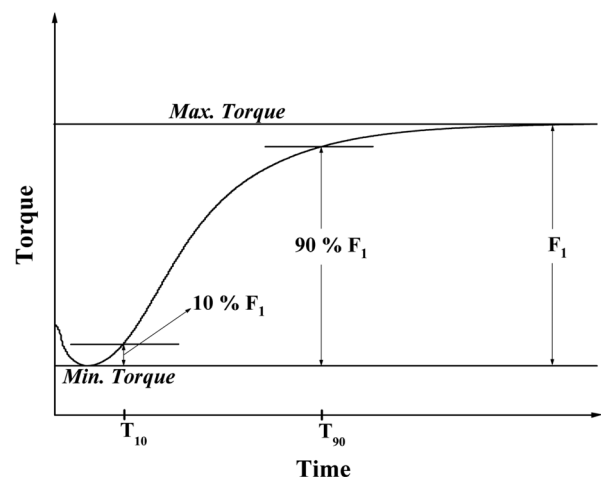


Figure 1. Schematic illustration of vulcanization curve.

tronic)를 이용하여 전압 500 V에서 체적 저항(volume resistivity)을 측정하였다. 체적 비저항은 측정된 체적 저항으로부터 다음의 식으로 계산하여 결과를 얻었다.

$$\sigma = R_v \cdot A / d \text{ (}\Omega \cdot \text{cm)}$$

σ : Volume resistivity ($\Omega \cdot \text{cm}$)

R_v : Volume resistance (Ω)

A : Specimen area (cm^2)

d : Specimen thickness (cm)

열적 물성 측정은 열중량 분석기(thermo gravimetry analysis, TGA, Netzsch STA 409)를 사용하였다. 분석 조건은 질소 분위기하에 상온에서 600 $^{\circ}\text{C}$ 까지 측정하였으며, 승온 속도는 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 이었다. 인장 시험을 위해 만능형 시험기(universal testing machine, UTM, Lloyd LR10K)를 이용하여 500 mm/min의 시험 속도로 측정하였다. EPDM 복합재료의 모폴로지를 관찰하기 위하여 제조된 시편을 액체질소에서 급냉한 후, 절단시켜 주사전자현미경(scanning electron microscopy, SEM, Jeol JSM-5600, Hitachi Ultra-high Resolution S-4800)을 이용하여 시편의 파단면을 관찰하였다.

3.1. 결과 및 고찰

3.1.1. 경화 거동 특성

버텀애쉬 또는 탈크를 첨가한 EPDM 복합재료의 경화곡선을 Figure 2(a)에 나타내었다. 여기서 나타난 최대 토크(M_H), 최소 토크(M_L), ΔM ($M_H - M_L$), 스코치시간(T_{10}) 및 적정 가교시간(T_{90}) 등을 Table 1에 정리하였다. 최소 토크값은 EPDM 복합재료의 가교되지 않은 상태에서의 최소 토크를 의미하는데, EPDM/G-ash, EPDM/talc 및 EPDM/G-ash/talc 복합재료의 최소 토크는 각각 7.1, 6.3, 6.4 lb-in로 순수한 EPDM의 3.5 lb-in보다 더 높은 것으로 나타났다. 이는 G-ash 및 talc가 효과적으로 분산되어 토크를 증가시킨 것으로 판단되었다. 고무의 경화곡선에서 EPDM/G-ash, EPDM/talc 및 EPDM/G-ash/talc 복합재료의 최대 토크는 각각 36.7, 36.9, 36.9 lb-in로 순수한 EPDM의 26.5보다 많이 증가하였는데, 역시 G-ash 또는 talc의 첨가 때문에 상승한 것으로 판단된다. 가교된 EPDM/G-ash, EPDM/talc 및 EPDM/G-ash/talc 복합재료의 최대 토크와 최소 토크의 차이를 나타내는 ΔM 값은 각각 29.6, 30.6, 30.5 lb-in로 순수한 EPDM 23.0 lb-in보다 모두 높은 수치를 보였다. ΔM 값은 경화정도를 나타내는 것으로 G-ash의 첨가로 인해 가교밀도가 증가한 것으로 생각되었다. EPDM 복합재료의 스코치시간(T_{10})은 순수한 EPDM 1.00분에서 EPDM/G-ash, EPDM/talc 및 EPDM/G-ash/talc 복합재료는 각각 0.90, 0.87, 0.85분으로 단축되었으나 적정 가교시간(T_{90})은 순수한 EPDM 2.92분에서 EPDM/G-ash, EPDM/talc 및 EPDM/G-ash/talc 복합재료는 각각 3.83, 3.62, 3.47분으로 많이 지연된 것으로 나타났다. 반면 EPDM 복합재료의 가교속도는 순수한 EPDM 보

