

**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)****(11) 공개번호** 10-2020-0078404  
**(43) 공개일자** 2020년07월01일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C08F 36/04 (2006.01) C08F 2/44 (2006.01)  
C08F 4/54 (2006.01) C08K 5/101 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
C08F 36/04 (2013.01)  
C08F 2/44 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-0172397  
(22) 출원일자 2019년12월20일  
심사청구일자 2020년05월08일
- (30) 우선권주장  
1020180167688 2018년12월21일 대한민국(KR)

- (71) 출원인  
주식회사 엘지화학  
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)
- (72) 발명자  
박재형  
대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원  
배효진  
대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
특허법인태평양

전체 청구항 수 : 총 13 항

**(54) 발명의 명칭** 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법**(57) 요약**

본 발명은 변성 시 변성제인 염화황과 함께 특정구조의 폴리옥시에틸렌 인산에스테계 화합물을 첨가하는 것을 특징으로 하는 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법을 제공하는 것으로, 변성 재현성을 크게 개선시킬 수 있어 안정적인 공정을 수행할 수 있고, 변성 조건에 따른 변성 공액디엔계 중합체의 중합체의 물성, 특히 무니점도 증가율 및 분지도 변화 정도를 예측할 수 있으며, 변성 조건을 조절함으로써 무니점도 증가율, 분지도 변화 정도를 용이하게 제어할 수 있다.

(52) CPC특허분류

*C08F 4/545* (2013.01)

*C08K 5/101* (2013.01)

(72) 발명자

**안정현**

대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원

**강석연**

대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원

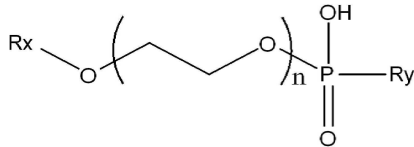
## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

희토류 금속 촉매 조성물 존재 하에 공액디엔계 단량체를 중합하여 활성 중합체를 제조하는 단계(단계 1); 및 하기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 첨가제 및 염화황을 첨가하여 변성시키는 단계(단계 2);를 포함하는 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법:

[화학식 1]



상기 화학식 1에서,

Rx는 탄소수 1 내지 30의 지방족 탄화수소기, 탄소수 7 내지 30의 알킬아릴기 또는 탄소수 7 내지 30의 아릴알킬기이며,

Ry는 하이드록시기(-OH), 탄소수 1 내지 30의 지방족 탄화수소기, 탄소수 7 내지 30의 알킬아릴기 또는 탄소수 7 내지 30의 아릴알킬기이며,

n은 1 내지 20의 정수이다.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 화학식 1에서,

Rx는 탄소수 1 내지 30의 알킬기, 탄소수 7 내지 30의 알킬아릴기 또는 탄소수 7 내지 30의 아릴알킬기이고,

Ry는 하이드록시기(-OH), 탄소수 1 내지 30의 알킬기, 탄소수 7 내지 30의 알킬아릴기 또는 탄소수 7 내지 30의 아릴알킬기이며,

n은 1 내지 10의 정수인 것인 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 첨가제는, 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 2종 이상 포함하는 혼합물인 것인 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 단계 2)에서 상기 첨가제는 공액디엔계 단량체 100 중량부 기준으로 0.01 내지 0.5 중량부를 첨가하는 것인 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 단계 2) 에서 상기 염화황 및 상기 첨가제는 1:0.1 내지 1:2의 중량비로 첨가하는 것인 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

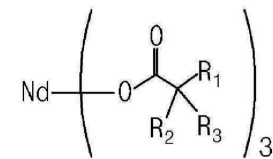
상기 희토류 금속 촉매 조성물은 희토류 금속 화합물, 제1 알킬화제, 제2 알킬화제 및 할로겐 화합물을 포함하는 것인 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법.

**청구항 7**

제5항에 있어서,

상기 희토류 금속 화합물은 하기 화학식 2의 네오디뮴 화합물을 포함하는 것인 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법:

[화학식 2]



상기 화학식 2에서,

R<sub>1</sub> 내지 R<sub>3</sub>은 각각 독립적으로 수소이거나, 또는 탄소수 1 내지 12의 선형 또는 분지형 알킬기이다.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

상기 화학식 2에서,

R<sub>1</sub>이 탄소수 6 내지 12의 선형 또는 분지형 알킬기이고, R<sub>2</sub> 및 R<sub>3</sub>이 각각 독립적으로 수소원자이거나 또는 탄소수 2 내지 8의 선형 또는 분지형 알킬기이되, 단 R<sub>2</sub> 및 R<sub>3</sub>이 동시에 수소가 아닌 것인 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법.

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 희토류 금속 촉매 조성물은 공액디엔계 단량체를 더 포함하는 것인 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법.

**청구항 10**

제6항에 있어서,

상기 제1알킬화제는 메틸알루미늄옥산(MAO), 변성 메틸알루미늄옥산(MMAO), 에틸알루미늄옥산, n-프로필알루미늄옥산, 이소프로필알루미늄옥산, 부틸알루미늄옥산, 이소부틸알루미늄옥산, n-펜틸알루미늄옥산, 네오펜틸알루미늄옥산, n-헥실알루미늄옥산, n-옥틸알루미늄옥산, 2-에틸헥실알루미늄옥산, 사이클로헥실알루미늄옥산, 1-메틸사이클로헥실알루미늄옥산, 페닐알루미늄옥산 및 2,6-디메틸페닐 알루미늄옥산로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상을 포함하는 것인 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법.

**청구항 11**

제6항에 있어서,

상기 제2 알킬화제는 디에틸알루미늄 하이드라이드, 디-n-프로필알루미늄 하이드라이드, 디이소프로필알루미늄 하이드라이드, 디-n-부틸알루미늄 하이드라이드, 디이소부틸알루미늄 하이드라이드, 디-n-옥틸알루미늄 하이드라이드, 디페닐알루미늄 하이드라이드, 디-p-톨릴알루미늄 하이드라이드, 디벤질알루미늄 하이드라이드, 페닐에틸알루미늄 하이드라이드, 페닐-n-프로필알루미늄 하이드라이드, 페닐이소프로필알루미늄 하이드라이드, 페닐-n-부틸알루미늄 하이드라이드, 페닐이소부틸알루미늄 하이드라이드, 페닐-n-옥틸알루미늄 하이드라이드, p-톨릴에틸알루미늄 하이드라이드, p-톨릴-n-프로필알루미늄 하이드라이드, p-톨릴이소프로필알루미늄 하이드라이드, p-톨릴-n-부틸알루미늄 하이드라이드, p-톨릴이소부틸알루미늄 하이드라이드, p-톨릴-n-옥틸알루미늄 하이드라이드, 벤질에틸알루미늄 하이드라이드, 벤질-n-프로필알루미늄 하이드라이드, 벤질이소프로필알루미늄 하이드라이드, 벤질-n-부틸알루미늄 하이드라이드, 벤질이소부틸알루미늄 하이드라이드 및 벤질-n-옥틸알루미늄 하이드라이드로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상인 것인 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법.

**청구항 12**

제1항에 있어서,

상기 단계 2) 이후 산화방지제 및 지방산 에스테르를 첨가하는 단계를 더 포함하는 것인 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

상기 지방산 에스테르는 변성 공액디엔계 단량체 100 중량부 기준으로 0.01 내지 1.0 중량부를 첨가하는 것인 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 우수한 물성을 가지면서, 무니점도 상승 및 분지도의 제어가 용이한 변성 공액디엔계 중합체의 제조 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 최근 에너지 절약 및 환경 문제에 대한 관심이 높아짐에 따라 자동차의 저연비화가 요구되고 있다. 이를 실현하기 위한 방법 중의 하나로서, 타이어 형성용 고무 조성물 내 실리카 또는 카본블랙 등의 무기 충전제를 사용하여 타이어의 발열성을 낮추는 방법이 제안되었으나, 고무 조성물 내 상기 무기 충전제의 분산이 용이하지 않아 오히려 내마모성, 내크랙성 또는 가공성 등을 비롯한 고무 조성물의 물성이 전체적으로 저하되는 문제가 있었다.

