

가열식 고주파 장치를 이용한 고행 EPDM 가황체의 탈황에 관한 연구

이범철*, 김상구, *유태욱, **성관

(주)화승R&A, *현대·기아연구개발본부, **(주)정화산업

1. 서론

지구환경 문제 및 에너지절약 차원에서 생활 및 산업 폐기물로 발생하는 폐고무에 대한 처리와 유용한 재활용(recycle) 방법에 대하여 사회적 관심이 어느 때 보다 높아지고 있는 실정이다. 대부분의 폐고무는 소각, 매립 혹은 분쇄하여 재활용하는 경향이 있는데, 소각과 매립은 이산화탄소나 아황산가스 발생 등에 의한 산성비와 지구온난화, 유기약품 침출에 따른 지하수 오염 등의 문제를 일으키기도 한다.

국내의 경우, 고무제품 공장을 포함한 각종 제품에서 발생하는 폐고무는 수십만톤에 달하며 대부분은 재이용 혹은 소각되고 있다. 그러나 1980년대 후반부터 유럽지역을 중심으로 매각 혹은 소각 시설에 대한 신설이 곤란해지면서 폐기물 사후처리에서 생산자 역할이 강조된 확대생산자책임제도(EPR, Extended Producer Responsibility)가 도입되기 시작하였다. 자동차의 경우도 예외는 아니어서 2000년 9월 EU의회에서 통과한 EU 폐차 리사이클 법규에 제시된 연도별 리사이클 목표치를 보면 2006년 이후 생산 차량에 대해서는 Recovery 85% 이상, 2015년 이후 생산 차량에 대해서는 95% 이상을 요구하고 있다. 그러나 현재 국내 자동차의 재활용율은 70% 수준이다. 자동차에서 타이어를 포함한 전체 고무 사용비율은 약 5% 이내이며 비타이어용 고무 사용비율은 약 1% 내외로 알려져 있다. 따라서 자동차용 고무의 재활용은 대부분이 타이어를 위주로 진행되었으며 단순 분쇄후 재이용 혹은 열원으로 사용되어 왔다. 비타이어용 고무에서는 고행 EPDM이 다른 고무에 비하여 사용비율이 높는데(비타이어용 고무의 약 60%) 그 대부분이 금속 혹은 다른 소재와의 복합 구조로 되어 있다보니 재활용에 대한 기술개발보다는 소각 혹은 매립이 처리의 전부나 마찬가지였다.

본 연구에서는 고행 EPDM의 재활용 기술 개발 일환으로 미분화된 고무 분말의 부분적 탈황처리 및 탈황 고무분말을 정상적인 고무 컴파운드에 혼합하였을 때의 특성에 대하여 고찰하였다.

2. 실험

고무 분말의 탈황처리는 고주파 장치(Microwave)를 이용하였으며, 150 μ m 이하의 고무 분말 입도를 사용하여 고주파 처리 시간과 시료량에 따른 탈류량과 고무 컴파운드에 대한 물리적 성질과 표면 성질을 측정하였다.

고주파 처리된 고무 분말은 실온에서 toluene에 침지시켜 72시간 동안 교반시킨 후 45 μ m steel screen을 이용하여 체 분리하였다. 탈류량은 체 통과분의 양을 측정한 다음 고주파 처리전 고무 분말의 체 통과분 양과 그 값의 크기를 비교하였다.

고주파 처리된 고무 분말은 1.6L 실험실용 반바리 혼합기를 이용하여 정상적인 고무 컴파운드에 혼합하였으며 물리적 성질 측정은 일반 고무 시험법과 동일하다.

3. 결과 및 고찰

가. 고주파 장치 효율

30~300℃까지 승온속도 10℃/min의 조건에서 DSC(Differential Scanning Calorimetry)로 측정된 온도별 비열, Cp를 이용하여 본 실험에 사용된 고주파 장치의 비열을 계산 한 결과 시료량과 처리 시간에 따라 상이한 결과를 보여주었는데 약 0.6~0.7 수준이었다. 시료량은 30g으로 고정하고 처리시간을 60~240초까지 변화시켜 가면서 측정하면 고주파 장치 효율이 감소후 증가하는 경향을 보여 주고 있다(Table 1). 이는 고주파 처리에 따라 온도 상승이 일어나는데 상온에서 일정온도까지는 대기부에 손실되는 열량이 증가함으로써 고주파 효율을 감소시키게 되고 일정 온도 이상이 되면 급격한 내부 발열과 탈황에 따른 고무 분말의 상변화로 인하여 효율이 증가하는 것으로 판단된다.

Table 1 An efficiency prediction of Microwave apparatus

Time, t (sec)	Specific Heat, Cp (W · sec/g · °C)	Efficiency, η
60	2.0781	0.69
120	2.3069	0.58
180	2.5773	0.59
240	2.6145	0.61

나. 탈류량

고주파 처리 시간이 증가함에 따라 온도 증가는 당연한 결과이며 이로 인한 탈류량 증가는 예측된 결과이다. 그러나 시료량을 증가시킨 경우는 투입되는 에너지의 분산에 따라 온도 증가폭이 감소하여야 함에도 불구하고 오히려 온도가 증가하는 현상을 보여주었다. 이는 시료량이 증가함에 따라 고무 분말 내부 온도 증가가 있었으며 이로 인한 고무 분말 상변화가 나타나 급격한 온도 상승이 있었던 것으로 추정된다. 또한 고무 분말에 포함되어 있는 금속 분말의 양도 시료량 증가와 더불어 증가하고 있기 때문에 금속의 난반사에 의한 온도 상승도 감안해야겠지만 실제 고무 분말중에 혼합된 금속 분말 양을 측정된 결과 0.1~0.2% 수준으로 큰 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 판단된다. 따라서 향후 고주파 처리 장치를 활용한 고무 분말 탈류 처리시 고무 분말의 금속 성분 함량에 대한 규격화와 상변화에 따른 급격한 온도 상승 제어가 반드시 필요하다 하겠다.

4. 결론

가. 고주파 처리장치의 효율은 약 0.6~0.7 수준이었다.

나. 고주파 처리 시료량 증가에 따른 탈류량은 고무 분말 자체 발열과 미량의 금속으로 인해 증가하는 경향이다.

References

1. 秋葉光雄：ゴム・エラストマーのリサイクル, (株)ラバーダイジェスト社(1997)
2. W. C. Warner, Rubber Chem. Technol. 67, 559(1994)
3. 山一 辛一, 科學と工業, 73(8), 345(1999)