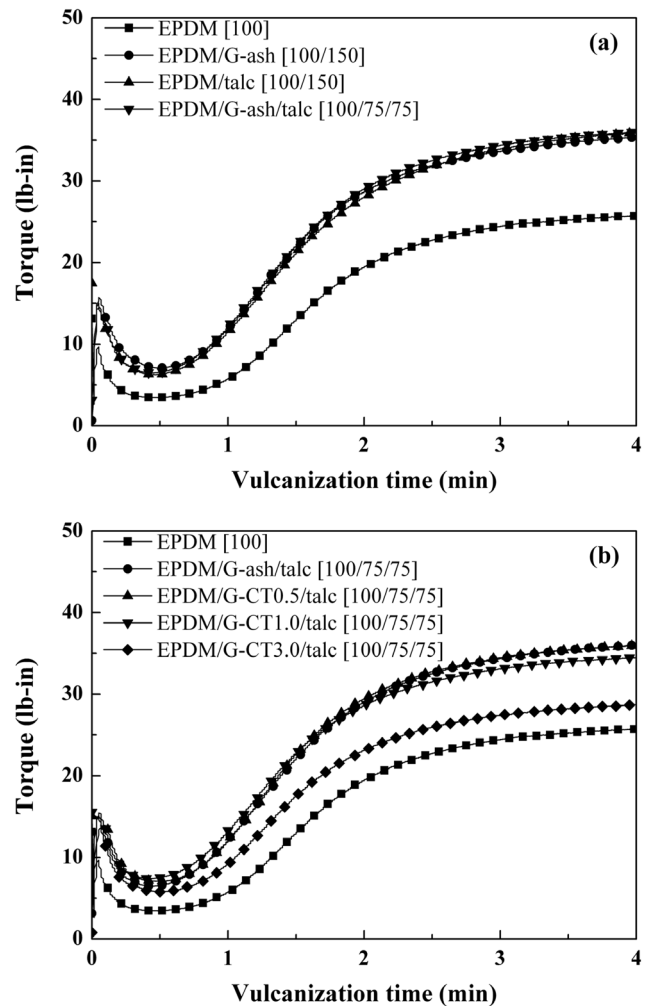


Figure 2. ODR curves of EPDM/talc composites with (a) G-ash and (b) modified G-ash.

Table 1. Vulcanization properties of EPDM/G-ash/talc composites

Samples	M_H (lb-in)	M_L (lb-in)	ΔM (lb-in)	T_{10} (min)	T_{90} (min)	CRI*
EPDM	26.5	3.5	23.0	1.00	2.92	52.1
EPDM/G-ash	36.7	7.1	29.6	0.90	3.83	34.1
EPDM/talc	36.9	6.3	30.6	0.87	3.62	36.4
EPDM/G-ash/talc	36.9	6.4	30.5	0.85	3.47	38.2
EPDM/G-CT0.5/talc	36.6	7.1	29.5	0.88	2.72	54.3
EPDM/G-CT1.0/talc	35.2	7.4	27.8	0.82	2.77	51.3
EPDM/G-CT3.0/talc	29.5	5.8	23.7	0.92	2.87	51.3

*CRI: cure rate index

다 많이 감소하였는데, 이는 버텀애쉬 및 탈크가 EPDM/G-ash/talc 복합재료의 가교 결함을 방해하여 가교시간이 지연된 것으로 판단되었다. 고무의 성형공정에 있어서 적정 가교시간은 고무의 물성을 결정하는 중요한 요소이다. 가교시간이 너무 짧으면 초기에 경화가 일어나 시편의 열 안정성이 저하되고, 너무 길면 인장강도 및 신장률이 감소한다.