[0004] 이와 같은 문제를 해결하기 위해, 고무 조성물 내 실리카 또는 카본블랙 등의 무기 충전제의 분산성을 높이기 위한 방법으로 유기 리튬을 이용한 음이온 중합으로 얻어지는 공액디엔계 중합체의 중합활성 부위를 무기 충전

제와 상호작용 가능한 관능기로 변성하는 방법이 개발되었다. 구체적으로는 공액디엔계 중합체의 중합활성 말단을 주석계 화합물로 변성하거나, 아미노기를 도입하는 방법 또는 알콕시실란 유도체로 변성하는 방법 등이 제안되었다.

[0005] 그러나, 전술한 방법으로 변성된 공액디엔계 중합체를 이용하여 고무 조성물의 제조 시, 저발열성은 확보할 수 있지만 내마모성, 가공성 등의 고무 조성물에 대한 물성 개선 효과는 충분하지 않았다.

[0006] 또 다른 방법으로, 란탄 계열 희토류 원소 화합물을 포함하는 촉매를 이용한 배위 중합에 의해 얻어지는 리빙 중합체에 있어서, 리빙 활성 말단을 특정의 커플링제나 변성제에 의해 변성하여 가공성, 물성을 개선하는 방법이 개발되었다.

[0007] 일례로 미국특허 제 5,557,784호에 개시된 방법으로, 해당 문헌에서는 네오디뮴 카르복실기염 화합물, 알킬알루미늄 화합물, 할로젠을 함유하는 화합물의 조합으로 이루어진 촉매를 이용하여 비극성 용매 하에서 1,4-시스 폴리부타디엔을 제조한 후 반응정지제와 산화방지제로 반응을 정지시킨 다음 염화황을 첨가하여 분지구조를 도입하는 방법을 개시하고 있다.

[0008] 이와 같이 변성제로 염화황을 첨가하는 경우 분지 구조를 도입할 수 있어 중합체의 선형성을 감소시키고 무니점도를 증가시키는 것이 가능하였다.

[0009] 그러나, 종래의 기술과 같이 염화황 등을 변성제로 적용하여 중합체의 분지도를 조절하는 경우, 란탄 계열 희토류 원소 화합물을 포함하는 촉매 시스템 내 알루미늄 성분 등에 의해 변성제의 반응속도가 빨리지는 등, 촉매 시스템에 의해 변성 반응 속도가 영향을 받을 수 있어 전체적인 변성 반응 속도를 조절하기 어렵고, 이에 따라 최종 제조되는 변성 공액디엔계 중합체의 분지도, 무니점도 증가율 등의 조절이 어려워 안정적인 변성 공정을 수행할 수 없는 문제가 있다.

[0010] 따라서, 최종 제조된 변성 공액디엔계 중합체의 물성, 가공성을 우수한 수준으로 개선시키면서, 변성 조건에 따라 중합체의 물성 변화 정도가 일정하여 변성 재현성이 우수하고, 변성 조건의 조절을 통해 물성 변화 제어가 용이한 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법에 대한 연구가 필요하다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 미국특허 제 5,557,784호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

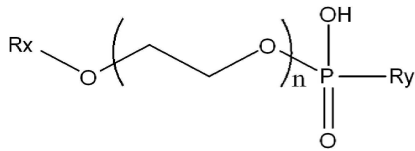
[0013] 본 발명은 상기 종래기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 변성 단계에서 염화황과 함께 특정 구조의 화합물을 첨가함으로써 변성 재현성이 우수한 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0014] 또한, 본 발명은 분자량 분포가 좁은 공액디엔계 중합체를 제조함으로써 우수한 물성을 가질 수 있고, 변성 전, 후 무니점도가 안정적인 증가를 보여 인장강도 및 점탄성 특성과 같은 배합물성이 우수함과 동시에 가공성이 크게 개선된 변성 공액디엔계 중합체를 제조하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0016] 상기 과제를 해결하기 위하여 본 발명은 희토류 금속 촉매 조성물 존재 하에 공액디엔계 단량체를 중합하여 활성 중합체를 제조하는 단계(단계 1); 및 하기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 첨가제 및 염화황을 첨가하여 변성시키는 단계(단계 2);를 포함하는 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법을 제공한다.

[0017] [화학식 1]



[0018]

[0019] 상기 화학식 1에서,

[0020] Rx는 탄소수 1 내지 30의 지방족 탄화수소기, 탄소수 7 내지 30의 알킬아릴기 또는 탄소수 7 내지 30의 아릴알킬기일 수 있으며,

[0021] Ry는 하이드록시기(-OH), 탄소수 1 내지 30의 지방족 탄화수소기, 탄소수 7 내지 30의 알킬아릴기 또는 탄소수 7 내지 30의 아릴알킬기일 수 있으며,

[0022] n은 1 내지 20의 정수일 수 있다.

**발명의 효과**

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법은 변성 단계에서 염화황과 함께 특정 구조의 화합물을 첨가함으로써 변성 재현성을 크게 개선시킬 수 있어 안정적인 공정을 수행할 수 있고, 변성 조건에 따른 변성 공액디엔계 중합체의 중합체의 물성, 특히 무니점도 증가율 및 분지도 변화 정도를 예측할 수 있으며, 변성 조건을 조절함으로써 무니점도 증가율, 분지도 변화 정도를 용이하게 제어할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법은 변성에 따른 중합체의 물성 변화를 용이하게 조절하여 인장강도 및 점탄성과 같은 배합물성을 우수한 수준으로 확보하면서, 가공성이 크게 개선된 변성 공액디엔계 중합체를 제조할 수 있다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0027] 이하, 본 발명에 대한 이해를 돕기 위해 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다.

[0028] 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0030] [용어]

[0031] 본 명세서에서 사용되는 용어 "예비중합(preforming)"이란, 공액디엔 중합용 촉매 조성물 내에서의 전(pre) 중합을 의미한다. 구체적으로는 희토류 금속 화합물, 알루미늄 화합물을 포함하는 알킬화제, 및 할로젠 화합물을 포함하는 공액디엔 중합용 촉매 조성물이 상기 알루미늄 화합물로서 디이소부틸 알루미늄 하이드라이드(이하, DIBAH(diisobutyl aluminum hydride)라 칭함)과 같은 알루미늄 하이드라이드계 화합물을 포함하는 경우, 다양한 촉매 활성종의 생성 가능성을 줄이기 위해, 부타디엔 등의 단량체를 소량으로 함께 포함한다. 이에 따라, 공액디엔계 중합체 제조를 위한 중합 반응에 앞서, 상기 공액디엔계 중합체 제조용 촉매 조성물 내에서 부타디엔의 전(pre) 중합이 이루어지게 되는데, 이를 예비 중합이라 한다.

[0032] 또한 본 명세서에서 사용되는 용어 "예비혼합(premixing)"이란, 촉매 조성물 내에서 중합이 이루어지지 않고 각 구성성분들이 균일하게 혼합된 상태를 의미한다.

[0033] 또한, 본 명세서에 사용되는 용어 "촉매 조성물"은 구성성분들의 단순 혼합물, 물리적 또는 화학적 인력에 의해 야기되는 다양한 복합체 또는 구성성분들의 화학 반응물을 포함하는 것이다.

[0034] 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어 "지방족 탄화수소기(Aliphatic hydrocarbonyl group)"는 벤젠고리를 포함하는 방향족 탄화수소를 제외한 탄화수소를 포함하는 치화기를 나타내는 것으로, 포화 탄화수소기 및 불포화 탄

화수소기를 포함하며 선형 탄화수소기 및 고리형 탄화수소기를 포함한다.

