

나노필러적용 고감쇠 고무의 성능개선에 관한 연구

Research in Performance Improvement of High Damping Rubber Nanocomposite

김기만† · 이완하* · 박진영* · 오 주* · 박건록*

Ki-Man Kim, Wan-Ha Lee, Jin-Young Park, Ju Oh and Kun-Nok Park

1. 서 론

최근 나노소재를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있는데, 신소재 복합기술과 관련한 기술 선진국에서는 고분자 나노복합체의 기본소재와 기초기술을 개발하고 제품화 하기위한 연구를 활발히 진행하고 있다. 그러나 이 기술을 방진고무에 활용하기 위해서는 나노복합체가 지닌 단점들 중 하나인 낮은 충격강도를 개선하고, 외부환경의 영향에 관계없이 진동흡수성이 뛰어난 소재의 개발이 절실히 필요한 실정이다. 나노복합체에 적용되는 nano-filler는 입자가 미세하여 그 분산에 어려움이 있으나 결합표면적이 증가하여 matrix와 입자간 상호작용이 현저히 증가한다. 또한 유기화처리를 할 경우 matrix와 상용성이 향상 될 뿐만 아니라 층간 간격이 증가되고 filler 층 사이로 matrix 사슬이 끼어 들 수 있으므로 분산효과를 보다 극대화 시킬 수 있다. 따라서 작은 양임에도 불구하고 기존 filler에서 보다 우수한 물성을 나타낸다. nano-filler는 열적 안정성, 내용제성, 난연성, 인장강도 및 인열강도 뿐 아니라 노화수명에 있어서도 우수한 개선효과를 나타내고 있어 제품의 성능과 수명에 도움을 주는 각광받는 소재라고 할 수 있다.

본 연구는 nano-filler를 유기화 처리하여 고무와의 상용성을 개선하고 이를 고감쇠 고무에 적용하여 소음 및 진동감쇠 특성이 뛰어나고, 기계적 강도가 우수한 방진고무를 개발하는데 목적이 있다.

2. 본 론

2.1 나노필러 표면처리기술 개발

(1)나노필러의 유기화 처리

나노필러(Na-MMT)의 상용성을 개선하기 위해서 유기화처리를 실시하였다. 유기화제는 octylamine, dodecylamin, dimethyldodecylamine, octadecylamine을 사용하였다.

먼저 10g의 Na-MMT를 500ml의 증류수와 혼합한 후 80°C에서 6시간동안 강렬히 교반시켜서 Na-MMT를 팽윤시켰다. 이 때, 250ml의 증류수에 OA, DDA, DA, ODA 4g을 각각 넣고 HCl 7g을 혼합하여 80°C에서 1시간 교반한 각각의 아민용액을 팽윤된 Na-MMT 용액에 각각 넣어 80°C에서 1시간 동안 강렬히 교반하여 organo-MMT를 제조하였다. 제조된 organo-MMT는 미 반응한 염소이온을 제거하기 위하여 2차 증류수로 세척하여 60°C에서 건조시켰다. 조성과 혼합비를 표 1에 정리하였다.

표 1 Organo-MMT의 조성(Unit: g)

Sample	H ₂ O	Na-MMT	HCl	Organic Agent
OA-MMT	750	10	7	4
DDA-MMT				4
DA-MMT				4
ODA-MMT				4

(2)NR/MMT 나노복합체

일반적으로 방진고무에 가장 많이 사용되고 있는 천연고무에 나노필러를 적용하여 각각의 성능을 평가하였다. 배합은 8" open roll에서 melting compounding법으로 실시하였으며, 제조된 compound는 가열프레스를 이용하여 가황하였다. 배합성분을 표 2에 나타내었다.

표 2 NR/MMT 나노복합체 배합성분(Unit: phr)

품명	NR	Nanofiller	Zinc oxide	Stearic acid
배합량	100	5	5	2
품명	Carbon Black	BHT	TBBS	Sulfur
배합량	50	1	1	1.4

(3)NR/MMT 나노복합체의 기계적 물성

NR/MMT의 기계적 물성을 파악하기 위해 KS M 6518 규격을 참조하여 경도, 인장특성, 인열강도 시험을 실시하였다. NR/MMT 나노복합체의 기계적 물성시험 결과를 그림 1에 나타내었다.

† 교신저자; 유니슨이앤씨(주) 기술연구소
E-mail : kkm2817@unison.co.kr
Tel : (041)620-3437, Fax : (041) 552-7416

* 유니슨이앤씨(주) 기술연구소

NR/MMT 나노복합체의 경도와 인열강도 인장응력은 NR/Na-MMT<NR/OA-MMT<NR/DDA-MMT<NR/DA-MMT<NR/ODA-MMT으로 나타났다.