CTAB로 개질된 G-ash를 첨가한 EPDM 복합재료의 경화곡선을 Figure 2(b)에 나타내었다. EPDM/G-CT0.5/talc 및 EPDM/G-CT1.0/talc의 최소 토크값은 EPDM/G-ash/talc보다 증가하였다. 개질제의 양에 따른 최소 토크값은 큰 변화가 없었지만 EPDM/G-CT3.0/talc의 최소 토크값은 EPDM/G-ash/talc보다 소폭 감소하였다. CTAB가 0.5 phr 첨가되었을 경우 버팀매쉬와 EPDM의 계면접착성이 증가되어 최소 토크값이 증가하였으나 CTAB가 3.0 phr로 과량 첨가되면 저분자량인 CTAB로 인하여 EPDM의 점도를 감소시켜서, 최소 토크값이 다시 낮아지는 것으로 판단되었다. EPDM/G-ash/talc와 EPDM/G-CT0.5/talc의 최대 토크는 36.9, 36.6 lb-in로 유사한 값을 보이나, CTAB의 양을 늘린 G-CT1.0/talc 및 G-CT 3.0/talc의 경우에는 각각 35.2, 29.5 lb-in로 점차적으로 감소하였다. EPDM/G-ash/talc의 적정 가교시간은 3.47분이었는데, EPDM/G-CT0.5/talc, EPDM/G-CT1.0/talc 및 EPDM/G-CT3.0/talc의 적정 가교시간은 각각 2.72, 2.77, 2.87분으로 약 0.60~0.75분 정도 단축되었다. EPDM/G-CT0.5/talc의 가교속도 54.3은 순수한 EPDM 52.1 보다 조금 증가하였다. 이는 개질제 CTAB가 EPDM/G-ash/talc 복합재료의 가교 반응을 촉진시키는 것으로 사료되었다. 따라서 경화 특성 측정 결과, EPDM에 0.5 phr로 개질된 G-ash 및 talc가 동시에 첨가된 EPDM 복합재료가 기계적 물성 및 모폴로지 등에 우수한 물성을 보일 것으로 예상된다.

3.1.2. 기계적 물성

EPDM 복합재료의 적정 가교 조건하에서 시편을 제작하고 기계적 물성을 측정하였고, 제조된 EPDM 복합재료의 stress-strain 곡선을 Figure 3(a)에 나타내었다. EPDM/talc는 초기 인장탄성률 및 인장강도가 가장 우수한 물성치를 보였고, EPDM/G-ash는 EPDM에 비해 초기 인장탄성률은 증가하였지만 인장강도는 큰 변화 없이 거의 일정하게 유지되었다. EPDM/G-ash/talc의 초기 인장탄성률 및 인장강도는 EPDM/G-ash와 EPDM/talc 물성의 중간치를 보였다.

CTAB로 개질된 G-ash를 첨가한 EPDM 복합재료의 stress-strain 곡선은 Figure 3(b)에 나타내었다. EPDM에 G-ash/talc를 첨가한 것보다 G-CT0.5/talc를 첨가하였을 때, 초기 인장탄성률 및 인장강도가 증가하는 것을 확인하였다. 이는 EPDM 내에서 개질된 G-ash의 효과적인 분산 및 G-ash와 EPDM의 강한 상호 작용에 의한 물성 증가로 생각된다. 또한, 300% 인장탄성률은 경화 특성에서의 최소 토크 및 최대 토크와 정비례하며, EPDM 복합재료의 강성도를 나타낸다. EPDM/G-CT0.5/talc 복합재료의 300% 인장탄성률은 2.12 MPa로 가장 높은 수치를 보였고, 반면 개질제 1.0, 3.0 phr 함량으로 개질된 G-ash를 첨가한 EPDM/G-ash/talc 복합재료의 300% 인장탄성률은 각각 0.56, 0.36 MPa로 감소되었는데, 과량의 개질제 사용이 물성 저하의 원인이 되는 것으로 판단된다.

