



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호

10-2016-0038979

(43) 공개일자

2016년04월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C08J 3/22 (2006.01) C08J 5/18 (2006.01)

C08K 3/26 (2006.01) C08L 23/02 (2006.01)

(21) 출원번호

10-2014-0131386

(22) 출원일자

2014년09월30일

심사청구일자

2014년09월30일

(71) 출원인

조영철

서울특별시 강동구 천호대로 1065, 901호 (천호동, 강동상떼빌)

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

조영철

서울특별시 강동구 천호대로 1065, 901호 (천호동, 강동상떼빌)

이기윤

대전 유성구 가정로 65, 110동 806호 (신성동, 대림두레아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박희진

전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 머스프링용 폴리우레탄 탄성체 및 그 제조방법

(57) 요약

파단 응력(breaking stress), 파단 스트레인(breaking strain), 모듈러스(modulus), 형상복원(shape recovery) 등 주요 기계적 강도가 기존의 것에 비해 증가하고, 탄성이 증가하며 열안정성도 향상된 머스프링용 폴리우레탄 탄성체 제조방법이 개시된다. 상기 머스프링용 폴리우레탄 탄성체 제조방법은 프리폴리머 70 ~ 95중량부에 무기물 나노충전제 0.001 ~ 10중량부를 첨가하고 혼합하여 무기물 나노충전제 분산 프리폴리머를 만드는 단계, 상기 무기물 나노충전제 분산 프리폴리머에 용융된 모카 5 ~ 30중량부를 첨가하여 혼합하는 모카 투입단계 및 상기 모카가 혼합된 상기 나노충전제 분산 프리폴리머를 금형에 주입하여 성형하는 성형단계를 포함하는 구성을 한다.

(72) 발명자

지용수

경기도 부천시 원미구 옥산로 16, 1412-1006 (중동, 연화마을)

백준호

대전 서구 청사서로 41, 103동 804호 (월평동, 백합아파트)

김선홍

충남 아산시 충무로20번길 17-16

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10046666

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 소재부품기술개발(투자자연계형)사업

연구과제명 가속수명 22년 이상 폴리우레탄 스프링 복원형 마찰방식 지진격리장치 개발

기 여 율 1/1

주관기관 (주)에스코알티에스

연구기간 2013.10.01 ~ 2016.09.30

명세서

청구범위

청구항 1

프리폴리머와 경화제를 혼합하여 폴리우레탄 탄성체를 만드는 폴리우레탄 탄성체 제조방법에 있어서,
상기 폴리우레탄 탄성체 제조방법은 머스프링용 폴리우레탄 탄성체를 만들기 위한 제조방법이고,
상기 경화제와 혼합하기 전에 상기 프리폴리머에 무기물 나노충전제를 첨가하여 혼합하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체 제조방법.

청구항 2

제1항에서, 머스프링용 폴리우레탄 탄성체 제조방법은,
프리폴리머 70 ~ 95중량부에 무기물 나노충전제 0.001 ~ 10중량부를 첨가하고 혼합하여 무기물 나노충전제 분산 프리폴리머를 만드는 단계;
상기 무기물 나노충전제 분산 프리폴리머에 액상 경화제 5 ~ 30중량부를 첨가하여 혼합하는 경화제 투입단계;
및
상기 경화제가 혼합된 상기 나노충전제 분산 프리폴리머를 금형에 주입하여 성형하는 성형단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체의 제조방법.

청구항 3

제2항에서, 상기 무기물 나노충전제 분산 프리폴리머를 만드는 단계는 폴리올(polyol)에 상기 무기물 나노충전제를 첨가하여 혼합한 것을 NCO와 혼합하는 과정을 거치는 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체의 제조방법.

청구항 4

제2항에서, 상기 무기물 나노충전제 분산 프리폴리머를 만드는 단계는 NCO에 상기 무기물 나노충전제를 첨가하여 혼합한 것을 폴리올(polyol)에 혼합하는 과정을 거치는 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체의 제조방법.

청구항 5

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에서, 상기 프리폴리머는 NCO와 Polyol로 이루어져 있고, 상기 NCO와 상기 Polyol의 중량비는 6.5:93.5인 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체 제조방법.

청구항 6

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에서, 상기 무기물 나노충전제는 나노 실리카, 나노카본, 나노 탈크, 나노 크레이, CNT, 그래핀, 그래파이트, 유리섬유 중 어느 하나 또는 둘 이상을 혼합한 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체의 제조방법.

청구항 7

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에서, 상기 무기물 나노충전제는 나노 실리카인 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체의 제조방법.

청구항 8

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에서, 상기 무기물 나노충전제는 CNT인 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체의 제조방법.

청구항 9

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에서, 상기 액상 경화제는 용융된 모카이고, 상기 용융된 모카를 얻는 과정은 오일을 가열하여 115℃ 이상으로 유지하면서 가열된 상기 오일로 모카를 가열하여 용융시키는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체의 제조방법.

청구항 10

제9항에서, 상기 오일의 온도를 115℃ ~ 120℃로 유지하면서 상기 모카를 용융시키는 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체의 제조방법.

청구항 11

제9항에서, 상기 모카가 담긴 용기를 상기 오일에 담가서 상기 오일과 상기 모카를 분리한 상태로 상기 모카를 용융시키는 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체의 제조방법.

청구항 12

제9항에서, 상기 모카를 상기 오일에 투입하여 상기 오일 속에서 용융시킨 후 상기 오일과 분리하여 상기 용융된 모카를 얻는 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체의 제조방법.

청구항 13

머스프링용 폴리우레탄 탄성체에 있어서,

상기 머스프링용 폴리우레탄 탄성체 조직 내에 무기물 나노충전제가 균일하게 분포있는 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체.

청구항 14

제13항에서, 상기 머스프링용 폴리우레탄 탄성체는 프리폴리머 70 ~ 95중량부, 무기물 나노충전제 0.001 ~ 10중량부 및 경화제 5 ~ 30중량부로 이루어진 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체.

청구항 15

제13항에서, 상기 무기물 나노충전제는 나노 실리카, 나노카본, 나노 탈크, 나노 크레이, CNT, 그래핀, 그라파이트, 유리섬유 중 어느 하나 또는 둘 이상을 혼합한 것임을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체.

청구항 16

제13항에서, 상기 무기물 나노충전제는 나노 실리카인 것을 특징으로 하는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 폴리우레탄 탄성체의 개선에 관련된 것으로, 특히 면진장치에 사용되는 머스프링(Mass Energy Regulator Spring, MER-Spring)용 폴리우레탄 탄성체 및 그 제조방법의 개선에 대한 것이다.

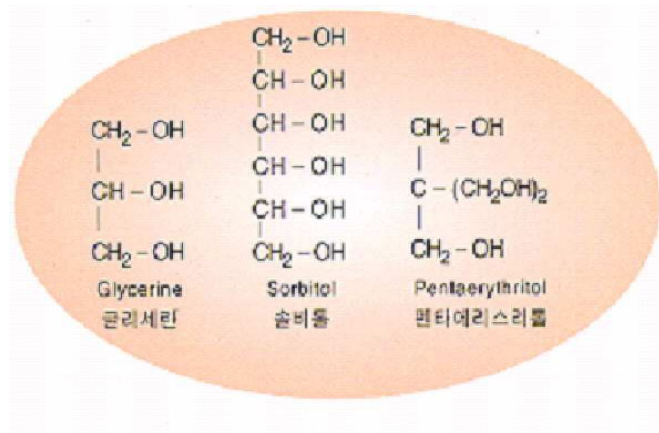
배경 기술

[0002] 면진장치의 머스프링용 탄성체를 만드는 데에 사용되는 폴리우레탄은 가볍고, 탄성 및 복원력이 우수한 제품으로 알려져 있다. 이러한 폴리우레탄은 고분자의 일종으로, 우레탄 결합을 가지고 있는 높은 분자량의 물질을 총칭한다. 여기서 고분자란 단량체라는 저분자가 여러 개 중합되어 이루어져 있는 물질을 말하며 일반적으로 물질량 약 10,000 g/mol 이상의 거대 분자를 뜻하고 있다. 우레탄 결합은 아이소시아네이트기를 가지는 아이소시아네이트와 하이드록시기를 가지는 알코올의 화학적 반응에 의해 생성된다.

[0003] 폴리우레탄은 일반적으로 2개의 이소시아네이트기를 가지는 디페닐메탄 디이소시아네이트(이하 MDI)와 2개의 하이드록시기를 가지는 폴리올을 중합시켜 만든다. 중합 방법은 디이소시아네이트와 폴리올을 중합하여 프리폴리머(Prepolymer)를 제작하고 이를 중합시켜 폴리우레탄을 만드는 프리폴리머 루트(prepolymer route)인 투샷 프로세스(two-shot process)와 디이소시아네이트와 폴리올의 중합을 통해 한 번에 폴리우레탄을 만드는 원샷 프로세스(one-shot process)가 있다. 디이소시아네이트와 폴리올의 경우 종류가 다양하며 그에 따른 폴리우레탄의

물성 역시 다양하다. 폴리올의 경우 종류가 더욱 다양한데, 대표적으로 폴리에테르 폴리올과 폴리에스테르 폴리올로 분류하여 사용하는 용도에 맞게 적용되고 있다.

[0004] 먼저 폴리에테르 폴리올의 경우 다음 그림의 화합물이 대표적이다.



[0005]

[0006] 그림 1. 폴리에테르 폴리올의 종류

[0007] 그림 1과 같이 주로 다관능기의 제품이 사용되며 폼, 탄성체, 접착제, 코팅제 등에 사용된다. 에테르 폴리올은 다시 지방족 폴리올과 방향족 폴리올로 나뉜다. 지방족 폴리올의 경우 건자재, 컨테이너, 냉장고, 단열재, 가구 및 건축용 판넬 등의 보강재로 사용되며 단열성 향상보다는 기계적 강도 개선 및 치수 안정성 개선 등에 사용된다. 또한 점도조절 및 생산성 향상을 위해 사용되기도 한다. 방향족 폴리올의 경우 적용되는 분야는 지방족 폴리올과 유사하지만 사용되는 목적이 단열성 향상이라는 면에서 다르다. 이러한 특성 때문에 요구 물성에 맞춰 지방족 폴리올과 방향족 폴리올을 혼합하여 처방 개발에 활용한다.

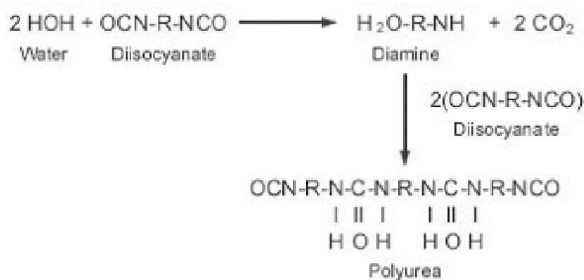
[0008] 다음으로 일반적으로 널리 사용되고 있는 폴리에스테르 폴리올은 이염기산과 글리콜 또는 트리올의 탈수축합 반응에 의해 제조된다. 에스테르기의 함유로 인하여 딱딱한 플라스틱을 제조하는데 적용되며 폴리에테르 폴리올과 마찬가지로 그 에스테르의 종류에 따라 탄성체, 인조피혁, 코팅제, 폼, 도료 등 다양한 곳에 적용된다.