[0035] 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어 “알킬기(alkyl group)”는 1가의 지방족 포화 탄화수소를 의미할 수 있으며, 메틸, 에틸, 프로필 및 부틸 등의 선형 알킬기 및 이소프로필(isopropyl), 세크부틸(sec-butyl), 터셔리 부틸(tert-butyl) 및 네오펜틸(neo-pentyl) 등의 분지형 알킬기를 모두 포함할 수 있다.

[0036] 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어 “알킬아릴기(alkylaryl group)”는 1가의 방향족 탄화수소 중 알킬기가 치환된 방향족 탄화수소 치환기를 의미할 수 있다.

[0037] 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어 “아릴알킬기(arylalkyl group)”는 전술한 알킬기에 방향족 탄화수소기인 아릴기가 치환된 치환기를 의미할 수 있다.

[0039] [측정방법]

[0040] 본 발명에서 “-S/R(Stress/Relaxation) 값”은 동일 양의 변성(strain)에 대한 반응으로 나타나는 스트레스(stress)의 변화를 나타내는 것으로, MV2000E(Monsanto社)를 이용하여 100℃에서 Rotor Speed 2±0.02 rpm, Large Rotor로, 중합체를 실온(23±5℃)에서 30분 이상 방치한 후 27±3 g을 채취하여 다이 캐비티 내부에 채워 넣고 플래틴(platen)을 작동시켜 토크를 인가하면서 무니점도를 측정하고, 토크가 풀리면서 나타나는 무니점도 변화의 기울기 값을 측정하여 이의 절댓값으로 나타낸 것이다.

[0041] 본 발명에서 “무니점도(mooney viscosity, MV)”는 중합체의 가공성을 판단하는 일 척도로서 무니점도가 적정선으로 낮으면 흐름성이 좋아 가공성이 우수한 것으로 판단될 수 있고, 단위는 MU(Mooney Unit)으로 표시되고 100℃에서 ML(1+4) 값을 구한 것이며, 여기에서 M은 Mooney, L은 플레이트 크기, 1은 preheating 시간인 1분을, 4는 rotor 작동 후 4분 후의 값을 읽었음을 나타내는 것이다.

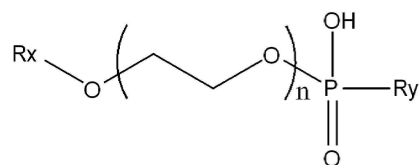
[0042] 구체적으로, 상기 무니점도는 MV2000E(Monsanto社)를 이용하여 100℃에서 Rotor Speed 2±0.02 rpm, Large Rotor로, 중합체를 실온(23±5℃)에서 30분 이상 방치한 후 27±3 g을 채취하여 다이 캐비티 내부에 채워 넣고 플래틴(platen)을 작동시켜 토크를 인가하면서 측정하였다.

[0043] 본 발명에서 “t-80(분)”은 무니점도 측정 직후(초기 무니점도)부터 초기 무니점도 대비 20%의 무니점도를 가질 때까지의 시간(분)을 측정한 값을 나타낸 것이다.

[0044] 본 발명에서 “분자량 분포(PDI; MWD, Mw/Mn)”는 중합체의 분자량 분포의 정도를 나타내는 것으로, 중합체의 중량평균 분자량(Mw) 대 수평균 분자량(Mn)의 비(Mw/Mn)로부터 계산한 것이다. 상기 중량평균 분자량 및 수평균 분자량은 중합체를 40℃ 조건 하에서 테트라히드로퓨란(THF)에 30분간 녹인 후 겔 투과 크로마토 그래피(GPC: gel permeation chromatography)를 이용하여 측정하였으며, 이때, 칼럼은 폴리머 라보레토리즈사(Polymer Laboratories)의 상품명 PLgel Olexis 칼럼 두 자루와 PLgel mixed-C 칼럼 한 자루를 조합 사용하였고, 새로 교체한 칼럼은 모두 혼합상(mixed bed) 타입의 칼럼을 사용하였으며, 겔 투과 크로마토그래피 표준 물질(GPC Standard material)로서는 폴리스티렌(Polystyrene)을 사용하였다.

[0046] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 회토류 금속 촉매 조성물 존재 하에 공액디엔계 단량체를 중합하여 활성 중합체를 제조하는 단계(단계 1); 및 하기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 첨가제 및 염화황을 첨가하여 변성시키는 단계(단계 2);를 포함하는 변성 공액디엔계 중합체의 제조방법을 제공한다.

[0047] [화학식 1]



[0048]

[0049] 상기 화학식 1에서,

[0050] Rx는 탄소수 1 내지 30의 지방족 탄화수소기, 탄소수 7 내지 30의 알킬아릴기 또는 탄소수 7 내지 30의 아릴알킬기일 수 있으며,

- [0051] Ry는 하이드록시기(-OH), 탄소수 1 내지 30의 지방족 탄화수소기, 탄소수 7 내지 30의 알킬아릴기 또는 탄소수 7 내지 30의 아릴알킬기일 수 있으며,
- [0052] n은 1 내지 20의 정수일 수 있다.
- [0054] 구체적으로, 상기 화학식 1에서, Rx는 탄소수 1 내지 30의 알킬기, 탄소수 7 내지 30의 알킬아릴기 또는 탄소수 7 내지 30의 아릴알킬기일 수 있고, 보다 구체적으로 탄소수 5 내지 15의 알킬기 또는 탄소수 10 내지 20의 알킬아릴기일 수 있고, 보다 더 구체적으로 탄소수 8 내지 12의 알킬기 또는 노닐페닐기일 수 있다. 또한 상기 Ry는 하이드록시기(-OH), 탄소수 1 내지 30의 알킬기, 탄소수 7 내지 30의 알킬아릴기 또는 탄소수 7 내지 30의 아릴알킬기일 수 있으며, 보다 구체적으로 하이드록시기(-OH), 탄소수 5 내지 15의 알킬기 또는 탄소수 10 내지 20의 알킬아릴기일 수 있으며, 보다 더 구체적으로 하이드록시기(-OH), 탄소수 8 내지 12의 알킬기 또는 노닐페닐기일 수 있다. 또한, 상기 n은 1 내지 10의 정수일 수 있으며, 보다 더 구체적으로 1 내지 5, 1 내지 3의 정수 또는 1 내지 2의 정수일 수 있다.
- [0055] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 화학식 1로 표시되는 화합물은 폴리옥시에틸렌 인산에스터계 화합물일 수 있으며, 일례로 폴리옥시에틸렌 알킬(아릴) 인산에스터계 화합물일 수 있다.
- [0056] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 첨가제는, 상기 화학식 1을 만족하는 서로 다른 화합물이 2종 이상 포함된 혼합물일 수 있다.
- [0057] 일례로, 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 첨가제는, 화학식 1의 Rx가 노닐페닐기 또는 탄소수 8 내지 12의 알킬기이고, Ry가 하이드록시기, 노닐페닐기 또는 탄소수 8 내지 12의 알킬기이며, n이 1 내지 2의 정수인 서로 다른 화합물을 2종 이상 포함하는 혼합물일 수 있고, 이 때 첨가제 전체에 포함된 탄소수 8 내지 12의 알킬기 및 노닐페닐기의 몰비는 70:30 내지 90:10일 수 있다. 또한, 탄소수 8 내지 12의 알킬기는 보다 구체적으로 탄소수 12의 알킬기일 수 있다. 상업적으로 이용 가능한 예시로서, 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 첨가제는 HPSS-81(일철화학 社)를 포함할 수 있다.
- [0059] 본 발명의 일 실시예에 따라, 변성 단계에서 변성제인 염화황 이외에 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 첨가제를 첨가함으로써 변성제의 변성 반응성을 조절할 수 있고, 이에 따라 급격한 변성으로 나타날 수 있는 겔화 현상을 방지할 수 있고, 변성 재현성을 크게 개선시킬 수 있으며, 변성제 및 화학식 1의 화합물을 포함하는 첨가제의 첨가량 등의 변성 조건을 조절하여 변성 공액디엔계 중합체의 물성, 특히 무니점도 증가율로 나타나는 분지도 변화율을 용이하게 제어할 수 있다. 구체적으로, 본 발명에 따른 희토류 금속 촉매 시스템을 적용하면 촉매 조성물 내 알루미늄 화합물에 의해 변성제인 염화황의 반응 속도가 급격하게 증가하여 안정적인 반응성을 유지할 수 없는 문제가 있다. 안정적인 반응성을 유지하지 못하면, 반응 재현성을 확보할 수 없는 문제도 발생할 수 있지만 특히 변성제에 의한 분지 구조 도입 정도를 제어할 수 없어 중합체 내 분지도가 급격하게 높아지거나, 급격한 변성으로 인한 겔화 현상이 빈번하게 나타나는 문제가 발생할 수 있다. 이 때 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 첨가제를 변성제와 함께 첨가하면 첨가제 내 화학식 1로 표시되는 화합물로 인해 촉매 조성물 내 알루미늄 화합물은 염을 형성하게 되고 이로써 반응 속도가 제어될 수 있으며 변성제 및 화학식 1의 화합물을 포함하는 첨가제의 첨가량 등의 조건을 조절하여 반응 속도의 제어 정도를 조절할 수 있으므로 변성 반응성을 용이하게 조절할 수 있고 이에 변성 재현성을 개선시킬 수 있으며 아울러 중합체 내 겔이 형성되는 것을 방지할 수 있다.
- [0061] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 단계 1)은 희토류 금속 촉매 조성물 존재 하에 공액디엔계 단량체를 중합하여 활성 중합체를 제조하는 단계로, 여기에서 활성 중합체는 유기 금속이 결합된 활성 중합체를 나타내는 것일 수 있다.
- [0062] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 중합은 라디칼 중합에 의해 실시될 수 있고, 벌크 중합, 용액 중합, 현탁 중합 또는 유화 중합 등의 다양한 중합 방법으로 수행될 수 있으며, 또 배치(batch)법, 연속법, 또는 반연속법으로 수행될 수도 있다. 구체적인 예로, 상기 공액디엔계 중합체 제조를 위한 중합은 유기용매 중에서 상기 촉매 조성물에 대해 공액디엔계 단량체를 투입하여 반응시킴으로써 실시될 수 있다.
- [0063] 구체적으로, 용액 중합에 의해 제조하는 경우, 본 발명의 일 실시예에 따른 공액디엔 중합체는 중합 용매 중에