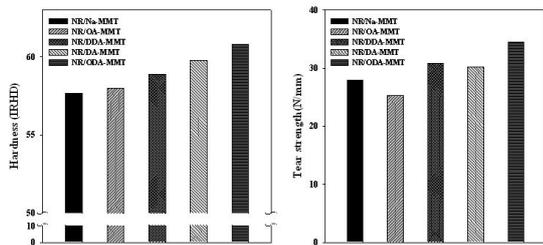
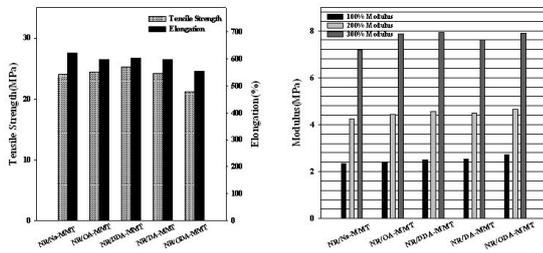


그림 1 NR/MMT 나노복합체의 기계적 물성

(4)소 결

고무와 나노필러의 상용성을 개선하기 위해서 나노필러를 4가지 유기화제를 사용하여 처리하였다. 그 성능을 평가하기 위해서 NR/MMT compound를 제작하여 물성 개선효과를 비교하였다. 기계적 물성을 비교해 볼 때, ODA-MMT를 적용한 고무가 가장 우수한 물성을 나타내었다.

2.2 고감쇠 나노복합체 고무

에너지저감 능력이 우수한 고감쇠 고무에 ODA-MMT를 적용하여 충격강도 및 기계적 물성이 우수하고 감쇠력이 뛰어난 고감쇠 나노복합체 고무를 제조하였다.

(1)고감쇠 나노복합체 고무의 제조

고무약품 배합은 NR/MMT의 제조 방법과 동일하게 하였고, 표 3에 명시된 배합성분에 따라 정량 투여하였다. 고감쇠 고무에 나노필러를 첨가하여 성능개선 효과를 살펴보았다. HDR Nano는 HDR(High Damping Rubber)에 나노필러만을 첨가한 배합이다

표 3 고감쇠 나노복합체 배합성분

배합약품	중량백분율(%)					합계
	고무	Carbon Black	연화제	ODA-MMT	그 외 배합제	
HDR	42.0	36.9	12.6	0	8.5	100
HDR Nano.	41.1	36.2	12.3	2.1	8.3	100

(2)고감쇠 나노복합체 고무의 기계적 물성

기본 물성시험은 NR/MMT의 기계적 물성시험과 동일한 방법으로 실시하였다. 결과를 표 4에 나타내었다. 고감쇠 고무와 고감쇠 나노복합체 고무의 물성을 비교하여 보면, 나노필러의 물성개선효과가 탁월한 것으로 판단된다.

표 4 고감쇠 나노복합체 고무의 기계적 물성

시험항목	경도 (IRHD)	인장강도 (MPa)	신장율 (%)	인열강도 (kN/mm)
HDR	65.3	6	580	43.1
HDR Nano.	67.3	9	657.8	50.3

(3)고감쇠 나노복합체 고무의 동특성 시험

시험은 독일 GABO사의 EPLEXOR® 150N장비를 이용하였다. 시험은 20℃/0.5Hz의 조건에서 각 변위의 3회 반복된 전단거동에 대하여 동특성전단특성을 분석하였다. 전단 변위의 조건은 1~35%까지 시험하였다. 시험결과는 표 5에 나타내었다.

분석된 결과에 의하면 전단 변위가 커짐에 따라 전단 강성이 감소하는 변위 의존성이 있는 것을 확인하였으며, 감쇠율은 비교적 일정하게 유지되었다. 나노필러를 첨가함에 따라 전단탄성계수는 증가하였고, 그에 따른 감쇠율의 감소는 다른 보강제들에 비해 비교적 미미하였다.

표 5 고감쇠 나노복합체 고무의 동특성 시험결과

시험조건	온도 : 20℃, 주파수 : 0.5Hz			
	HDR		HDR Nano	
전단변위 (%)	G'(MPa)	감쇠비 (%)	G'(MPa)	감쇠비 (%)
5	2.794	24.835	3.829	24.7
10	2.077	22.5	2.902	21.4
15	1.711	21.6	2.348	20.6
20	1.437	21.4	1.991	20.5
25	1.301	21.4	1.672	20.7
30	1.167	21.5	-	-
35	1.057	21.8	-	-

3. 결 론

고무와 나노필러의 상용성 개선을 위해서 나노필러를 유기화 처리하였고, 고감쇠 고무에 적용하여 에너지 저감능력이 우수하고 충격강도 및 기계적 물성이 우수한 고감쇠 나노복합체 고무를 제조하였다. 많은 유기화제들 중 ODA를 사용한 나노필러가 가장 좋은 성능을 나타내었고, 이를 고감쇠 고무에 적용하였을 때, 기계적 물성의 개선효과가 뛰어난 뿐만 아니라 전단탄성계수를 증가하는 것에 비하여 감쇠율의 저하는 매우 미미하였다.