3.1.3. 형태학적 물성

G-ash 및 talc의 함량 변화에 따른 EPDM 복합재료의 모폴

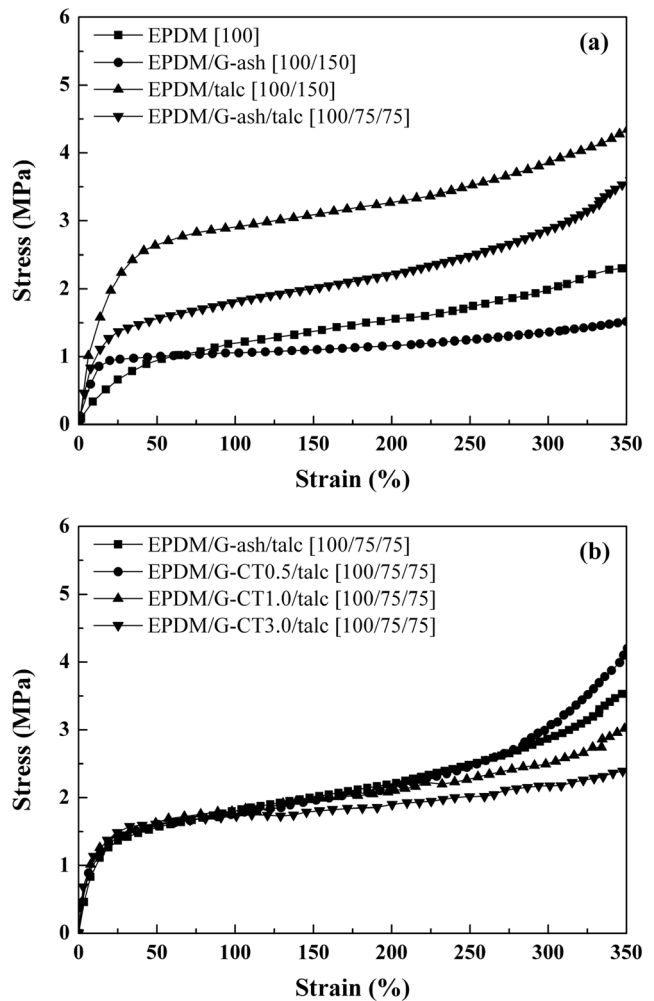


Figure 3. Stress-strain curves of EPDM/talc composites with (a) G-ash and (b) modified G-ash.

로지는 주사전자현미경을 이용하여 시료의 파단면을 관찰하였다. Figure 4에 EPDM과 G-ash 및 talc를 포함하는 EPDM 복합재료의 주사전자현미경 사진을 각각 나타냈다. EPDM/G-ash는 파단면의 크기가 크고 거칠며 G-ash가 어느 정도 분산되어 있으나 입자크기가 커서 파단면도 거친 것으로 나타났다. EPDM/talc는 파단면의 크기가 작고 talc가 EPDM에 매우 잘 분산되어 있는 것을 확인되었다.

Figure 5에 G-ash 및 개질된 G-ash를 포함하는 EPDM/G-ash/talc 복합재료의 주사전자현미경 사진을 나타내었다. EPDM/G-ash/talc의 파단면 크기는 EPDM/G-ash (Figure 4(b))보다 작고 EPDM/talc (Figure 4(c))보다 큰 것으로 관찰되었다. 이는 EPDM/G-ash와 EPDM/talc의 중간 정도 상태로 보여진다. EPDM/G-CT0.5/talc는 G-ash와 EPDM의 상호 친화성이 향상되어 EPDM/G-ash/talc보다 파단면이 작아지고 개질된 G-ash가 EPDM에 잘 wetting된 것으로 관찰되었다. 이는 개질제 CTAB의 친수성기인 암모늄 이온은 G-ash와 잘 붙고 소수성기인 지방족 사슬은 EPDM과 친화성이 있어서 G-ash와 EPDM의 상용성을 증진시켜주는 것으로 사료되었다.