[0009] 폴리우레탄은 살피본 바와 같이 다양한 조성에 의해 여러 물성과 적용 분야를 가지고 있지만 몇몇 단점에 의해 적용 시 어려움을 가지고 있다.

[0010] 그 중 한 예로 부가반응이 있다. 폴리우레탄의 합성에는 다양한 부가 반응이 존재하여 물성 및 품질의 균일화에 어려움을 갖는다. 부가 반응에는 1) 폴리우레아 반응, 2) 알로페네이트 반응, 3) 뷰렛반응이 있다.

[0011] 1) 폴리우레아 반응

[0012] 폴리우레탄의 원료가 되는 디이소시아네이트는 물(H_2O)과 반응하여 우레아와 이산화탄소(CO_2)를 생성한다.

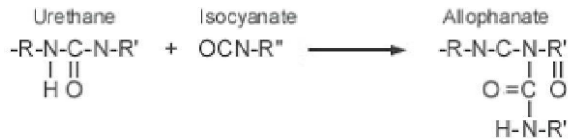


[0013]

[0014] 그림 2. 우레아 생성 반응

[0015] 2) 알로파네이트 반응

[0016] 폴리우레탄이 합성된 후 잔존하는 디이소시아네이트와 반응하여 알로파네이트를 생성한다. 이 때 생성된 알로파네이트는 가교반응을 일으킬 수 있다.

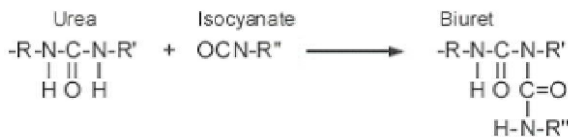


[0017]

[0018] 그림 3. 알로파네이트 생성 반응

[0019] 3) 뷰렛 반응

[0020] 폴리우레탄 합성 시 부반응에 의해 발생하는 우레아가 잔존하는 디이소시아네이트와 반응하여 뷰렛을 생성한다. 이 때 생성된 뷰렛은 알로파네이트와 마찬가지로 가교반응을 일으킬 수 있다.



[0021]

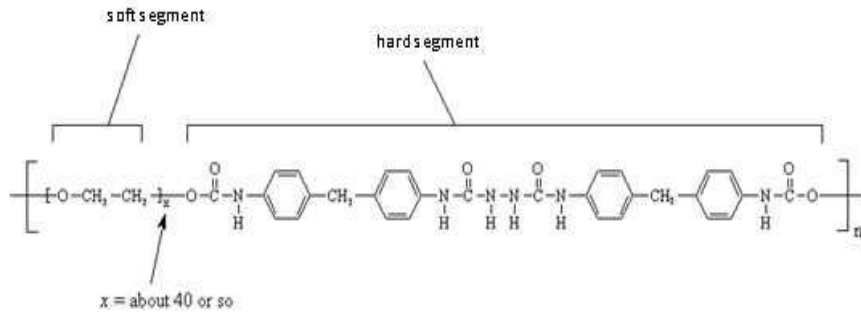
[0022] 그림 4. 뷰렛 생성 반응

[0023] 이러한 부가반응이 중요하므로 폴리우레탄의 균일한 제품을 만들기 위한 문제점을 해결하기 위해 폴리우레탄에 대한 조성의 연구가 필요하다.

[0024] 폴리우레탄의 핵심기술

[0025] 폴리우레탄은 이소시아네이트(isocyanate)와 폴리올의 반응에 의해 생성되는 우레탄 그룹 (-NH-CO-O-)을 포함하는 고분자를 총칭하는 것으로 내구성, 내수성, 건조성 등의 우수한 물성을 가진 고분자이다. 우레탄 결합은 Isocyanate group과 Hydroxy group의 화학적인 반응에 의해 생성되며 원료의 성질과 반응성에 따라 다양한 물성을 낼 수 있다. 이러한 특성 때문에 폼, 도료, 접착제, 밀폐제, 탄성체, 섬유, 플라스틱 등 다양한 용도로 응용되고 있다.

[0026] 폴리우레탄은 소프트 세그먼트(soft segment)와 하드 세그먼트(hard segment)가 존재하여 강성을 가지면서 동시에 탄성의 특성을 가진다. 이는 폴리우레탄을 구성하는 두 성분 중에서 첫 번째로, 폴리올(Polyol)은 일반적으로 Polyether, Polyester, Polyethylene 등의 유연한 구조를 가지고 있으며, 두 번째로 Diisocyanate는 매우 경직된 구조를 가지고 있다. 아래 그림은 이 구조를 잘 보여 준다. 이 두 요소는 화학반응에 의한 우레탄 결합으로 유연성과 견고성을 동시에 지닐 수 있으며, 또한 가교결합을 형성하여 우수한 복원력을 갖는 탄성체가 된다. 폴리우레탄의 탄성력은 금속스프링과 비교하여도 강성을 제외하면, 변형률, 복원속도, 탄성, 내구성 등의 물성에서도 결코 뒤지지 않는다. 이와 동시에 플라스틱 소재이기 때문에 무게가 가볍고, 가공이 용이하여 금속 탄성체를 대체하여 많은 곳에 응용되고 있다. 즉 폴리우레탄 엘라스토머는 고무가 갖는 신장성과 동시에 플라스틱, 금속, 세라믹의 다양한 장점을 지닌 독특한 건설용 원료이다.



[0027]

[0028]

그림 5. Spandex내의 Soft segment와 Hard segment

[0029]

따라서 기술자들에게 폴리우레탄은 다양한 형태의 용도와 제품에 사용할 수 있는 수많은 독특한 특성을 제공하는 원료이며 경영인에게는 향상된 성능을 통해 비용절감을 할 수 있는 제품을 생산할 수 있게 하는 등 에너지 소비량이 낮고 비교적 낮은 비용으로 가공될 수 있는 원료이다.

[0030]

특히 Polyethers는 동적 스트레스를 받는 부품들, 즉 발열을 낮출 수 있는 용도에 추천되고 있으며 복원성과 저온특성, 내수성 등의 장점을 갖는다. 또한, 낮은 점착성과 낮은 비중을 갖는다. Polyether에 기초한 우레탄은 잘림, 찢김, 마모, 기름, 그리고 용제에 대한 저항력이 매우 크다.

[0031]

그 적용 예로 선진 제조사의 경우 자동차의 내외장재, 휠에 사용되고 있으며, 건축용 자재 그리고 스포츠용품 등에도 폴리우레탄을 적용하기 위한 연구가 많이 진행되었고 지금도 진행되고 있으며, 그 응용 제품 또한 출시되고 있는 상황이다. Spandex같은 경우 역시 폴리우레탄 탄성체의 좋은 예이다. DuPont사에서 Lycra라는 상품명으로 판매가 진행되고 있으며 Soft segment와 Hard segment에 의해 뛰어난 신장율과 복원력을 띠게 된다.

[0032]

고기능성 소재의 개발을 위한 방안으로 나노 복합체(nano-composite)의 연구가 활발히 진행되고 있다. graphene, graphite, carbon tube등 카본계열의 충전제와 silica, talc, glass fiber등의 충전제를 nano 크기로 개발하여 고분자 매트릭스에 적용 연구 하고 있으며, 적용 시 물성 향상과 적용분야의 확대가 이루어지고 있다.

[0033]

하지만, 아직까지 면진장치의 머스프링(MER-Spring)용 폴리우레탄 탄성체에 대한 연구가 이루어지지 않고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0034]

본 발명의 목적은 기존 머스프링용 폴리우레탄 탄성체보다 뛰어난 물성을 가지는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체를 제공하는 데 있다.

[0035]

본 발명의 다른 목적은 기존 머스프링용 폴리우레탄 탄성체보다 뛰어난 탄성, 신장율, 경도를 가지는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체를 제공하는 데 있다.

[0036]

본 발명의 또 다른 목적은 종래 기술의 폴리우레탄 조직을 개질하여 물성을 향상시켜 기계적강도와 탄성을 향상시킨 머스프링용 폴리우레탄 탄성체를 제공하는 데 있다.

[0037]

본 발명의 또 다른 목적은 본 발명에 따른 머스프링용 폴리우레탄 탄성체를 만들기 위한 머스프링용 폴리우레탄 탄성체 제조방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0038]

본 발명에 따른 머스프링용 폴리우레탄 탄성체의 제조방법은 프리폴리머와 경화제를 혼합하여 폴리우레탄 탄성체를 만드는 폴리우레탄 탄성체 제조방법에 있어서, 상기 폴리우레탄 탄성체 제조방법은 머스프링용 폴리우레탄 탄성체를 만들기 위한 제조방법이고, 상기 경화제와 혼합하기 전에 상기 프리폴리머에 무기물 나노충전제를 첨가하여 혼합하는 과정을 더 포함하는 구성을 한다.

- [0039] 제1항에서, 머스프링용 폴리우레탄 탄성체 제조방법은, 프리폴리머 70 ~ 95중량부에 무기물 나노충전제 0.001 ~ 10중량부를 첨가하고 혼합하여 무기물 나노충전제 분산 프리폴리머를 만드는 단계; 상기 무기물 나노충전제 분산 프리폴리머에 액상 경화제 5 ~ 30중량부를 첨가하여 혼합하는 경화제 투입단계; 및 상기 경화제가 혼합된 상기 나노충전제 분산 프리폴리머를 금형에 주입하여 성형하는 성형단계를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0040] 상기 무기물 나노충전제 분산 프리폴리머를 만드는 단계는 폴리올(polyol)에 상기 무기물 나노충전제를 첨가하여 혼합한 것을 NCO와 혼합하는 과정으로 이루어질 수 있다.
- [0041] 때에 따라, 상기 무기물 나노충전제 분산 프리폴리머를 만드는 단계는 NCO에 상기 무기물 나노충전제를 첨가하여 혼합한 것을 폴리올(polyol)에 혼합하는 과정으로 이루어질 수도 있다.
- [0042] 상기 프리폴리머는 NCO와 Polyol로 이루어져 있고, 상기 NCO와 상기 Polyol의 중량비는 6.5:93.5인 것이 바람직하다.
- [0043] 상기 무기물 나노충전제는 나노 실리카, 나노카본, 나노 탈크, 나노 크레이, CNT, 그래핀, 그래파이트, 유리섬유 중 어느 하나 또는 둘 이상을 혼합한 것일 수 있다.
- [0044] 상기 무기물 나노충전제는 나노 실리카인 것이 바람직하다.
- [0045] 상기 무기물 나노충전제는 CNT인 것이 좋다.
- [0046] 상기 액상의 경화제는 용융된 모카이고, 상기 용융된 모카를 얻는 과정은 오일을 가열하여 115℃ 이상으로 유지하면서 가열된 상기 오일로 모카를 가열하여 용융시키는 과정을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0047] 상기 오일의 온도를 115℃ ~ 120℃로 유지하면서 상기 모카를 용융시키는 것이 좋다.
- [0048] 상기 모카가 담긴 용기를 상기 오일에 담가서 상기 오일과 상기 모카를 분리한 상태로 상기 모카를 용융시키거나, 상기 모카를 상기 오일에 투입하여 상기 오일 속에서 용융시킨 후 상기 오일과 분리하여 상기 용융된 모카를 얻을 수 있다.
- [0049] 본 발명에 따른 머스프링용 폴리우레탄 탄성체는 머스프링용 폴리우레탄 탄성체에 있어서, 상기 머스프링용 폴리우레탄 탄성체 조직 내에 무기물 나노충전제가 균일하게 분포있는 구성을 한다.
- [0050] 상기 머스프링용 폴리우레탄 탄성체는 프리폴리머 70 ~ 95중량부, 무기물 나노충전제 0.001 ~ 10중량부 및 모카 5 ~ 30중량부로 이루어진 것이 바람직하다.
- [0051] 상기 무기물 나노충전제는 나노 실리카, 나노카본, 나노 탈크, 나노 크레이, CNT, 그래핀, 그래파이트, 유리섬유 중 어느 하나 또는 둘 이상을 혼합한 것일 수 있다.
- [0052] 상기 무기물 나노충전제는 나노 실리카인 것이 바람직하다.
- [0053] 본 발명자는 상기와 같은 폴리우레탄 탄성체의 제조과정 중 경화제와 혼합하기 위한 프리폴리머에 무기물 나노충전제를 프리폴리머와 경화제 전체 중량의 약 10% 이하에서 미량이라도 첨가를 하면 매트릭스 간의 화학적인 결합으로 표면 개질 또는 조직 개질이 이루어져 압축과 복원을 반복하는 폴리우레탄 탄성체, 특히 머스프링용 폴리우레탄 탄성체의 탄성 등 물성이 첨가되지 않는 경우보다 향상한다는 것을 알 수 있었다.