서 상기한 촉매 조성물에 대해 공액디엔계 단량체를 투입하여 반응시킴으로써 수행될 수 있다.

- [0065] 상기 공액디엔계 단량체로는 통상 공액디엔계 중합체의 제조에 사용되는 것이라면 특별한 제한없이 사용가능하다. 상기 공액디엔계 단량체는 구체적으로 1,3-부타디엔, 이소프렌, 1,3-펜타디엔, 1,3-헥사디엔, 2,3-디메틸-1,3-부타디엔, 2-에틸-1,3-부타디엔, 2-메틸-1,3-펜타디엔, 3-메틸-1,3-펜타디엔, 4-메틸-1,3-펜타디엔, 또는 2,4-헥사디엔 등일 수 있으며, 이들 중 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물이 사용될 수 있다. 보다 구체적으로 상기 공액디엔계 단량체는 1,3-부타디엔일 수 있다.
- [0066] 또한, 상기 중합반응시 최종 제조되는 공액디엔계 중합체의 물성적 특성을 고려하여 상기 공액디엔계 단량체와 공중합 가능한 그 외의 단량체를 더 사용할 수도 있으며, 상기 그 외의 단량체는 구체적으로 스티렌, p-메틸 스티렌, α-메틸스티렌, 1-비닐나프탈렌, 3-비닐톨루엔, 에틸비닐벤젠, 디비닐벤젠, 4-시클로헥실스티렌, 2,4,6-트리메틸스티렌 등과 같은 방향족 비닐 단량체 등일 수 있으며, 이들 중 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물이 사용될 수 있다. 상기 그 외의 단량체는 중합반응에 사용되는 단량체 총 중량에 대하여 20중량% 이하의 함량으로 사용될 수 있다.
- [0067] 이때 상기 공액디엔계 단량체는 디엔계 중합체 제조를 위해 사용되는 양이 전체로 비극성 용매에 용해되어 사용되는 것이 아니라, 전체 사용량의 일부가 중합 용매에 용해되어 중합된 후, 중합전환율에 따라 1회 이상, 구체적으로는 2회 이상, 보다 구체적으로는 2회 내지 4회 분할 투입될 수 있다.
- [0068] 또한, 상기 중합 시 포함될 수 있는 용매는 탄화수소계 용매일 수 있으며 상기 탄화수소계 용매는 비극성 용매일 수 있다. 구체적으로 상기 탄화수소계 용매는 펜탄, 헥산, 이소펜탄, 헵탄, 옥탄, 이소옥탄 등과 같은 지방족 탄화수소계 용매; 시클로펜탄, 메틸시클로펜탄, 시클로헥산, 메틸시클로헥산, 에틸시클로헥산 등과 같은 시클로지방족 탄화수소계 용매; 또는 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌 등과 같은 방향족 탄화수소계 용매 등으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 사용할 수 있다. 구체적인 예로 상기 탄화수소계 용매는 헥산 등과 같은 지방족 탄화수소계 용매일 수 있다. 상기 중합 용매의 사용시 단량체의 농도는 특별히 한정되지 않으나, 3중량% 내지 80중량%, 보다 구체적으로는 10중량% 내지 30중량%일 수 있다.
- [0069] 또, 상기 중합 시 트리메틸알루미늄, 디이소부틸알루미늄 하이드라이드 또는 트리메틸 실란 등과 같은 분자량 조절제; 폴리옥시에틸렌글리콜포스페이트 등과 같은 중합반응을 완료시키기 위한 반응정지제; 또는 2,6-디-t-부틸과라크레졸 등과 같은 산화방지제 등의 첨가제가 더 사용될 수 있다. 이외에도, 통상 용액 중합을 용이하도록 하는 첨가제, 구체적으로는 킬레이트제, 분산제, pH 조절제, 탈산소제, 산소포착제(oxygen scavenger)와 같은 첨가제가 선택적으로 더 사용될 수 있다.
- [0070] 또한, 상기 중합반응은 0 °C 내지 100 °C, 보다 구체적으로는 20 °C 내지 100 °C의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0071] 또한, 상기 중합반응은 공액디엔계 중합체 100% 전환율에 이를 때까지 상기한 온도 범위 내에서 5분 내지 1시간 동안 수행될 수 있으며, 구체적으로 15분 내지 1시간 동안 수행될 수 있다.
- [0073] 본 발명의 일 실시예에 따른 회토류 금속 촉매 조성물은 (a) 회토류 금속 화합물, (b) 제1알킬화제 (c) 제2알킬화제 및 (d) 할로겐 화합물을 포함할 수 있으며, 이에 공액디엔계 단량체를 더 포함하는 것일 수 있다.
- [0074] 구체적으로, 상기 회토류 금속 화합물, 제1 알킬화제, 제2 알킬화제, 할로겐 화합물 및 공액디엔계 단량체는 1:(1 내지 200):(1 내지 80):(1 내지 5):(0 내지 100)의 몰비를 갖는 것일 수 있다. 보다 구체적으로는, 상기 회토류 금속 화합물, 제1 알킬화제, 제2 알킬화제, 할로겐 화합물 및 공액디엔계 단량체는 1:(1내지 150):(1 내지 50):(2 내지 4):(5 내지 30) 의 몰비를 갖는 것일 수 있다.
- [0075] 구체적으로, 상기 촉매 조성물은 탄화수소계 용매 중에 회토류 금속 화합물, 제1 알킬화제, 제2 알킬화제, 할로겐 화합물, 그리고 선택적으로 공액디엔계 단량체를 순차로 투입하여 혼합함으로써 제조될 수 있다.
- [0076] 이 때, 촉매활성종의 생성을 촉진시키기 위하여, 상기 혼합 공정이 -20 °C 내지 30°C, 구체적으로는 -10 °C 내지 10 °C의 온도 범위에서 수행될 수 있으며, 이때 상기한 온도 조건을 충족하도록 하기 위하여 열처리가 병행될 수도 있다.
- [0077] 보다 구체적으로는, 상기 촉매 조성물은 회토류 금속 화합물, 제1 및 제2 알킬화제, 용매의 혼합 후 -20 °C 내지 30 °C의 온도에서 제1 열처리하고, 결과로 수득되는 혼합물에 할로겐 화합물을 첨가하여 -20 °C 내지 30 °C