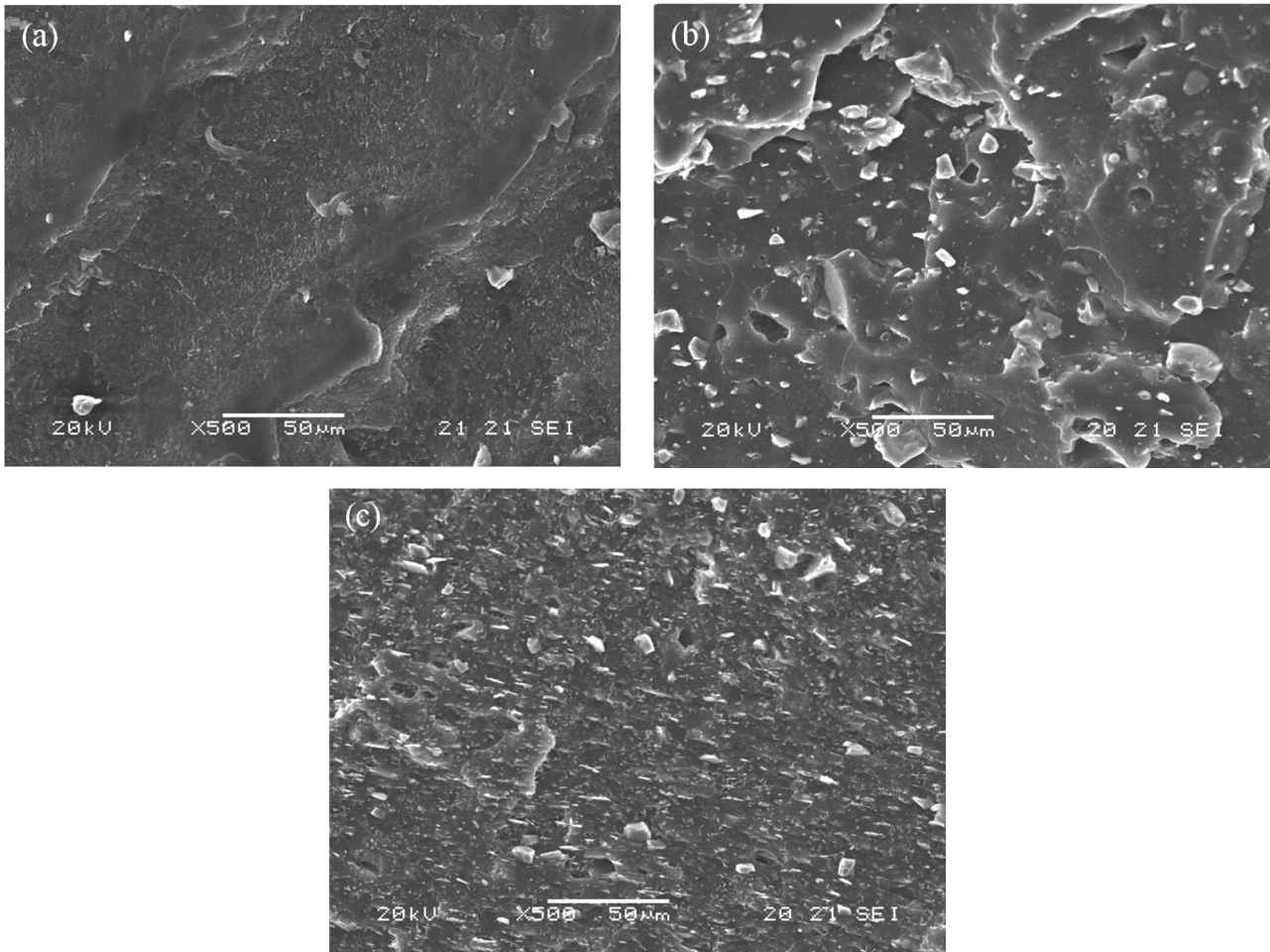


Figure 4. SEM images of EPDM/G-ash/talc composites: (a) EPDM, (b) EPDM/G-ash and (c) EPDM/talc.