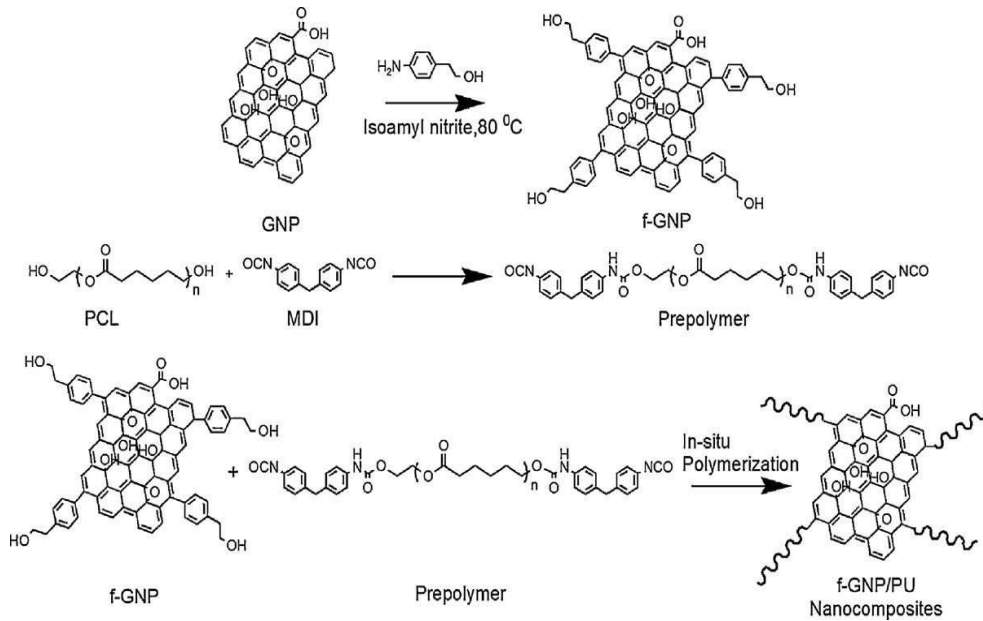
발명의 효과

- [0054] 본 발명의 따르면 현용 폴리우레탄 제조과정 중에 나노 실리카, CNT 등 나노 크기의 나노 충전제를 매트릭스 간의 화학적인 결합으로 표면 개질하여 파단 응력(breaking stress), 파단 스트레인(breaking strain), 모듈러스(modulus), 형상복원(shape recovery) 등 주요 기계적 강도가 증가하고, 탄성이 증가하며 열안정성도 향상된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0055] 본 발명은 폴리우레탄에 대해 particle, sheet, tube등 다양한 형상의 충전제를 분산시킴으로써 보다 나은 물성을 얻고자 하는 연구에 따른 것이다. 효과적인 분산에 대한 방안으로는 surfactant등의 첨가제를 통한 방법과 nano 크기의 충전제와 매트릭스 간의 화학적인 결합을 통한 functionalization이 있다. 이러한 방법 중에서도 chemical functionalization에 대한 연구의 예로, GNP(graphene nanoplatelets)를 functionalization하여 -OH기를 붙인 후 단량비 조절을 통하여 양 말단이 -NCO로 된 폴리우레탄의 prepolymer 말단의 -NCO와 결합시키고,

이후 폴리우레탄을 합성하는 연구가 진행되고 있다. 이는 아래 그림과 같다.



[0056]

[0057]

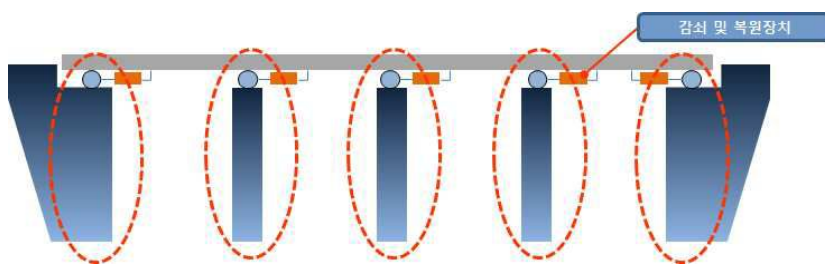
그림 6. Chemical functionalization의 예시

[0058]

이렇게 합성된 폴리우레탄은 기존의 GNP가 단순 첨가된 경우보다, 분산이 잘되며 breaking stress, breaking strain, modulus, shape recovery 등 주요 기계적 강도가 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, 열안정성 역시 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 연구 결과는 폴리우레탄 nano composite에 chemical functionalization 방법을 적용하면 보다 나은 고기능성 소재를 개발할 수 있다는 것을 보여준다. 본 연구에서는 graphene 대신 -OH기를 함유한 silica를 사용하여 Isocyanate의 -NCO기와 반응할 수 있도록 함으로써 기존 연구의 graphene의 성능과 경제성을 모두 고려하면서 silica의 -OH기와 TDI의 -NCO기가 결합된 고기능성 폴리우레탄 탄성체를 만들고자 한다.

[0059]

본 연구에서 지진은 저진동수이며 고진폭을 가지므로, 지진 저감을 위해서는 폴리우레탄의 동적 물성에 대한 더 많은 연구가 필요한 실정이다. 아래 그림은 지진 감쇠와 복원을 위한 장치의 설치 위치를 보여준다.



[0060]

[0061]

그림 7. 지진 감쇠 및 복원 장치

[0062]

부품소재의 요소기술

[0063]

본 연구에서 폴리우레탄 소재에 대해 연구해야할 내용은 다음과 같다.

[0064]

1) 기초 처방 실험과 이론적 연구

[0065]

2) 정적 물성 실험과 이론적 예측 모델의 선정

[0066]

3) 동적 물성에 관한 실험과 이론적 해석

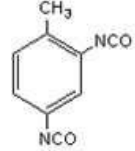
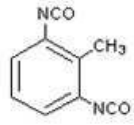
- [0067] 4) 실험실적 처방 연구
- [0068] 5) 나노 복합체에 적용 가능한 이론적 모델 검토
- [0069] 6) 동적 물성 고찰과 이론적 연구
- [0070] 7) 나노 복합체의 지진격리장치 응용/설계 최적화
- [0071] 8) MER-spring의 Shape Factor
- [0072] 기술적 해결방법 수행실적
- [0073] 가. 기초 처방 실험과 이론적 연구
- [0074] 1) 기초 처방 실험
- [0075] 가) Polyol - ether 계통과 ester계통의 polyol을 연구한다.
- [0076] 나) Isocyanate - 일반적으로 MDI와 TDI 중에서 선택하여 실험한다.
- [0077] 2) 화학 반응에 따른 이론적 연구
- [0078] 가) 우레탄 반응의 화학적 반응과 물리적 해석의 기초적인 변수를 정리하여 연구개발 및 품질관리 관련 현장 적용이 가능하도록 한다.
- [0079] 나) Silica - Silica의 -OH기와 폴리우레탄의 화학적 결합을 통해 계면 사이의 점착력을 강화시키고, 그에 따른 압축강도, 인장강도, 신율의 물성 변화를 연구한다.
- [0080] 나. 정적 물성 실험과 이론적 예측 모델의 선정
- [0081] 1) 인장강도, 신율, 인장강도 변화율, 신율 변화율 등을 측정한다.
- [0082] 2) 인장강도에 관한 이론적 예측 모델을 연구 개발한다.
- [0083] 기존에 학교에서 Nylon과 MMT 나노 복합체의 연구에 적용했던 이론적 모델을 기준으로 응용하여 적용한다. 이에 대한 이론은 다음(나노 복합체에 적용 가능한 이론적 모델)에 기술한다.
- [0084] 3) 본 연구에서는 실제로 인장강도보다 압축강도가 더 필요하므로, 압축강도에 대한 실험을 강화한다.
- [0085] 4) 압축강도에 관한 이론적 예측 모델을 연구 개발한다.
- [0086] 다. 동적 물성에 관한 실험과 이론적 해석
- [0087] 지진의 영향을 감쇠시키기 위해서는 재료의 정적 물성보다 동적 물성이 훨씬 중요하다. 다만 이제까지의 연구는 진동수가 크고 진폭이 작은 경우에는 많은 연구가 진행되어 있으나, 진동수가 낮고 진폭의 범위는 상당히 큰 지진과 같은 환경에 대해서는 같은 이론을 적용한다 하더라도 새롭고 다양한 실험의 진행이 필요하다.
- [0088] 본 연구에서는 맥스웰 모델과 보이트 모델을 이용한 시뮬레이션을 통하여 물성 예측 및 해석을 수행한다.
- [0089] 라. 실험실적 처방 연구
- [0090] 1) Prepolymer
- [0091] 본 연구에 사용되는 prepolymer는 isocyanate의 종류에 따라 2,4-TDI와, 2,6-TDI로 나뉜다. 또한 폴리올은 polyester polyol로 진행한다.
- [0092] 실제 사용 그레이드는 IMUTHANE22-95A (2,4-TDI)와 IMUTHANE22-58D (2,6-TDI)를 사용한다. 사용하고 있는 IMUTHANE22-95A (2,4-TDI)와 IMUTHANE22-58D (2,6-TDI)는 다음과 같은 화학 구조를 갖고 있다.

[0093]

표 1

[0094]

Prepolymer의 그레이드별 화학구조

Name	CAS number	%	Chemical structure
Benzene, 1,3-diisocyanatomethyl (2,4-TDI)	26471-62-5	1-5	
Benzene, 2,4-diisocyanato-1-methyl- (2,6-TDI)	584-84-9	1-3	

[0095]

사용 중인 TDI(Liquid Prepolymer)의 종류는 TDI-terminated polyether prepolymer이다.

[0096]

TDI는 다음과 같은 특징이 있으며, 아래 표와 같은 특성을 갖는다.