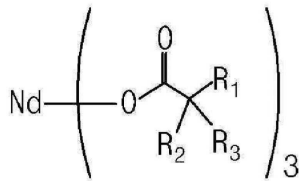
의 온도 범위에서 제2 열처리하여 제조될 수 있다.

- [0078] 상기와 같은 제조방법에 의해 제조되는 촉매 조성물 내에는 구성성분들의 상호작용에 의해 촉매 활성종이 생성된다. 제조된 촉매 조성물은 저온 조건에서 숙성하는 공정을 더 포함할 수 있다.
- [0080] 이때, 상기 탄화수소계 용매는 상기한 촉매 조성물의 구성 성분들과 반응성이 없는 비극성 용매일 수 있다. 구체적으로 상기 탄화수소계 용매는 펜탄, 헥산, 이소펜탄, 헵탄, 옥탄, 이소옥탄 등과 같은 지방족 탄화수소계 용매; 시클로펜탄, 메틸시클로펜탄, 시클로헥산, 메틸시클로헥산, 에틸시클로헥산 등과 같은 시클로지방족 탄화수소계 용매; 또는 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌 등과 같은 방향족 탄화수소계 용매 등으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 사용할 수 있다. 구체적인 예로 상기 탄화수소계 용매는 헥산 등과 같은 지방족 탄화수소계 용매일 수 있다.
- [0081] 또한, 본 중합 반응에 사용되는 공액디엔계 단량체의 일부를 상기 촉매 조성물과 예비혼합(premix)하여 예비중합(preforming) 촉매 조성물의 형태로 사용하는 함으로써 촉매 활성을 향상시키고, 나아가 제조된 공액디엔계 중합체를 안정화시키는 효과가 있다.
- [0082] 구체적으로 상기 공액디엔계 단량체로는 통상 공액디엔계 중합체의 제조에 사용되는 것이라면 특별한 제한없이 사용가능하다. 구체적으로 상기 공액디엔계 단량체는 1,3-부타디엔, 이소프렌, 1,3-펜타디엔, 1,3-헥사디엔, 2,3-디메틸-1,3-부타디엔, 2-에틸-1,3-부타디엔, 2-메틸-1,3-펜타디엔, 3-메틸-1,3-펜타디엔, 4-메틸-1,3-펜타디엔, 또는 2,4-헥사디엔 등을 들 수 있으며, 이들 중 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물이 사용될 수 있다.
- [0084] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매 조성물은 이하에서 각 성분들 별로 상세히 설명한다.
- [0085] (a) 희토류 금속 화합물
- [0086] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 희토류 금속 화합물은 제1 및 제2 알킬화제에 의해 활성화된 후, 공액디엔의 중합을 위한 촉매활성종을 형성한다.
- [0087] 이와 같은 희토류 금속 화합물로는, 통상 공액디엔계 중합체의 제조시 사용되는 것이라면 특별한 제한없이 사용가능하다. 구체적으로, 상기 희토류 금속 화합물은, 란탄, 네오디뮴, 세륨, 가돌리늄 또는 프라세오디뮴 등과 같은 원자번호 57 내지 71의 희토류 금속 중 어느 하나 또는 둘 이상을 화합물일 수 있으며, 보다 구체적으로는 네오디뮴, 란탄 및 가돌리늄을 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상을 포함하는 화합물일 수 있다.
- [0088] 또, 상기 희토류 금속 화합물은 상기한 희토류 금속 함유 카르복실산염(예를 들면, 네오디뮴 초산염, 네오디뮴 아크릴산염, 네오디뮴 메타크릴산염, 네오디뮴 초산염, 네오디뮴 글루콘산염, 네오디뮴 구연산염, 네오디뮴 푸마르산염, 네오디뮴 유산염, 네오디뮴 말레산염, 네오디뮴 옥살산염, 네오디뮴 2-에틸헥사노에이트, 네오디뮴 네오 데카노에이트 등), 유기인산염(예를 들면, 네오디뮴 디부틸 인산염, 네오디뮴 디펜틸 인산염, 네오디뮴 디헥실 인산염, 네오디뮴 디헵틸 인산염, 네오디뮴 디옥틸 인산염, 네오디뮴 비스(1-메틸 헵틸) 인산염, 네오디뮴 비스(2-에틸헥실) 인산염, 또는 네오디뮴 디데실 인산염 등), 유기 포스폰산염(예를 들면, 네오디뮴 부틸 포스폰산염, 네오디뮴 펜틸 포스폰산염, 네오디뮴 헥실 포스폰산염, 네오디뮴 헵틸 포스폰산염, 네오디뮴 옥틸 포스폰산염, 네오디뮴(1-메틸 헵틸) 포스폰산염, 네오디뮴(2-에틸헥실) 포스폰산염, 네오디뮴 디실 포스폰산염, 네오디뮴 도데실 포스폰산염 또는 네오디뮴 옥타데실 포스폰산염 등), 유기 포스핀산염(예를 들면, 네오디뮴 부틸 포스핀산염, 네오디뮴 펜틸포스핀산염, 네오디뮴 헥실 포스핀산염, 네오디뮴 헵틸 포스핀산염, 네오디뮴 옥틸 포스핀산염, 네오디뮴(1-메틸 헵틸) 포스핀산염 또는 네오디뮴(2-에틸헥실) 포스핀산염 등), 카르밤산염(예를 들면, 네오디뮴 디메틸 카르밤산염, 네오디뮴 디에틸 카르밤산염, 네오디뮴 디이소프로필 카르밤산염, 네오디뮴 디부틸 카르밤산염 또는 네오디뮴 디벤질 카르밤산염 등), 디티오 카르밤산염(예를 들면, 네오디뮴 디메틸디티오 카르바민산염, 네오디뮴 디에틸디티오카르바민산염, 네오디뮴 디이소프로필 디티오 카르밤산염 또는 네오디뮴 디부틸디티오카르바민산염 등), 크산토젠산염(예를 들면, 네오디뮴 메틸 크산토젠산염, 네오디뮴 에틸 크산토젠산염, 네오디뮴 이소프로필 크산토젠산염, 네오디뮴 부틸 크산토젠산염, 또는 네오디뮴 벤질 크산토젠산염 등), β-디케토네이트(예를 들면, 네오디뮴 아세틸아세토네이트, 네오디뮴 트리플루오로아세틸 아세토네이트, 네오디뮴 헥사플루오로아세틸 아세토네이트 또는 네오디뮴 벤조일 아세토네이트 등), 알콕시드 또는 알릴옥시드(예를 들면, 네오디뮴 메톡사이드, 네오디뮴 에톡시드, 네오디뮴 이소프로폭사이드, 네오디뮴 페녹사이드 또는 네오디