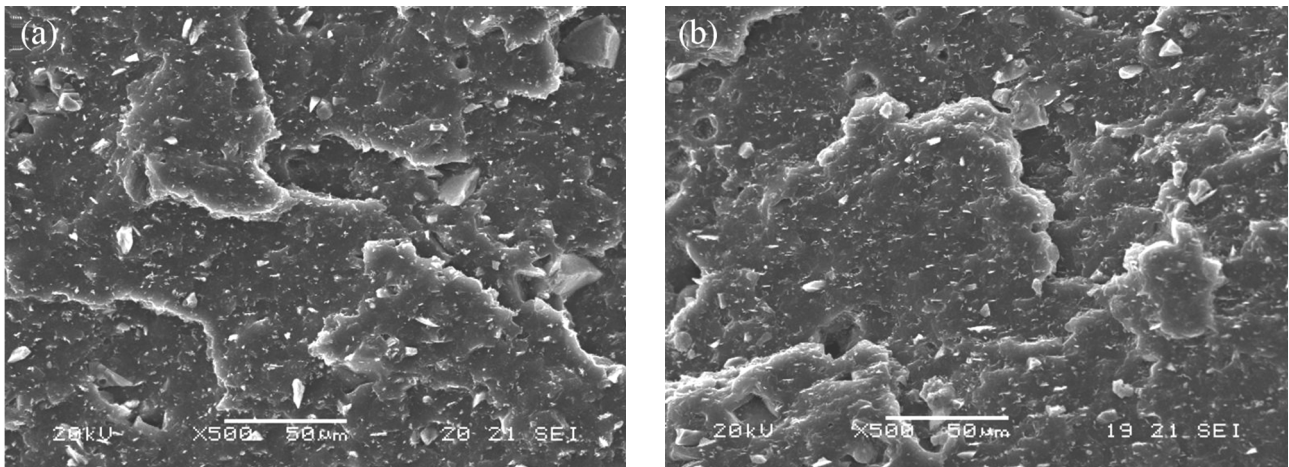


Figure 5. SEM images of EPDM/G-ash/talc and EPDM/G-CT0.5/talc composite.

3.1.4. 전기적 물성

EPDM 복합소재의 체적 저항 결과를 Figure 6에 나타내었다. EPDM/G-ash/talc 복합재료의 체적 저항은 $10^{14} \Omega\text{cm}$ 이상으로 유사한 체적 저항치를 보여주었다. EPDM은 구조적 특성으로 우수한 전기 절연성을 가지고 있기 때문에 EPDM에 G-ash, talc

및 G-ash/talc를 첨가하여도 전기 절연 특성은 유지되는 것으로 사료된다. EPDM/G-CT1.0/talc 및 EPDM/G-CT3.0/talc의 체적 저항은 EPDM/G-ash/talc보다 크게 감소하였는데, 이는 개질제 CTAB의 Br^- 이온이 과량으로 존재하여 체적 저항이 감소하는 것으로 판단되었다.