[0097]

① Low free TDI content

[0098]

② Low viscosity

[0099]

③ Long pot life

[0100]

④ Excellent high temperature dynamic properties

표 2

[0101]

TDI의 사양 및 가공 조건

Specification	
% NCO	7.05-7.35
AE	572-596
Brookfield Viscosity, poise (30℃)	0.00-120.0
Brookfield Viscosity, poise (100℃)	0.00-2.2
Appearance (25℃)	Clear viscous liquid, free from contamination
Viscosity, Centipoise (Pa·s)(30℃)	8000 (8.0)
Viscosity, Centipoise (Pa·s)(60℃)	900 (0.90)
Viscosity, Centipoise (Pa·s)(80℃)	380 (0.38)
Viscosity, Centipoise (Pa·s)(100℃)	170 (0.17)
Specific Gravity (30℃)	1.09
Specific Gravity (60℃)	1.06
Specific Gravity (100℃)	1.03
Processing Conditions	
Adiprene LF 601D temp, ℃ (°F)	60 (140)
MBCA, ℃ (°F)	116 (240)
pph MBCA, 95% theory, AE= 576	22.0
Mold Temperature, ℃ (°F)	100 (212)
Pot Life (time to 200 poise), Mins	4.5
Demold Time, Mins	20
ecommended Cure Cycle: Hrs/℃	16/100-110
ecommended Cure Cycle: Hrs/°F	16/212-230

표 3

[0102] TDI의 물성특성

Propertiles	
Hardness, Shore D	60 - 62
P&J	7
Tensile, psi (MPa)	7000(48.3)
Elongation, %	290
3700(25.5)100% Modulus, psi (MPa)	3700(25.5)
200% Modulus, psi (MPa)	4700(32.4)
D-470 Split Tear, pli (kN/m)	115(20.1)
Die C Tear, pli (kN/m)	630(110)
Bashore Rebound, %	42
Compression Set, Method B 22 Hrs. @ 158°F (70°C)	28
Compressive Modulus, psi (MPa) (5%)	1000(6.9)
Compressive Modulus, psi (MPa) (10%)	1600(11.0)
Compressive Modulus, psi (MPa) (15%)	2200(15.2)
Compressive Modulus, psi (MPa) (20%)	(20.7)
Compressive Modulus, psi (MPa) (25%)	4000(27.6)
Specific Gravity	1.16

[0103] 2) 경화제

[0104] 경화제는 현재 MOCA(4,4'-Methylene bis(2-chloroaniline))라는 Amine계의 경화제를 사용하고 있으며, 본 실험에서는 경화제와 polyol의 혼합물을 사용할 예정이다. Isocyanate로 MDI를 선택하여 사용하는 경우, 경화제로는 MOCA가 아닌 액상의 부탄디올 등 다른 경화제가 사용될 수 있다.

[0105] MOCA는 4,4'-Methylene bis(2-chloroaniline), Bis(4-amino-3-chlorophenyl) methane, MOCA, MBOCA 등 여러 이름으로 불리우며, 폴리우레탄 엘리스토머의 경화제로 사용되는 물질로 특성은 다음과 같다.

표 4

[0106] MOCA의 분자량 및 화학 구조

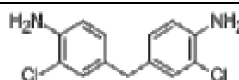
Name	CAS number	M.W(g/mol)	Chemical structure
4,4'-Methylene bis(2-chloroaniline) (MOCA)	101-14-4	267.15	

표 5

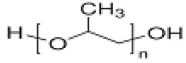
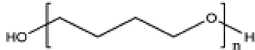
[0107] MOCA의 물리화학적 특성

Properties	
외관 (성상)	고체
외관 (색상)	-
pH	(약한 염기성)
녹는점/어는점	110 °C
초기 끓는점과 끓는점 범위	378.9 °C
증기압	0.073 mmHg (60°C)
용해도	0.001 g/100ml (24°C)
비중	1.44 (4°C)
n-옥탄올/물분배계수	3.91
분해온도	200 °C
분자량	267.15

- [0108] 상기와 같은 모카는 오일을 가열하여 115℃ 이상으로 유지하는 오일가열과정 및 가열된 상기 오일로 상기 모카를 가열하여 상기 모카를 용융하는 모카용융과정을 포함하는 과정으로 용융하는 것이 변색을 방지하고 폴리우레탄 탄성체의 물성을 좋게 할 수 있다. 가열된 오일은 순환시킬 수 있다.
- [0109] 오일의 온도를 115℃ ~ 120℃로 유지하면서 모카용융과정을 수행하는 것이 좋고, 오일로는 실리콘 오일이 바람직하다.
- [0110] 상기 모카용융과정은 상기 모카가 담긴 용기를 상기 오일에 담가서 상기 오일과 상기 모카가 분리된 상태에서 수행되게 하거나, 모카가 오일에 투입되어 오일 속에서 수행되게 할 수 있다. 오일 속에서 용융된 것은 비중 차이로 인하여 쉽게 오일에서 분리할 수 있다.
- [0111] 위와 같이 하는 경우, 모카의 과열을 방지함으로써, 용기에 모카를 담고 버너로 직접 가열하여 모카를 용융시킨 것을 사용할 때에 비해, 모카의 변색 및 경화제로서의 물성저하 현상을 억제할 수 있고, 이에 따라 만들어지는 폴리우레탄 탄성체의 변색 및 탄성력과 복원력 저하 현상을 줄일 수 있다.
- [0112] 또한, 오일을 통해 열전달이 균일하게 진행되도록 하여 필요 이상의 높은 온도로 가열되는 모카가 없도록 함으로써 균질한 품질의 경화제를 얻을 수 있고, 이것을 이용하여 균질한 품질의 머스프링용 폴리우레탄 탄성체를 만들 수 있다.
- [0113] 또한, 모카의 용융점인 103℃보다 훨씬 높은 115℃ ~ 120℃의 온도로 모카를 지속해서 가열할 수 있어 종래보다 모카 용융에 걸리는 시간을 획기적으로 단축할 수 있다.
- [0114] 폴리올(Polyol)로는 약 2000g/mol의 분자량이 사용되며, 그의 종류는 PPG(polypropylene glycol)과 PTMEG(Polytetramethylene Ether Glycol)이 사용된다.

표 6

- [0115] Polyol의 종류

Name	CAS number	Chemical structure
polypropylene glycol (PPG)	25322-69-4	
Polytetramethylene Ether Glycol (PTMEG)	25190-06-1	

- [0116] 경화제가 첨가되는 양은 다음과 같은 수식을 통하여 계산된다.

$$M = \frac{N \times C \times S}{K}$$

- [0117]
- [0118] 여기서 M은 MOCA가 첨가되는 양이며, N은 NCO기의 단량비(% NCO), C는 가교제의 당량(E.W.Curative), S는 반응되는 정도(Desired % Theory)이고, K는 4202(상수)이다. 이러한 식을 통해 계산된 양의 MOCA가 반응에 첨가되게 된다.
- [0119] 다음은 기존의 합성을 통해 얻은 폴리우레탄의 물성 데이터이다.

표 7

- [0120] 일반적인 폴리우레탄의 물성

SPEC.	Unit	Propertiles
Tensile strength	MPa	35
Elongation	%	285
100% modulus	MPa	13.5
300% modulus	MPa	24
Hardness	듀로미터경도(Type D)	55
Compression set at 70℃(영구압축줄임률)	%	35

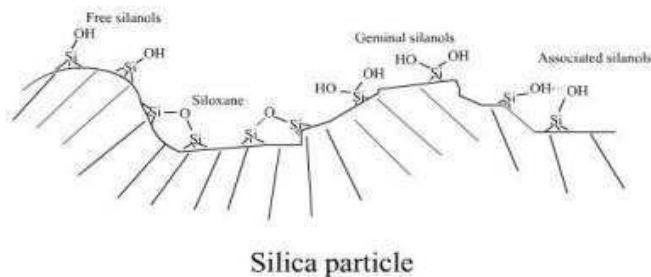
[0121] 이러한 물성이 재료의 함량 및 첨가제의 함량, 충전제의 나노 분포 등에 어떠한 영향을 받는지 연구한다.

[0122] 3) 이소시아산염(Isocyanate)

[0123] Isocyanate 종류를 변화시키면서 적절한 것을 선정하여 연구를 진행한다.

[0124] 4) 실리카(Silica)

[0125] 폴리우레탄에 silica를 단순 분산시키는 경우와, 폴리우레탄의 polyol에 silica를 사전 반응시킨 후 폴리우레탄을 제조하는 경우를 비교하여 연구를 진행한다.

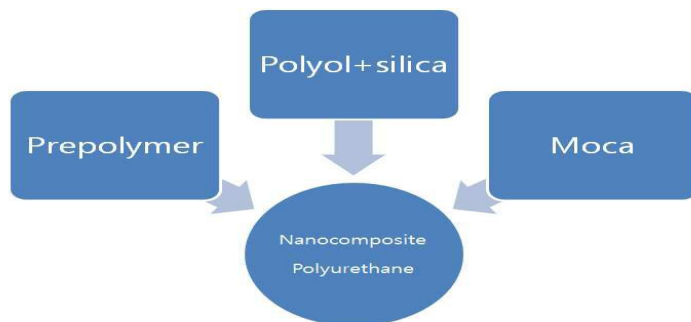


[0126]

[0127] 그림 8. Silica의 분자구조

[0128] 본 연구에서는 위 그림과 같이 silica 분자 내에 존재하는 많은 -OH기와 TDI의 -NCO기를 결합시킨 후 폴리우레탄을 합성함으로써 충전제인 silica와 폴리우레탄 내의 화학적 결합을 만들 예정이다. 이를 통해 충전제와 매트릭스 간의 결합력을 높이고 기계적 및 열적 물성을 향상시켜 고기능성 폴리우레탄을 만들고자 한다.

[0129] 이러한 연구를 진행하기 위한 모식도는 다음 그림과 같다.



[0130]

[0131] 그림 9. Nanocomposite 제조 개요

[0132] 마. 나노 복합체에 적용 가능한 이론적 모델 검토

[0133] 인장강도와 신율에 관계된 실험은 이미 잘 알려진 방법으로 진행하며 다음과 같은 방법으로 이론적 모델을 수립하고자 한다.

[0134] 1) 나노 복합체의 모듈러스(Modulus)

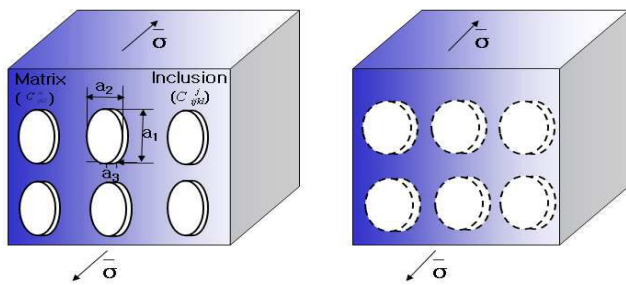
[0135] 그림 10의 왼쪽 그림은 무한의 탄성 기지체에 분포되어 있는 배향된 타원형 충전제로 구성된 복합재료에 대한 도식적인 예이다. 복합체 내의 기지체와 충전제의 균일하고 완벽한 접촉으로 인한 이상적인 상태로 일관된 응력과 변형률이 나타나는 경우에는 그림 10의 오른쪽 그림과 같이 정의될 수 있다. 기지체의 탄성 영률은 C^f 로써 표기하며, 완전하게 배향된 타원형의 충전제는 C^f 로 주어진다. 일반적으로 충전제와 기지체에 대한 구성식은 각각 다음과 같다.

$$\sigma^f = C^f \varepsilon^f \quad (1)$$

[0136]
$$\sigma^m = C^m \varepsilon^m \quad (2)$$

[0137] 아래 그림 10의 오른쪽 그림에서 정의 될 수 있는 것과 같이, 국소적인 응력 $\sigma(x)$ 과 변형률 $\varepsilon(x)$ 은 일반적으로 국소의 위치에서는 균일하지 않다. 부피평균 응력 $\bar{\sigma}$ 과 변형률 $\bar{\varepsilon}$ 은 적당한 수의 충전제를 함유할 수 있도록 충분히 큰 체적에서의 국소량의 합으로서 결정될 수 있으며, 평균적으로 아래의 식으로 표현 할 수 있다.