륨 노닐 페녹사이드 등), 할로겐화물 또는 의사 할로겐화물(네오디뮴 불화물, 네오디뮴 염화물, 네오디뮴 브롬화물, 네오디뮴 요오드화물, 네오디뮴 시안화물, 네오디뮴 시안산염, 네오디뮴 티오시안산염, 또는 네오디뮴 아지드 등), 옥시할라이드(예를 들면, 네오디뮴 옥시플루오라이드, 네오디뮴 옥시 클로라이드, 또는 네오디뮴 옥시 브로마이드 등), 또는 1 이상의 희토류 금속-탄소 결합을 포함하는 유기 희토류 금속 화합물(예를 들면,  $Cp_3Ln$ ,  $Cp_2LnR'$ ,  $Cp_2LnCl$ ,  $CpLnCl_2$ ,  $CpLn$ (사이클로옥타테트라엔),  $(C_5Me_5)_2LnR'$ ,  $Ln(R')$ ,  $Ln(알틸)_3$ , 또는  $Ln(알틸)_2Cl$  등, 상기 식중 Ln은 희토류 금속 원소이고, R'은 탄소원자를 통해 금속 원자에 결합하는 1가의 유기기로서, 하이드로카르빌기일 수 있다) 등을 들 수 있으며, 이들 중 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물을 포함할 수 있다.

[0090] 보다 구체적으로, 상기 희토류 금속 화합물은 하기 화학식 2의 네오디뮴 화합물일 수 있다:

[0091] [화학식 2]



[0092]

[0093] 상기 화학식 2에서, R<sub>1</sub> 내지 R<sub>3</sub>은 각각 독립적으로 수소원자이거나, 또는 탄소수 1 내지 12의 선형 또는 분지형 알킬기이다.

[0095] 보다 구체적으로 상기 희토류 금속 화합물은 상기 화학식 2에서 R<sub>1</sub>이 탄소수 6 내지 12의 선형 또는 분지형 알킬기이고, R<sub>2</sub> 및 R<sub>3</sub>는 각각 독립적으로 수소원자이거나, 또는 탄소수 2 내지 6의 선형 또는 분지형 알킬기이되, 단 R<sub>2</sub> 및 R<sub>3</sub>이 동시에 수소 원자가 아닌 네오디뮴 화합물일 수 있으며, 보다 더 구체적으로는 상기 화학식 1에서 R<sub>1</sub>이 탄소수 6 내지 8의 선형 또는 분지형 알킬기이고, R<sub>2</sub> 및 R<sub>3</sub>는 각각 독립적으로 탄소수 2 내지 6의 선형 또는 분지형 알킬기인 네오디뮴 화합물일 수 있다.

[0096] 이와 같이, 상기 화학식 2의 네오디뮴 화합물이 a 위치에 탄소수 2 이상의 다양한 길이의 알킬기를 치환기로 포함하는 카르복실레이트 리간드를 포함할 경우, 네오디뮴 중심 금속 주위에 입체적인 변화를 유도하여 화합물 간의 엉킴 현상을 차단할 수 있으며, 그 결과, 올리고머화를 억제하여 활성종으로의 전환율이 높다. 이 같은 네오디뮴 화합물은 중합 용매에 대한 용해도가 높고, 촉매 활성종으로의 전환에 어려움이 있는 중심 부분에 위치하는 네오디뮴 비율이 감소되어 촉매 활성종으로의 전환율이 높은 효과가 있다.

[0097] 보다 더 구체적으로 상기 희토류 금속 화합물은 Nd(2,2-디에틸 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디프로필 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디부틸 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디헥실 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디옥틸 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2-에틸-2-프로필 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2-에틸-2-부틸 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2-에틸-2-헥실 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2-프로필-2-부틸 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2-프로필-2-헥실 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2-프로필-2-이소프로필 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2-부틸-2-헥실 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2-헥실-2-옥틸 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디에틸 옥타노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디프로필 옥타노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디부틸 옥타노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디헥실 옥타노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2-에틸-2-프로필 옥타노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2-에틸-2-헥실 옥타노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디에틸 노나노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디프로필 노나노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디부틸 노나노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디헥실 노나노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2-에틸-2-프로필 노나노에이트)<sub>3</sub> 및 Nd(2-에틸-2-헥실 노나노에이트)<sub>3</sub>로 이루어진 군으로부터 선택된 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물일 수 있다. 또, 올리고머화에 대한 우려 없이 중합용매에 대한 우수한 용해도, 촉매 활성종으로의 전환율 및 이에 따른 촉매 활성 개선 효과의 우수함을 고려할 때, 상기 네오디뮴 화합물은 Nd(2,2-디에틸 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디프로필 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디부틸 데카노에이트)<sub>3</sub>, Nd(2,2-디헥실 데카노에이트)<sub>3</sub>, 및 Nd(2,2-디옥틸 데카노에이트)<sub>3</sub>

로 이루어진 군으로부터 선택된 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물일 수 있다.

[0099] 또, 상기 희토류 금속 화합물은 용해도가 상온(23±5℃)에서 비극성 용매 6g 당 약 4g 이상인 것일 수 있다. 본 발명에 있어서, 네오디뮴 화합물의 용해도는 탁한 현상 없이 맑게 용해되는 정도를 의미하는 것이다. 이와 같이 높은 용해도를 나타냄으로써 우수한 촉매 활성을 나타낼 수 있다.

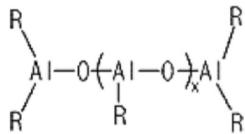
[0100] 상기 희토류 금속 화합물은 일례로 중합에 사용되는 공액디엔계 단량체 100 g당 0.01 내지 0.5 mmol, 보다 구체적으로는 0.05 내지 0.2 mmol의 함량으로 사용될 수 있고, 이 범위 내에서 촉매 활성이 높고, 적정 촉매 농도를 가져, 별도의 탈회 공정을 거치지 않아도 되는 효과가 있다.

[0101] 상기 희토류 금속 화합물은 일례로 루이스 염기와의 반응물의 형태로 사용될 수도 있다. 이 반응물은 루이스 염기에 의해, 희토류 금속 화합물의 용매에 대한 용해성을 향상시키고, 장기간 안정한 상태로 저장할 수 있는 효과가 있다. 상기 루이스 염기는 일례로 희토류 원소 1 몰 당 30 몰 이하, 또는 1 내지 10 몰의 비율로 사용될 수 있다. 상기 루이스 염기는 일례로 아세틸아세톤, 테트라히드로푸란, 피리딘, N,N-디메틸포름아미드, 티오펜, 디페닐에테르, 트리에틸아민, 유기인 화합물 또는 1가 또는 2가의 알코올 등일 수 있다.

[0103] (b) 제1 알킬화제

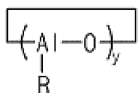
[0104] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 제1 알킬화제는 알루미늄옥산일 수 있으며, 상기 알루미늄옥산은 트리히드로카르빌 알루미늄계 화합물에 물을 반응시킴으로써 제조된 것일 수 있다. 구체적으로, 상기 알루미늄옥산은 하기 화학식 3a의 직쇄 알루미늄옥산 또는 화학식 3b의 환형 알루미늄옥산일 수 있다.

[0105] [화학식 3a]



[0106]

[0107] [화학식 3b]



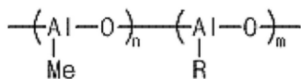
[0108]

[0109] 상기 화학식 3a 및 3b에서, R은 탄소 원자를 통해 알루미늄 원자에 결합하는 1가의 유기기로서, 하이드로카르빌기일 수 일 수 있으며, x 및 y는 서로 독립적으로 1 이상의 정수, 구체적으로는 1 내지 100, 더 구체적으로는 2 내지 50의 정수일 수 있다.