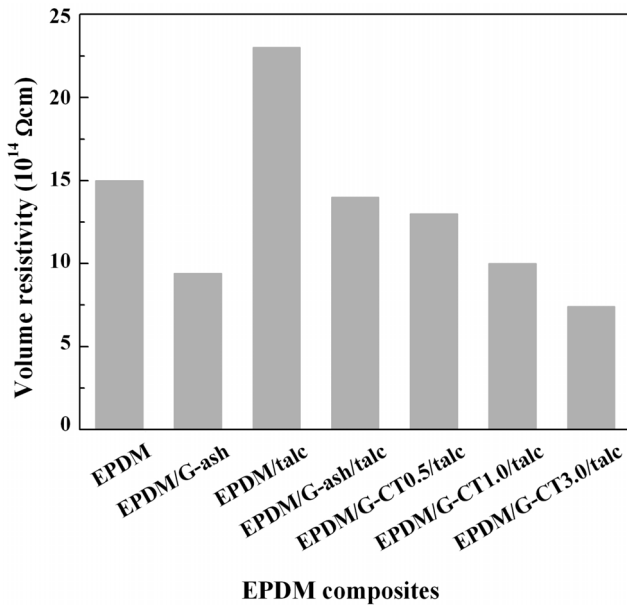


Figure 6. Volume resistivity of EPDM/G-ash/talc composites.

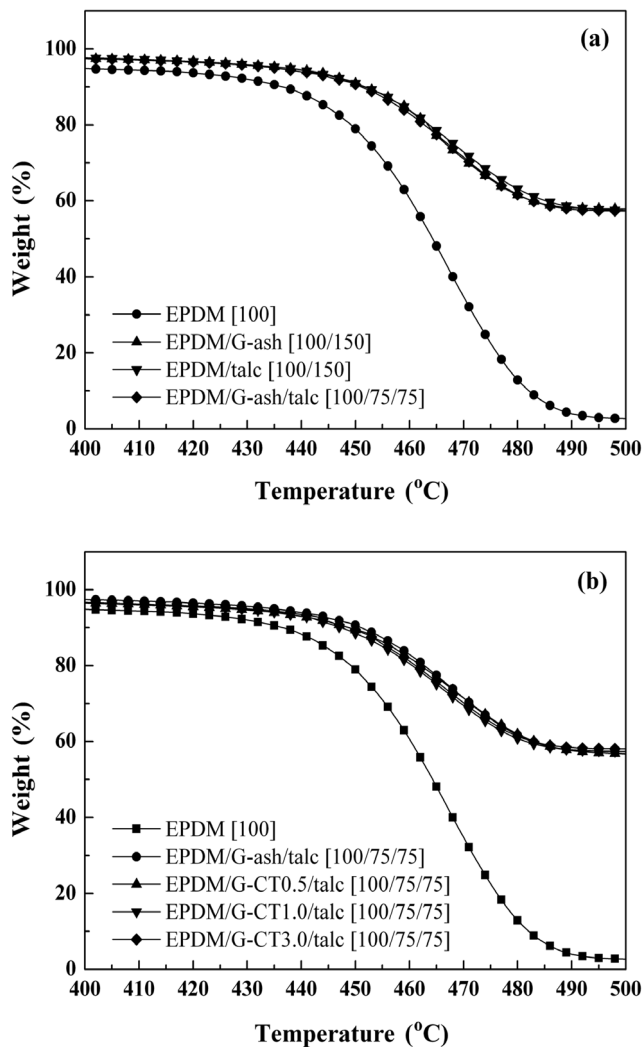


Figure 7. TGA thermograms of EPDM/G-ash/talc composites.

3.1.5. 열적 물성

Figure 7(a)에 EPDM 복합재료의 열분해 온도 결과를 조성 변화에 따라 나타내었다. 순수한 EPDM은 420 °C와 490 °C 사이에서 완전한 열분해가 일어난 것을 확인하였다. EPDM 복합재료의 열분해 온도는 bottom ash 및 talc의 함량 변화와 관계없이 EPDM보다 약 25~30 °C 정도 증가하였다. 개질된 G-ash를 포함하는 EPDM 복합재료의 열분해 온도 결과를 Figure 7(b)에 나타내었다. 개질제의 함량 및 bottom ash, talc의 조성 과 관계없이 EPDM 복합재료의 열분해 온도는 증가하였다. 또한 무기물은 500 °C 이상에서 열분해 되지 않는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 EPDM에 분쇄된 버텀애쉬(G-ash) 및 talc를 첨가하여 EPDM 복합재료를 제조하고, 경화 특성, 전기적, 기계적 물성 및 모폴로지를 확인하였다. 개질된 G-ash를 이용함으로써 EPDM과의 친화성을 증진시켜 기계적, 전기적 및 열적 물성을 향상시켰다.