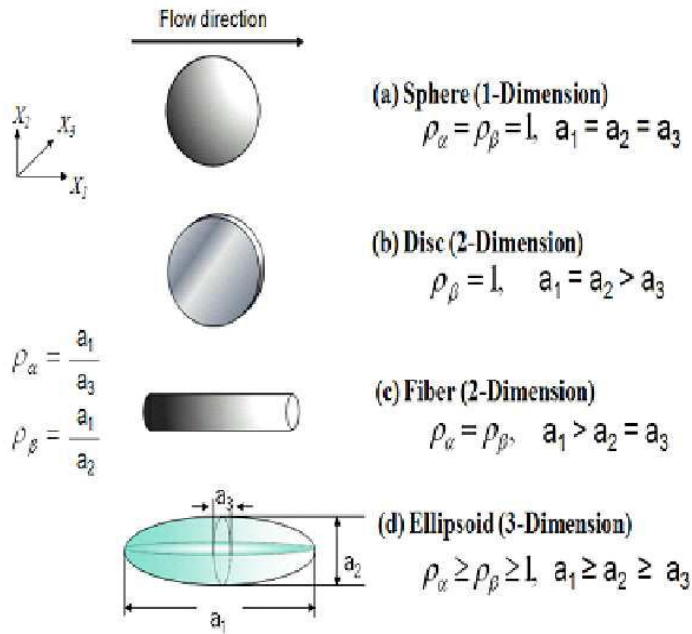
[0138]
$$\bar{\sigma} = \bar{C} \bar{\varepsilon} \quad (3)$$



[0140] 그림 10. A composite formed from aligned ellipsoidal inclusions ($a_1 > a_2 > a_3$) with two aspect ratio

[0141] 실제의 복합체는 위의 그림 10의 오른쪽 그림으로 표현 할 수 없으나, Eshelby의 중첩원리에 의해 표현되는 가상의 변형율을 이용하여 이론적인 접근을 시도하였으며, 좀 더 자세한 이론적인 전개는 Lee와 Paul의 문헌을 참고한다.

[0142] 다음 그림에 대표적인 충전제의 모양을 나타내었다. 본 실험에서 시도한 충전제의 형상은, 그림 11과 같이 먼저 구(a)의 형태를 갖는 충전제, 섬유(c) 형태를 갖는 충전제는 유리섬유(glass fiber, G/F)를 대표하며, 마지막으로 타원체(d)의 형태는 3차원을 해석할 수 있다.



[0143]

[0144] 그림 11. Schematic views of inclusions with the shape of a sphere(a), disc(b), fiber(c) and ellipsoid(d) with their orientation relative to sample axes.

[0145] Tandon & Weng은 그림 11(a)를 균일한 물질인 그림 11(b)와 같이 나타내고 그와 대응하여 충전체의 부분에 transformation strain tensor ε^t 를 도입하는 다음과 같은 관계식으로 나타낼 수 있다. 균질의 기지체의 탄성 영률은 C^m 로써 표기하며, 배향된 3차원의 충전체는 C^f 로 주어지고, 복합체의 평형식은 Eshelby의 이론과 Mori & Tanaka의 평균이론을 바탕으로 충전체와 기지체의 물성치로 구성되는 해석을 하면 각각 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \overline{\sigma} + \tilde{\sigma}^m + \tilde{\sigma}^f &= C^f(\varepsilon^m + \tilde{\varepsilon}^m + \tilde{\varepsilon}^f) \\ &= C^m(\varepsilon^m + \tilde{\varepsilon}^m + \tilde{\varepsilon}^f - \varepsilon^t) \end{aligned} \quad (4)$$

[0146]

[0147] 그런데 그림 11(a)에서 국소적인 응력 $\sigma(x)$ 과 변형률 $\varepsilon(x)$ 은 일반적으로 균일하지 않으나 복합체의 평균적인 응력으로 표현하면, 아래의 식으로 나타낼 수 있다.

$$\overline{\sigma} = \overline{C \varepsilon} \quad (5)$$

[0148]

[0149] 그림 12에서 충전체의 좌표 방향은 세 방향의 길이가 $a_1 > a_2 > a_3$ 으로서 x_1, x_2, x_3 의 방향으로 3차원의 해석이 가능하도록 하였다. x_1 은 종단방향(longitudinal direction; LD)의 좌표축을, x_2 는 횡단방향(transverse direction; TD)의 좌표축을, 그리고 x_3 는 수직방향(normal direction; ND)의 좌표축을 뜻한다.

[0150] 또한, 기지체와 충전체의 변형을 모두가 포함된 복합체의 변형율은 $\bar{\varepsilon}$ 으로 나타내며 $\bar{\varepsilon}$ 은 volume fraction ϕ 와 transformation strain tensor ε^t 의 관계식으로 나타내면 식(6)과 같다.

[0151]
$$\bar{\varepsilon} = \varepsilon^m + \Phi \varepsilon^t \quad (6)$$

[0152] 이를 balance equation과 연결하고 종합된 식을 행렬식으로 표현하면 다음과 같다.

[0153]
$$(C_{ijkl}^f - C_{ijkl}^m)[\varepsilon_{kl}^m + (1-\Phi)S_{klmn}\varepsilon_{mn}^t + \Phi\varepsilon_{kl}^t] + C_{ijkl}^m\varepsilon_{kl}^t = 0 \quad (7)$$

[0154] $\varepsilon_{kl}^m, \Phi, C_{ijkl}^m, C_{ijkl}^f$ 은 알려진 변수이며, 변수 ε_{kl}^t 을 계산할 수 있다. Φ 는 volume fraction을 나타내며 S_{klmn} 는 Eshelby의 전이텐서의 성분이다. 4차 강성 텐서를 용이하게 표현하기 위해 다음과 같이 C_{ijkl}^m 을 C_{IJ}^m 로 표기를 바꾸면 행렬식으로 계산할 수 있다.

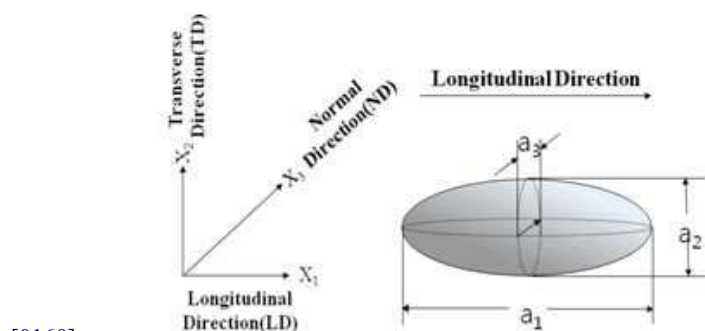
[0155]
$$(C_{IJ}^f - C_{IJ}^m)[\varepsilon_J^m + (1-\Phi)S_{JK}\varepsilon_K^t + \Phi\varepsilon_J^t] + C_{IJ}^m\varepsilon_J^t = 0 \quad (8)$$

[0156] 다시 식(4)을 1차 연립방정식으로 재배열하여 M_{IJ} 로 표현하면 다음과 같다.

[0157]
$$M_{IJ}\varepsilon_I^t = M_{IJ}(I \text{ and } J = 1, 2, \dots, 6) \quad (9)$$

[0158] 또한 다음과 같은 행렬식으로 표현할 수 있다.

[0159]
$$\begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & 0 & 0 & 0 \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & 0 & 0 & 0 \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & M_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & M_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & M_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_1^t \\ \varepsilon_2^t \\ \varepsilon_3^t \\ \varepsilon_4^t \\ \varepsilon_5^t \\ \varepsilon_6^t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{17} \\ M_{27} \\ M_{37} \\ M_{47} \\ M_{57} \\ M_{67} \end{bmatrix} \quad (10)$$



[0161] 그림 12. Schematic views of the ellipsoidal filler particles, characterized by three-dimensional geometry or two aspect ratios: a primary aspect ratio $\rho_\alpha = a_1/a_3$ and a secondary aspect ratio $\rho_\beta = a_1/a_2$ and three different directional dimensions : the longitudinal(LD), transverse(TD), and normal(ND) directions

[0162] 2) 열 팽창율 (CTE, Coefficient of Thermal Expansion)

[0163] 복합체에서 기지체의 탄성영률은 ϵ^m 으로 표기하며 타원형의 충전제는 ϵ' 로 주어진다. 복합체의 응력과 고분자 매트릭스의 응력을 transformation strain tensor의 보정으로 동일하게 식(4)로 나타낼 수 있다.

[0164] 순전히 온도의 변화에 의해 균질의 동종 기지체에서 외부의 어떤 힘에 의해 열팽창이 발생하며 3가지 방향으로 내부의 변형율을 야기하게 된다면, 세 방향의 변형율과 팽창율은 다음과 같이 동일해야 할 것이다.

[0165]
$$\epsilon^m = \epsilon_{11}^m = \epsilon_{22}^m = \epsilon_{33}^m \quad (11)$$

[0166]
$$(\alpha_m)_{11} = (\alpha_m)_{22} = (\alpha_m)_{33} = \alpha_m \quad (12)$$

[0167] 또한, 이방성의 복합체에서 열팽창계수에 관한 식은 식(13), (14) 그리고 식(15)로 나타낼 수 있다.

[0168]
$$\frac{\alpha_{ij}}{\alpha^m} = \frac{\epsilon_{ij}}{\epsilon^m} \quad (13)$$

[0169]
$$\frac{\alpha_{ij}}{\alpha_m} = 1 + \Phi \frac{\epsilon'_{ij}}{\alpha_m \Delta T \delta_{ij}} = 1 + \Phi A^t_{ij} \quad (14)$$

[0170]
$$A^t_{ij} = \frac{\epsilon^t_{ij}}{\alpha_m \Delta T \delta_{ij}} \quad (15)$$

[0171] 식에서 변수 A^t_{ij} 는 Eshelby에 의해 얻어진 transformation strain tensor ϵ' 와 대응된다. 식(14)의 기지체의 열 팽창계수 A^t_{ij} 는 식 (10)의 3차원 확장에 의한 행렬식으로부터 결정할 수 있다.

[0172] 결국 복합체 물질의 열팽창 α_{ij} 는 순수한 기지체로 α_m 의 열팽창 값과 복합체 구성요소의 영률, volume fraction(Φ)의 형태에 의한 tensor로부터 유도되는 식(8)로부터 계산할 수 있다. 또한, α_{ij} 는 온도의 변화로부터 복합체의 평균 변형율과 비례적인 것을 알 수 있다.