[0110] 보다 더 구체적으로는, 상기 알루미늄옥산은 메틸알루미늄옥산(MAO), 변성 메틸알루미늄옥산(MMAO), 에틸알루미늄옥산, n-프로필알루미늄옥산, 이소프로필알루미늄옥산, 부틸알루미늄옥산, 이소부틸알루미늄옥산, n-펜틸알루미늄옥산, 네오펜틸알루미늄옥산, n-헥실알루미늄옥산, n-옥틸알루미늄옥산, 2-에틸헥실알루미늄옥산, 사이클로헥실알루미늄옥산, 1-메틸사이클로펜틸알루미늄옥산, 페닐알루미늄옥산 또는 2,6-디메틸페닐 알루미늄옥산 등일 수 있으며, 이들 중 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물이 사용될 수 있다.

[0111] 또한, 상기 변성 메틸알루미늄옥산은 메틸알루미늄옥산의 메틸기를 수식기(R), 구체적으로는 탄소수 2 내지 20의 탄화수소기로 치환한 것으로, 구체적으로는 하기 화학식 4로 표시되는 화합물일 수 있다.

[0112] [화학식 4]



[0113]

[0114] 상기 화학식 4에서, R은 앞서 정의한 바와 같으며, m 및 n은 서로 독립적으로 2 이상의 정수일 수 있다. 또한, 상기 화학식 3에서, Me는 메틸기(methyl group)을 나타내는 것이다.

- [0115] 구체적으로, 상기 화학식 4에서 상기 R은 탄소수 2 내지 20의 알킬기, 탄소수 3 내지 20의 시클로알킬기, 탄소수 2 내지 20의 알케닐기, 탄소수 3 내지 20의 시클로알케닐기, 탄소수 6 내지 20의 아릴기, 탄소수 7 내지 20의 아릴알킬기, 탄소수 7 내지 20의 알킬아릴기, 알킬기 또는 탄소수 2 내지 20의 알키닐기일 수 있으며, 보다 구체적으로는 에틸기, 이소부틸기, 헥실기 또는 옥틸기 등과 같은 탄소수 2 내지 10의 알킬기이고, 보다 더 구체적으로는 이소부틸기일 수 있다.
- [0116] 더 구체적으로, 상기 변성 메틸알루미늄옥산은 메틸알루미늄옥산의 메틸기의 약 50 몰% 내지 90 몰%를 상기한 탄화수소기로 치환한 것일 수 있다. 변성 메틸알루미늄옥산 내 치환된 탄화수소기의 함량이 상기 범위 내일 때, 알킬화를 촉진시켜 촉매활성을 증가시킬 수 있다.
- [0117] 이와 같은 변성 메틸알루미늄옥산은 통상의 방법에 따라 제조될 수 있으며, 구체적으로는 트리메틸알루미늄과 트리메틸알루미늄 이외의 알킬알루미늄을 이용하여 제조될 수 있다. 이때 상기 알킬알루미늄은 트리아이소부틸알루미늄, 트리에틸알루미늄, 트리헥실알루미늄 또는 트리옥틸알루미늄 등일 수 있으며, 이들 중 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물이 사용될 수 있다.
- [0118] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제조되는 변성 공액디엔계 중합체의 분자량 분포를 좁게 형성할 수 있고, 이에 따른 중합체의 물성 개선 측면에서 바람직하게, 상기 제1알킬화제는 메틸알루미늄옥산 또는 변성 메틸알루미늄옥산일 수 있다.
- [0120] (c) 제2 알킬화제
- [0121] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 제2 알킬화제는 히드로카르빌알루미늄 디하이드라이드일 수 있으며, 구체적으로 상기 제2 알킬화제는 디에틸알루미늄 하이드라이드, 디-n-프로필알루미늄 하이드라이드, 디이소프로필알루미늄 하이드라이드, 디-n-부틸알루미늄 하이드라이드, 디이소부틸알루미늄 하이드라이드(DIBAH), 디-n-옥틸알루미늄 하이드라이드, 디페닐알루미늄 하이드라이드, 디-p-톨릴알루미늄 하이드라이드, 디벤질알루미늄 하이드라이드, 페닐에틸알루미늄 하이드라이드, 페닐-n-프로필알루미늄 하이드라이드, 페닐이소프로필알루미늄 하이드라이드, 페닐-n-부틸알루미늄 하이드라이드, 페닐이소부틸알루미늄 하이드라이드, 페닐-n-옥틸알루미늄 하이드라이드, p-톨릴에틸알루미늄 하이드라이드, p-톨릴-n-프로필알루미늄 하이드라이드, p-톨릴이소프로필알루미늄 하이드라이드, p-톨릴-n-부틸알루미늄 하이드라이드, p-톨릴이소부틸알루미늄 하이드라이드, p-톨릴-n-옥틸알루미늄 하이드라이드, 벤질에틸알루미늄 하이드라이드, 벤질-n-프로필알루미늄 하이드라이드, 벤질이소프로필알루미늄 하이드라이드, 벤질-n-부틸알루미늄 하이드라이드, 벤질이소부틸알루미늄 하이드라이드 또는 벤질-n-옥틸알루미늄 하이드라이드 등의 디히드로카르빌알루미늄 하이드라이드; 에틸알루미늄 디하이드라이드, n-프로필알루미늄 디하이드라이드, 이소프로필알루미늄 디하이드라이드, n-부틸알루미늄 디하이드라이드, 이소부틸알루미늄 디하이드라이드 및 n-옥틸알루미늄 디하이드라이드로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상인 것일 수 있다.
- [0123] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 촉매 조성물에 있어서 알킬화제는 히드로카르빌기를 다른 금속으로 전달할 수 있는 유기금속 화합물로서 조촉매의 역할을 하는 것일 수 있다.
- [0124] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 촉매 조성물은 필요에 따라 상기의 제1 및 제2 알킬화제 외 통상 공액디엔계 중합체의 제조시 알킬화제로 사용되는 통상적인 알킬화제를 더 포함할 수 있으며, 이러한 알킬화제로는 트리메틸알루미늄, 트리에틸알루미늄, 트리-n-프로필알루미늄, 트리아이소프로필알루미늄, 트리-n-부틸알루미늄, 트리아이소부틸알루미늄, 트리-t-부틸알루미늄, 트리펜틸알루미늄, 트리헥실알루미늄, 트리스클로헥실알루미늄, 트리옥틸알루미늄 등의 알킬알루미늄; 디에틸마그네슘, 디-n-프로필마그네슘, 디이소프로필마그네슘, 디부틸마그네슘, 디헥실마그네슘, 디페닐마그네슘, 또는 디벤질마그네슘과 같은 알킬마그네슘 화합물 등을 들 수 있고, 또 상기 유기 리튬 화합물로는 n-부틸리튬 등과 같은 알킬 리튬 화합물 등을 들 수 있다.
- [0125]
- [0126] (d) 할로젠 화합물
- [0127] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 공액디엔 중합용 촉매 조성물에 있어서, 상기 할로젠 화합물은 그 종류가 특별히 한정되지 않지만, 통상 디엔계 중합체의 제조시 할로젠 화합물로서 사용되는 것이라면 특별한 제한없이 사용가능하다.