1) EPDM 복합재료의 경화 특성을 측정한 결과에서 EPDM/cetyltrimethyl ammonium bromide (CTAB) 0.5 phr로 개질된 bottom ash (G-CT0.5)/talc는 순수한 EPDM보다 가교밀도 및 점도가 많이 증가하였고, 스코치시간 및 가교시간은 단축되었다.

2) 인장시험 결과, EPDM/G-CT0.5/talc의 300% 인장탄성률 및 인장강도는 다른 EPDM 복합재료보다 높은 물성치를 보였다. CTAB 3.0 phr로 개질된 G-ash를 첨가한 EPDM/버텀애쉬/talc 복합재료는 개질제가 EPDM과 G-ash의 친화성 및 G-ash의 효과적인 분산을 방해하여 가교밀도가 감소한 것으로 확인되었다.

3) 주사전자현미경 사진 결과, G-CT0.5는 EPDM과의 계면 친화성이 좋은 것으로 보였다. 개질제 CTAB의 친수성기인 암모늄 이온은 G-ash와 잘 붙고 소수성기인 지방족 사슬은 EPDM과 친화성이 있어서 G-ash와 EPDM의 상용성을 증진시켜 주는 것으로 사료된다.

4) EPDM에 0.5 phr로 개질된 G-ash 및 talc가 동시에 첨가된 EPDM 복합재료가 기계적 물성 및 모폴로지 등에서 우수한 물성을 보였다.

5) 열적 물성 결과에서, G-ash 및 talc가 EPDM의 열적 안정성을 높여 주는 것을 확인하였다.

감사

본 논문은 환경부 글로벌탑 환경기술개발사업 중 폐금속유용자원재활용기술개발사업의 지원(NO. GT-11-C-01-290-0)에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Lee, Y. H., Kang, B. K., Yoo, H. J., Kim, J. S., Jung, Y. J., Lee, D. J., and Kim, H. D., "Preparation and Properties of EPDM/Thermoplastic Polyurethane Scrap Blends," *Clean Tech.*, **15**, 172-179 (2009).
2. Sohn, M. S., Kim, K. S., Hong, S. H., and Kim, J. K., "Dynamic Mechanical Properties of Particle-reinforced EPDM Composites," *J. Appl. Polym. Sci.*, **87**, 1595-1601 (2003).
3. Li, Z. H., Zhang, J., and Chen, S. J., "Effects of Carbon Blacks with Various Structures on Vulcanization and Reinforcement of Filled Ethylene-propylene-diene Rubber," *Express Polym. Lett.*, **2**, 695-704 (2008).
4. Jia, X., Li, G., Sui, G., Yu, Y., and Yang, X., "Effect of Pre-treated Polysulfonamide Pulp on the Ablation Behavior of EPDM," *Mater. Chem. Phys.*, **112**, 823-830 (2008).
5. Lee, C. H., Lee, C. H., Shim, M. J., and Kim, S. W., "Hydrophobicity of EPDM Rubber Used for Outdoor Insulation," *Korean J. Chem. Eng.*, **3**, 1761-1764 (1997).
6. Gorur, R. S., and Chang, J. W., "Surface Hydrophobicity of Polymers Used for Outdoor Insulation," *IEEE Trans. Power Deliv.*, **5**, 1923-1933 (1990).
7. Oh, J. H., Park, S. Y., Lee, J. W., Park, H. S., and Moon, J. W., "An Experimental Study on the Manufacturing Technology Materials and Incombustible Function of Light-weight Concrete Panel used Bottom Ash," *J. KOSHAM*, **12**, 131-137 (2012).
8. Kim, Y. T., Han, W. j., and Jung, D. H., "Development of Composite Geo-Material for Recycling Dredged Soil and Bottom Ash," *J. KGS*, **23**, 77-85 (2007).