[0173] 바. 동적 물성 고찰과 이론적 연구

[0174] 고분자의 경우 점성과 탄성을 동시에 갖고 있는 상태이다. 이를 점탄성(Viscoelasticity)이라 한다. 이러한 점

탄성을 계산하기 위하여 Maxwell 모델과 Voigt(Kevin) 모델(이하 Voigt 모델)이 사용된다.

[0175] 기본이 되는 식은 Newtonian 모델과 탄성을 나타내는 Hookean 모델이 사용된다. 점성의 경우 식(16)을 사용하며, 탄성은 식(17)을 사용하여 계산된다.

[0176]
$$\sigma = \tau = \eta \cdot \dot{\epsilon} \text{ or } \eta \cdot \dot{\gamma} \quad (16)$$

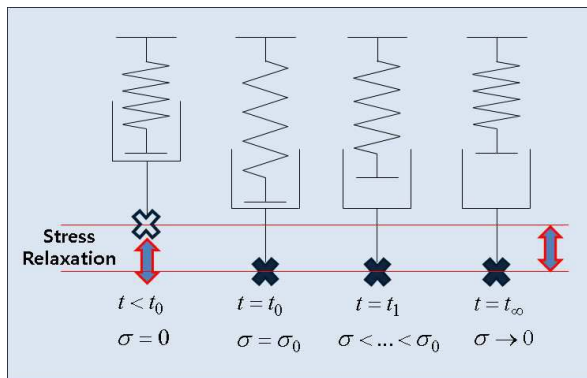
[0177]
$$\sigma = \tau = E \cdot \epsilon \quad (17)$$

[0178] 식에서 σ 는 Elongation stress, τ 는 Shear stress, ϵ 는 점도, $\dot{\epsilon}$ 는 Elongational rate, $\dot{\gamma}$ 는 Shear rate, E 는 Young's Modulus이다. 이러한 두 개의 식을 기반으로 Maxwell 모델과 Voigt 모델을 사용하여 점탄성으로 발전시킬 수 있다. 이를 일반적으로 확대하여 표시하면 다음과 같다.

[0179]
$$\sigma(t) \left(1 + \alpha_1 \frac{\partial}{\partial t} + \alpha_2 \frac{\partial^2}{\partial t^2} + \dots + \alpha_n \frac{\partial^n}{\partial t^n} \right) = \left(\beta_0 + \beta_1 \frac{\partial}{\partial t} + \beta_2 \frac{\partial^2}{\partial t^2} + \dots + \beta_m \frac{\partial^m}{\partial t^m} \right) \eta(t) \quad (18)$$

[0180] 1) Maxwell 모델

[0181] 먼저 Maxwell 모델과 같은 경우 그림 13과 같은 모델을 통하여 설명할 수 있다.



[0182]

[0183] 그림 13. Maxwell 모델 개념

[0184] 스프링과 대쉬팟이 직렬로 연결된 구조로 'x'는 힘이 가해지는 시점을 뜻하며 이때의 stress를 σ_0 로 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이 힘이 가해질 때 탄성을 나타내는 스프링은 즉각적으로 반응하여 변형되고 점성을 나타내는 대쉬팟은 반응하지 않는다. 그 후 시간이 지남에 따라 Stress relaxation에 의하여 스프링은 복원되고 그 양만큼 대쉬팟이 늘어나게 된다. 이를 통해서 점성과 탄성이 계산될 수 있다. 이를 간단한 그림으로 표시하면 위의 그림과 같아진다.

[0185] 먼저 점성을 나타내는 식(16)과 Newtonian 모델에 의해 다음 식이 도출된다.

$$\sigma = \eta \cdot \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (19)$$

다음으로 탄성을 나타내는 Hookean 모델 식(17)과 식(19)에 의하여 Maxwell 모델을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\sigma}{\eta} + \frac{1}{E} \cdot \frac{d\sigma}{dt} \quad (20)$$

조건 $t > t_0$ 에서 $\frac{d\varepsilon}{dt} = 0$ 을 적용하면, 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{E}{\eta} t\right) \rightarrow \sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{t}{t_M}\right) \left(ATT t_M = \frac{\eta}{E}\right) \quad (21)$$

가 t_0 보다 큰 임의의 시간 t 일 때 Maxwell 모델의 특성시간 물성값인 relaxation time은 $t_M = \frac{\eta}{E}$ 이다. 이를 폴리아우레탄복합체의 stress relaxation 특성을 해석하는데 사용할 것이다.

2) Voigt 모델

다음으로 Voigt 모델과 같은 경우 다음 그림과 같은 모델을 통하여 설명할 수 있다.

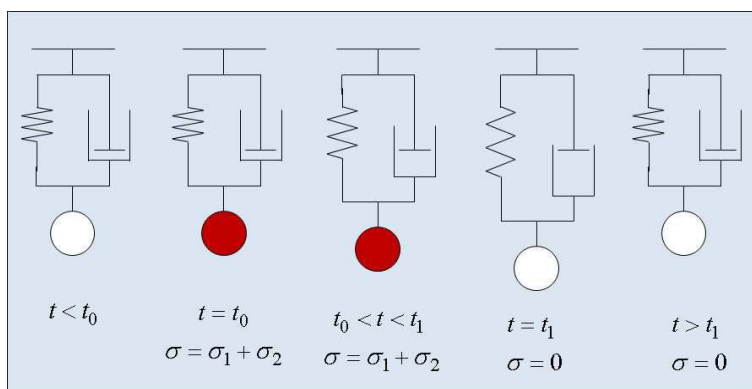


그림 14. Voigt 모델 개념

스프링과 대쉬팟이 병렬로 연결된 구조로 σ_1 은 스프링에 가해진 stress, σ_2 는 대쉬팟에 가해진 stress를 나타낸다. Maxwell 모델의 경우 힘이 가해지면 스프링이 즉각적으로 반응했지만 Voigt 모델의 경우 대쉬팟의 영향으

로 인하여 점차적으로 변형되는 것을 볼 수 있으며, 힘이 제거된 '에서 최대 변형을 보여준다. 그 후 시간이 지남에 따라 복원됨을 볼 수 있다. 이러한 변화를 수식을 통해 해석할 수 있다. 이를 간단한 그림으로 표시하면 위의 그림과 같아진다.

[0197] 먼저 σ_0 는 σ_1 와 σ_2 의 합과 같으므로 식(17), 식(19)에 의해서 다음 식을 얻을 수 있다.

[0198]

$$\sigma_0 = E \cdot \varepsilon + \eta \frac{d\varepsilon}{dt} \rightarrow \frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{E}{\eta} \cdot \varepsilon = \frac{\sigma_0}{\eta} \quad (22)$$

[0199] 이후 적분을 통해 초기값을 대입하면 다음 식을 얻을 수 있다. 이는 점탄성의 creep 특성을 잘 보여준다.

[0200]

$$\varepsilon = \sigma_0 \cdot \frac{1}{E} \left\{ 1 - e^{-\frac{E}{\eta} t} \right\} \quad (23)$$

[0201] 이를 다시 표현하면 다음 식으로 나타낼 수 있다.

[0202]

$$\varepsilon = \varepsilon_{\infty} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\lambda}\right) \right] \quad (24)$$

[0203] 여기서 λ 는 Retardation time이며, $\frac{\eta}{E} = \lambda$ 로 표현되어진다. λ 는 물질 특성 시간 상수로서 지연시간을 나타낸다. 이 값을 클수록 stress가 평행에 도달하는 시간이 오래 걸리게 된다.

[0204] 3) Sinusoidal oscillation deformation

[0205] 앞서 설명한 Maxwell 모델은 선형 점탄성을 나타낸 것이다. 이를 기본으로 sinusoidal oscillation 변형에 대한 점탄성으로 소진폭 진동에 대한 점탄성을 계산 할 수 있다. 이에 대한 기본이 되는 식은 식(25), 식(26)으로 나타낼 수 있다.

[0206]

$$\sigma(t) = \sigma_0 e^{i\omega t} = \sigma_0 (\cos \omega t + i \sin \omega t) \quad (25)$$

[0207]

$$\gamma(t) = \gamma_0 e^{i\omega t} = \gamma_0 (\cos \omega t + i \sin \omega t) \quad (26)$$

[0208] 여기서 $i = \sqrt{-1}$ 이며, ω 는 주파수, γ_0 는 선형성이라는 제한요건을 만족시킬 정도로 충분히 작은 변형률의 진폭이다. 이에 상응하는 변형률 속도는 식 (27)에 의해서 식(28)로 나타낼 수 있다.

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{1}{G} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta} \quad (27)$$

이후 적분을 통해 초기값인 sinusoidal oscillation 파형을 대입하면 다음 식을 얻을 수 있다. 이는 점탄성의 sinusoidal oscillation 변형 특성을 잘 보여준다.

$$\sigma(t) = G \left(\frac{\omega^2 \tau_M^2}{1 + \omega^2 \tau_M^2} + i \frac{\omega \tau_M}{1 + \omega^2 \tau_M^2} \right) \gamma_0 e^{i\omega t} \quad (28)$$

$$\sigma(t) = (G' + iG'') \gamma_0 e^{i\omega t} \quad (G^* = G' + iG'') \quad (29)$$

이를 통해 G' (Dynamic storage modulus)와 G'' (Loss modulus)를 구할 수 있다. 이 때 G' 은 탄성에 대한 값이며 G'' 은 점성에 대한 값을 나타낸다.

$$G' = G \frac{\omega^2 \tau^2}{1 + \omega^2 \tau^2}, \quad G'' = G \frac{\omega \tau}{1 + \omega^2 \tau^2} \quad (30)$$

구해진 G' 와 G'' 을 사용하여 $\tan \delta$ 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} = \frac{1}{\omega \tau_M} \quad (31)$$

이렇게 구한 G' , G'' , $\tan \delta$ 를 통하여 물질의 점탄성을 계산할 수 있다.

다음은 Polyester Polyol과 Polyether Polyol의 적용 예이다.

- Polyester Polyol의 Thermal Properties

표 8

구분	RTS-S-1	RTS-S-2	RTS-S-3
Tg by DMTA	-7.50	2.99	12.19
Tan δ @ Tg	0.38	0.49	0.60
Tan δ @ 0℃	0.32	0.36	0.48
Tan δ @ 60℃	0.06	0.06	0.06

- Polyether Polyol의 Thermal Properties

표 9

구분	RTS-E-1	RTS-E-2	RTS-E-3
Tg by DMTA	-52.87	-31.67	-11.15
Tan δ @ Tg	0.21	0.24	0.22
Tan δ @ 0℃	0.10	0.12	0.19
Tan δ @ 60℃	0.04	0.04	0.04

사. 나노 복합체의 지진격리장치 응용/설계 최적화

스프링 복원형 마찰방식 지진격리장치에 사용할 스프링의 재료인 폴리우레탄(Polyurethane)의 E_{poly} (초탄성체의 탄성계수)는 변형률(strain)에 대하여 대략적으로 그림 15와 같은 양상으로 변화한다.

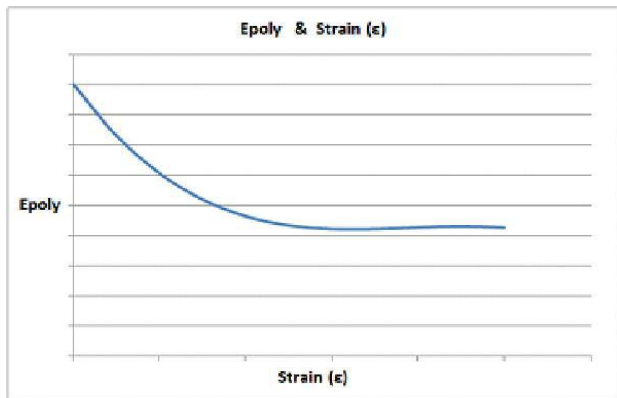


그림 15. 폴리우레탄의 변형율에 따른 탄성계수 변화

본 발명에 따른 머스프링용 폴리우레탄 탄성체의 물성을 실험하기 위해, 프리폴리머 83중량부에 나노 실리카 2중량부를 혼합하여 균일하게 분산시킨 후 용융된 모카 15중량부를 첨가하고 혼합한 것으로 머스프링용 폴리우레탄 탄성체 소재를 제조하였고, 이에 대한 여러 가지 시험을 하였다.

정량적 목표에 대한 공인시험기관의 공인시험 결과

가. 정량적 목표에 대한 시험 결과

사업계획서에서 1차년도에 정량적 목표는 크게 3가지로 나눌 수 있다. 첫째로 폴리우레탄 소재의 물리적 특성인 인장특성, 경도, 압축특성, 내환경특성이며 둘째로 내구성 특성으로 수명평가시험이다. 마지막으로 제품화되기 전에 진동특성을 확인할 수 있는 동탄성시험기를 이용한 탄성계수 특성시험이다.

신뢰성 지원기관인 한국화학융합시험연구원에서는 주관기관과 참여기관인 충남대학교에서 나노배합을 한 폴리우레탄 소재를 제공받아 소재의 물리적 특성을 먼저 확인하여 정량적 목표에 도달되었는지를 확인하고 목표에 미달되면 다시 feedback하여 소재배합을 변경한 소재를 제공받아 다시 물리적 특성을 확인하였다. 물리적 특성이 확보된 나노 폴리우레탄 소재를 이용하여 내구성시험은 WLF식을 이용한 가속수명시험을 실시하였으며 동탄성시험기를 이용한 탄성계수를 측정하였다.

1차년도의 정량적 목표 및 개발 목표치는 아래에서와 같다.

평가항목 중 WLF식을 활용한 가속수명평가는 공인시험기관에서 성적서를 발행하기가 어려운 부분이다. 본 시험

[0240] 시험결과는 아래의 성적서와 같다.



YOUR PARTNER FOR THE BEST QUALITY

TEST REPORT

우 404-817 인천광역시 서구 가재울로 88 (가좌동) TEL (032)5709-700 FAX (032)575-5613

성적서번호 : TAS-049682 접수 일자 : 2014년 08월 22일
 대표자 : 조영철 시험완료일자 : 2014년 08월 26일
 업체명 : (주)에스코알티에스
 주소 : 서울특별시 강남구 테헤란로7길 7 (역삼동)

시료명 : 나노 폴리우레탄 시편

시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
인장강도	MPa	-	51.7	ASTM D412-06a(2013) (Die C)
파단시 신장률	%	-	304	ASTM D412-06a(2013) (Die C)
100 %신장시 인장응력	MPa	-	20.1	ASTM D412-06a(2013) (Die C)
200 % 신장시 인장응력	MPa	-	29.4	ASTM D412-06a(2013) (Die C)
듀로미터 경도(Type D)	-	-	57	ASTM D2240-05(2010)
압축영구줄임률((70±1) °C, 22 h)	%	-	30	ASTM D395-14(Method B, Type I 시편)
최대손실계수(tan δ)	-	-	0.12	ASTM D4065-12(*)

* 측정모드: Single Cantilever, 승온속도: 5 °C/min, Amplitude: 20 μm, Frequency: 1 Hz, 시험편수: 2개

* 용도 : 품질관리용

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
 3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.


 작성자 : 박승표
 Tel : 032-570-9676


 기술책임자 : 정승호
 E-mail : shjung@ktr.or.kr

2014년 08월 26일



한국화학융합시험연구원




위변조 확인용 QR code

Page : 1 of 1



KTR-QP-T09-F01-02(02)



A4(210 x 297)

[0241]

[0242] 그림 17. 공인시험기관 의뢰시험 성적서

표 10

[0243]

공인기관 성적서와 1차년도 정량적 목표 비교

평가 항목	단위	개발 목표치 (1차 년도)	공인기관성적서 결과	목표 달성 여부
인장강도	MPa	38	51.7	달성
신장률	%	290	304	달성
100%인장응력	MPa	14	20.1	달성
200%인장응력	MPa	26	29.4	달성
듀로미터경도 (Type D)	-	56	57	달성
영구압축줄임률	%	32	30	달성
진동 특성 (손실계수: tan δ)	-	0.095	0.12	달성

[0244] 나. 스프링 복원형 폴리우레탄(MER Spring) 소재의 촉진내후성 시험

[0245] 촉진 내후성 시험은 ASTM G 155에 근거하여 촉진 노출을 시켰으며 시험 조건은 아래와 같다.

[0246] - 광원 : 6500W Xenon Arc

[0247] - 블랙판넬온도 : 63 ± 3 °C

[0248] - Inner, Outer Filter : Borosilicate

[0249] - 습도 : 50 ± 5 % R.H.

[0250] - 스프레이 주기 : 18min/120min

[0251] - 노출시간 : 1000 h

[0252] 본 결과는 최종적으로 확정 배합된 나노 폴리우레탄 소재를 이용하여 촉진 내후성 시험을 실시한 후 물리적 특성인 인장강도와 신장률을 측정하여 초기 특성값에 대비하여 얼마나 열화가 되었는지 변화율을 관찰하였다.

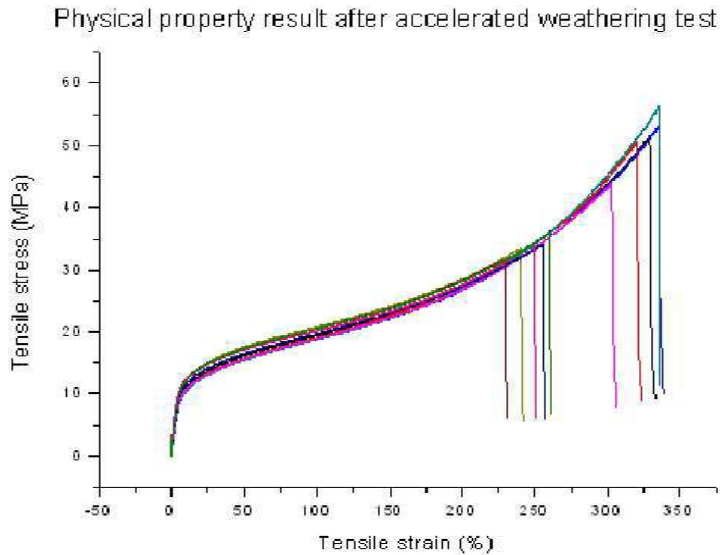
표 11

[0253] 촉진 내후성 시험 전, 후 물리적 특성

시험 시간	시험편 번호	인장강도 (MPa)	파단시 신장률 (%)	비 고	
0시간 (초기 물성 값)	1	51.53	328		
	2	50.56	320		
	3	53.06	335		
	4	56.19	334		
	5	43.92	303		
	1000 h 노출 후	1	33.39	240	
		2	33.96	255	
		3	31.58	229	
		4	34.31	249	
		5	35.94	259	

[0254]

[0255] 그림 18. 촉진 내후성 시험 후 물리적 특성(인장강도, 신장률) 변화



[0256]

표 12

[0257]

축진 내후성 시험 후 물리적 특성 변화율

시험 시간	시험결과 대푯값	인장강도 변화율	신장률 변화율	비 고
1000 h	5개 측정결과에 대한 중앙값(median)을 대푯값으로 사용	-34.1 %	-24.1 %	

[0258]

축진 내후성 시험기로 1000 시간을 노출시킨 후 인장강도 변화율과 신장률 변화율을 측정한 결과 위의 표에서 보는바와 같이 인장강도 변화율이 -34.1 %로 측정되었으며 신장률 변화율이 -24.1 %로 측정되었다.

[0259]

1차년도 개발 목표치는 인장강도와 신장률 변화율이 모두 30%이내이어야 하는데 인장강도의 경우 약간 넘어섰다.

[0260]

최초 배합된 소재의 경우는 축진 내후성 시험에 매우 취약하였으나 수정된 나노 폴리우레탄 배합에서는 많이 개선이 되었다. 이를 고무적으로 생각하고 인장강도 변화율이 개발 목표치에 비해 약 4%의 차이만 나므로 2차년도에 진행하면서 배합을 수정한다면 충분히 2차년도 개발 목표치를 달성할 수 있을 것으로 사료된다.

[0261]

다. 스프링 복원형 폴리우레탄(MER Spring) 소재의 WLF식을 이용한 가속수명시험

[0262]

1) 시험 계획

[0263]

MER Spring은 제품 설계 시 사용 설계변위가 높이의 40%까지 사용되도록 설계되어 있다. 본 시험에서는 압축영구줄임률에 의한 영구변형에 의해 가속 스트레스별 시험을 실시하고 시간에 대한 영구변형량을 측정하여 이에 대한 마스터 커브를 구한 다음 수명을 계산하게 된다. 시험 조건은 아래와 같으며 압축영구줄임률의 압축량은 일반적으로 초기 두께의 25%로 시험하나 MER Spring 시험편은 최대 설계변형량인 초기 두께의 40%로 압축하여 시험하였다.

표 13

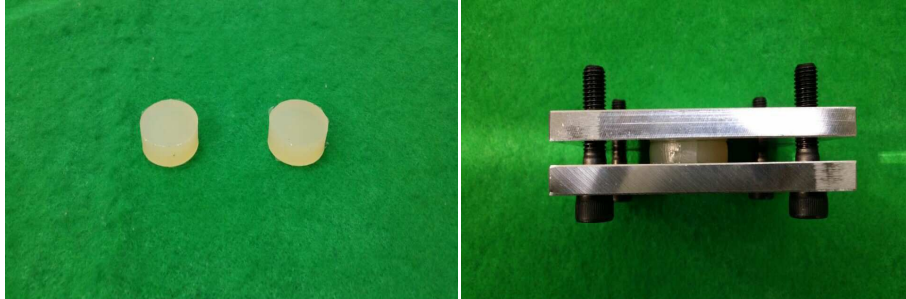
[0264]

MER Spring 압축시험 조건

압축비	시험 온도	시험 시간	비고
40 %	25 ℃	6, 24, 72, 168, 336, 504, 672, 840, 1008 h	영구 압축 줄임률 측정, 외관 관찰
	55 ℃		
	70 ℃		

[0265] 2) 압축 시험 방법

[0266] 아래의 그림에서 보는바와 같이 시험편을 이용하여 정해진 시험온도, 압축 비율에 따라 계획된 시간동안 압축 시험을 진행하였다. 열처리가 끝나면 빠르게 압축 장치에서 분리하여 실온 중에 약 30분간 복원되도록 보관한 후 두께를 측정하였으며 시험편의 외관에 균열 및 이상 유무를 확인하였다.



[0267]

[0268] 그림 19. MER Spring 압축 시험편 및 시험 전경

[0269] 영구 압축 줄임률 측정은 다음 식을 이용하여 계산된다.

[0270]

$$C = \frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_2} \times 100$$

[0271] 여기서 C : 영구 압축 줄임률(%)

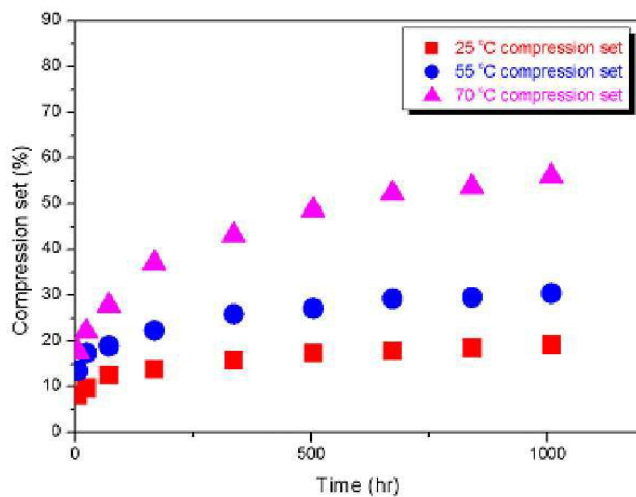
[0272] t0 : 시험편의 원두께(mm)

[0273] t1 : 압축 장치에서 꺼내고 30분 후의 시험편 두께(mm)

[0274] t2 : 스페이서의 두께(mm)

[0275] 3) MER Spring의 압축 시험 결과

[0276] MER Spring의 압축시험 결과를 아래의 그림에서 확인할 수 있다. 시험 온도가 높아질수록 시험 시간이 길어질수록 영구 압축 줄임률이 높아지는 현상을 확인할 수 있다.

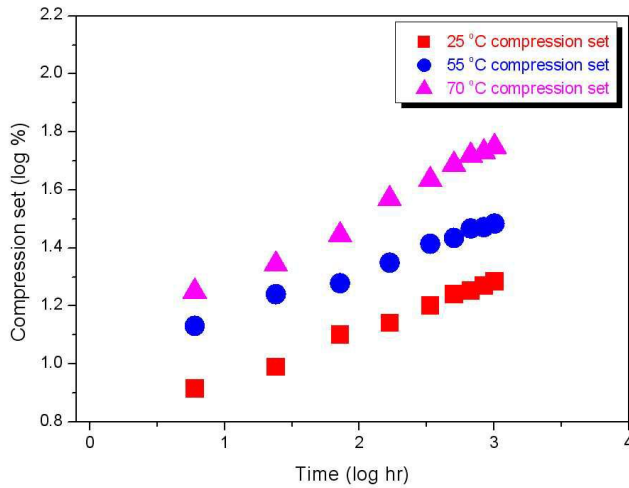


[0277]

[0278] 그림 20. MER Spring 압축 시험 결과

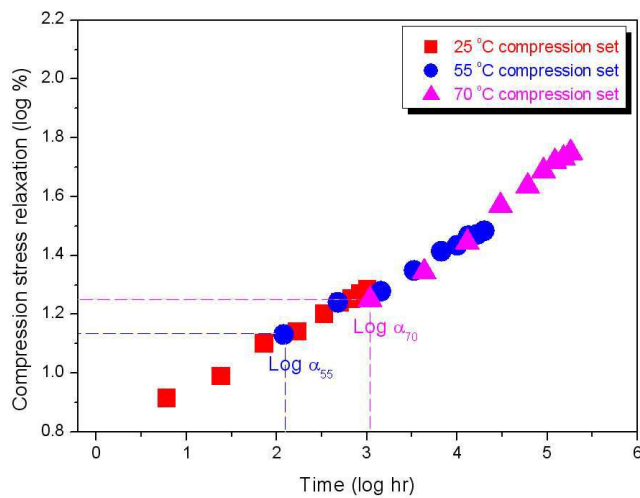
[0279] 시간 변화에 따른 영구 압축 줄임률이 비선형적인 그래프로 나타나 있어 WLF equation을 이용한 이동 인자를 적용할 수 없기에 X, Y축을 Log Scale로 변환하여 직선 형태로 재 작성하였다. 시험 결과의 정확성을 높이기 위해 변형 속도가 일정하게 나타나는 제 2단계(secondary stage) 영역을 선택하였다.

[0280] 기준온도를 중심으로 이동시키고, 기준온도의 마스터 커브를 아래의 그림과 같이 작성하였다. 이렇게 얻어진 마스터 커브로부터 로그시간을 독립변수로 하고 영구 압축 줄임률을 종속변수로 하는 회귀분석을 실시한 결과 ISO 11346에서 정한 고분자 소재의 고장 지점인 50 %에 도달하는 시간이 20.36년인 것으로 예측되었다.



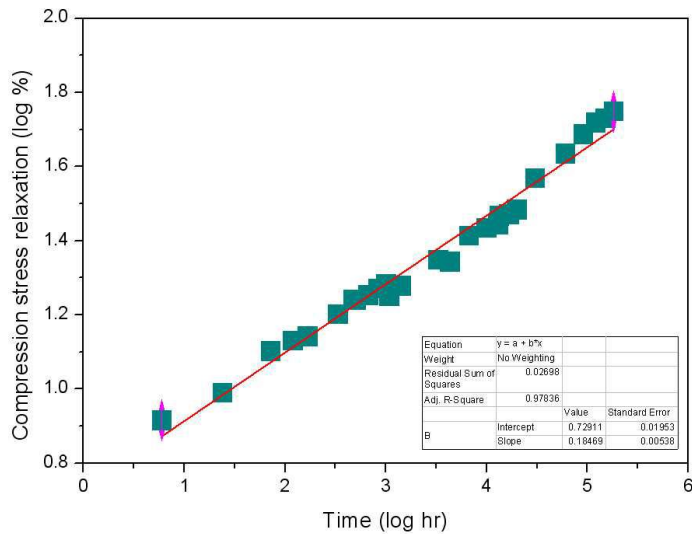
[0281]

[0282] 그림 21. MER Spring 압축 시험 결과 (Log Scale 변환)



[0283]

[0284] 그림 22. WLF 이동 후 MER Spring 압축 시험 결과



[0285]

[0286]

그림 23. WLF 이동 후 기준온도의 마스터 커브와 회귀분석

[0287]

본 발명자는 폴리우레탄 탄성체의 제조과정 중 경화제와 혼합하기 위한 프리폴리머에 무기물 나노충전제를 프리폴리머와 경화제 전체 중량의 약 10% 이하에서 미량이라도 첨가를 하면 -NCO기 등과 반응하여 매트릭스 간의 화학적인 결합으로 표면 개질 또는 조직 개질이 이루어져 압축과 복원을 반복하는 폴리우레탄 탄성체, 특히 머스프링용 폴리우레탄 탄성체의 탄성 등 물성이 첨가되지 않는 경우보다는 향상한다는 것을 알 수 있었다.

[0288]

프리폴리머, 나노 실리카 및 모카의 중량비는 프리폴리머를 최소 70중량부까지 낮추고 이를 기준으로 나노폴리머 10중량부, 모카 30중량부까지, 그리고 프리폴리머를 최대 95중량부까지 높이고 이를 기준으로 나노폴리머 0.001중량부, 모카 5중량부까지 유의미한 효과가 있음을 알 수 있었다.

[0289]

상기와 같은 연구내용 및 실험결과를 토대로 현용 폴리우레탄 제조공정 중에 나노 실리카 뿐만 아니라 CNT 등 나노 크기의 나노 충전제를 매트릭스 간의 화학적인 결합으로 표면 개질하면 파단 응력(breaking stress), 파단 스트레인(breaking strain), 모듈러스(modulus), 형상복원(shape recovery) 등 주요 기계적 강도가 증가하고, 탄성이 증가하며 열안정성도 향상되고, 이러한 점들은 특히 머스프링용 폴리우레탄 탄성체로 사용하기에 매우 적합한 것을 알 수 있었다.

[0290]

위와 같은 연구내용을 토대로 더 연구해본 결과 프리폴리머는 70 ~ 95중량부에 무기물 나노충전제 0.001 ~ 10중량부를 첨가하고 혼합하여 무기물 나노충전제 분산 프리폴리머를 먼저 만들고, 그 후에 상기 무기물 나노충전제 분산 프리폴리머에 용융된 모카 5 ~ 30중량부를 첨가하여 혼합하여 성형한 폴리우레탄 탄성체에서 종래의 것에 비해 향상된 유의미한 향상된 효과를 얻을 수 있음을 알게 되었다.

[0291]

상기 무기물 나노충전제 분산 프리폴리머를 만드는 과정은 폴리올(polyol)에 무기물 나노충전제를 첨가하여 혼합한 것을 NCO와 혼합하는 과정을 거치는 것, NCO에 무기물 나노충전제를 첨가하여 혼합한 것을 폴리올(polyol)에 혼합하는 과정을 거치는 것, 폴리올(polyol)과 NCO를 혼합하여 만든 프리폴리머에 무기물 나노충전제를 투입하여 혼합하는 것 모두 가능하였다. NCO와 상기 Polyol의 중량비는 6.5:93.5인 것이 가장 좋았다.

[0292]

나노 실리카 이외의 나머지 무기물 충전제에 대해서까지 모두 제작 및 실험을 해보지는 않았지만, 본 연구결과와 기존 연구내용들을 종합해볼 때 본 발명에 사용될 수 있는 무기물 나노충전제로는 나노카본, 나노 탈크, 나노 크레이, CNT, 그래핀, 그래파이트, 유리섬유도 이용될 수 있을 것이고, 둘 이상을 혼합한 것도 가능할 것임을 충분히 예측할 수 있었다.

[0293]

프리폴리머와 경화제는 사전에 용융된 상태로 혼합되는데 이러한 경우 서로 다른 점도를 갖는 두 액상의 원료는 실험실에서 사용되는 교반기를 통한 방식으로는 충분한 혼련상태를 얻기 어렵다. 또한 프리폴리머와 경화제의 우레아 형성반응이 매우 빠르게 진행되기 때문에 가사시간이 매우 짧아 혼련 후 몰딩 과정에 있어 높은 숙련도를 필요로 하며 물성의 불균일화를 초래할 수 있다.

[0294] 본 과제에 사용되는 MER-spring의 경우 사용되는 원료인 prepolymer의 NCO%에 따른 경화제의 함량 조절이 물성에 큰 영향을 미치는 요인으로 작용할 수 있다. 하지만 간혹 수입 및 보관, 취급법에 따라 원료가 변질되어 확인된 NCO%와 실제 NCO%가 달라지는 경우가 발생하기 때문에 사용 전 수입검사를 통해 prepolymer의 실제 NCO%를 확인하는 것이 매우 중요하다. 따라서 ASTM D-2572를 참고하여 정립된 원료 품질검사에 사용되는 적정법을 도입하여 NCO%함량을 확인하는 NCO적정법을 확립하였다.

산업상 이용가능성

[0295] 본 발명은 면진장치에 사용되는 머스프링을 만드는 데 적합하게 이용될 가능성이 있다.