- [0129] 구체적으로, 상기 할로젠 화합물로는 할로젠 단체(單體, simple substance), 할로젠간 화합물(interhalogen compound), 할로젠화수소, 유기 할라이드, 비금속 할라이드, 금속 할라이드 또는 유기금속 할라이드 등을 들 수 있으며, 이들 중 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물이 사용될 수 있다. 이중에서도 촉매 활성 향상 및 이에 따른 반응성 개선 효과의 우수함을 고려할 때 상기 할로젠 화합물로는 유기 할라이드, 금속 할라이드 및 유기금속 할라이드로 이루어진 군으로부터 선택된 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물이 사용될 수 있다.
- [0130] 보다 구체적으로, 상기 할로젠 단체로는 불소, 염소, 브롬 또는 요오드를 들 수 있다.
- [0131] 또한, 상기 할로젠간 화합물로는 구체적으로 요오드 모노클로라이드, 요오드 모노브로마이드, 요오드 트리클로라이드, 요오드 펜타플루오라이드, 요오드 모노플루오라이드 또는 요오드 트리플루오라이드 등을 들 수 있다.
- [0132] 또한, 상기 할로젠화수소로는 구체적으로 불화수소, 염화수소, 브롬화수소 또는 요오드화수소를 들 수 있다.
- [0133] 또한, 상기 유기 할라이드로는 구체적으로 t-부틸 클로라이드(t-BuCl), t-부틸 브로마이드, 알릴 클로라이드, 알릴 브로마이드, 벤질 클로라이드, 벤질 브로마이드, 클로로-디-페닐메탄, 브romo-디-페닐메탄, 트리페닐메틸 클로라이드, 트리페닐메틸 브로마이드, 벤질리텐 클로라이드, 벤질리텐 브로마이드, 메틸트리클로로실란, 페닐 트리클로로실란, 디메틸디클로로실란, 디페닐디클로로실란, 트리메틸클로로실란(TMSCl), 벤조일 클로라이드, 벤조일 브로마이드, 프로피오닐 클로라이드, 프로피오닐 브로마이드, 메틸 클로로포르메이트, 메틸 브로모포르메이트, 요오도메탄, 디요오도메탄, 트리오오도메탄 (요오도포름으로도 불리움), 테트라요오도메탄, 1-요오도프로판, 2-요오도프로판, 1,3-디요오도프로판, t-부틸 요오다이드, 2,2-디메틸-1-요오도프로판 ('네오펜틸 요오다이드'로도 불리움), 알릴 요오다이드, 요오도벤젠, 벤질 요오다이드, 디페닐메틸 요오다이드, 트리페닐메틸 요오다이드, 벤질리텐 요오다이드 ('벤잘 요오다이드'로도 불리움), 트리메틸실릴 요오다이드, 트리에틸실릴 요오다이드, 트리페닐실릴 요오다이드, 디메틸디요오도실란, 디에틸디요오도실란, 디페닐디요오도실란, 메틸트리요오도실란, 에틸트리요오도실란, 페닐트리요오도실란, 벤조일 요오다이드, 프로피오닐 요오다이드 또는 메틸 요오도포르메이트 등을 들 수 있다.
- [0134] 또한, 상기 비금속 할라이드로는 구체적으로 삼염화인, 삼브롬화인, 오염화인, 옥시염화인, 옥시브롬화인, 삼불화붕소, 삼염화붕소, 삼브롬화붕소, 사불화규소, 사염화규소(SiCl<sub>4</sub>), 사브롬화규소, 삼염화비소, 삼브롬화비소, 사염화셀레늄, 사브롬화셀레늄, 사염화텔루르, 사브롬화텔루르, 사요오드화규소, 삼요오드화비소, 사요오드화텔루르, 삼요오드화붕소, 삼요오드화인, 옥시요오드화인 또는 사요오드화셀레늄 등을 들 수 있다.
- [0135] 또한, 상기 금속 할라이드로는 구체적으로 사염화주석, 사브롬화주석, 삼염화알루미늄, 삼브롬화알루미늄, 삼염화안티몬, 오염화안티몬, 삼브롬화안티몬, 삼불화알루미늄, 삼염화갈륨, 삼브롬화갈륨, 삼불화갈륨, 삼염화인듐, 삼브롬화인듐, 삼불화인듐, 사염화티타늄, 사브롬화티타늄, 이염화아연, 이브롬화아연, 이불화아연, 삼요오드화알루미늄, 삼요오드화갈륨, 삼요오드화인듐, 사요오드화티타늄, 이요오드화아연, 사요오드화게르마늄, 사요오드화주석, 이요오드화주석, 삼요오드화안티몬 또는 이요오드화마그네슘을 들 수 있다.
- [0136] 또한, 상기 유기금속 할라이드로는 구체적으로 디메틸알루미늄 클로라이드, 디에틸알루미늄 클로라이드, 디메틸알루미늄 브로마이드, 디에틸알루미늄 브로마이드, 디메틸알루미늄 플루오라이드, 디에틸알루미늄 플루오라이드, 메틸알루미늄 디클로라이드, 에틸알루미늄 디클로라이드, 메틸알루미늄 디브로마이드, 에틸알루미늄 디브로마이드, 메틸알루미늄 디플루오라이드, 에틸알루미늄 디플루오라이드, 메틸알루미늄 세스퀴클로라이드, 에틸알루미늄 세스퀴클로라이드(EASC), 이소부틸알루미늄 세스퀴클로라이드, 메틸마그네슘 클로라이드, 메틸마그네슘 브로마이드, 에틸마그네슘 클로라이드, 에틸마그네슘 브로마이드, n-부틸마그네슘 클로라이드, n-부틸마그네슘 브로마이드, 페닐마그네슘 클로라이드, 페닐마그네슘 브로마이드, 벤질마그네슘 클로라이드, 트리메틸주석 클로라이드, 트리메틸주석 브로마이드, 트리에틸주석 클로라이드, 트리에틸주석 브로마이드, 디-t-부틸주석 디클로라이드, 디-t-부틸주석 디브로마이드, 디-n-부틸주석 디클로라이드, 디-n-부틸주석 디브로마이드, 트리-n-부틸주석 클로라이드, 트리-n-부틸주석 브로마이드, 메틸마그네슘 요오다이드, 디메틸알루미늄 요오다이드, 디에틸알루미늄 요오다이드, 디-n-부틸알루미늄 요오다이드, 디-n-옥틸알루미늄 요오다이드, 메틸알루미늄 디요오다이드, 에틸알루미늄 디요오다이드, n-부틸알루미늄 디요오다이드, 이소부틸알루미늄 디요오다이드, 메틸알루미늄 세스퀴요오다이드, 에틸알루미늄 세스퀴요오다이드, 이소부틸알루미늄 세스퀴요오다이드, 에틸마그네슘 요오다이드, n-부틸마그네슘 요오다이드, 이소부틸마그네슘 요오다이드, 페닐마그네슘 요오다이드, 벤질마그네슘 요오다이드, 트리메틸주석 요오다이드, 트리에틸주석 요오다이드, 트리-n-부틸주석 요오다이드, 디-n-부틸주석 디요오다이드 또는 디-t-부틸주석 디요오다이드 등을 들 수 있다.

- [0138] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 공액디엔 중합체 제조용 촉매 조성물은, 상기 할로겐 화합물 대신에 또는 상기 할로겐 화합물과 함께, 비배위성 음이온 함유 화합물 또는 비배위 음이온 전구체 화합물을 포함할 수도 있다.
- [0139] 구체적으로, 상기 비배위성 음이온을 포함하는 화합물에 있어서, 비배위성 음이온은 입체 장애로 인해 촉매계의 활성 중심과 배위결합을 형성하지 않는, 입체적으로 부피가 큰 음이온으로서, 테트라아릴보레이트 음이온 또는 불화 테트라아릴보레이트 음이온 등일 수 있다. 또, 상기 비배위성 음이온을 포함하는 화합물은 상기한 비배위성 음이온과 함께 트리아릴 카르보늄 양이온과 같은 카르보늄 양이온; N,N-디알킬 아닐리늄 양이온 등과 같은 암모늄 양이온, 또는 포스포늄 양이온 등의 상대 양이온을 포함하는 것일 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 비배위성 음이온을 포함하는 화합물은, 트리페닐 카르보늄 테트라키스(펜타플루오로 페닐) 보레이트, N,N-디메틸아닐리늄 테트라키스(펜타플루오로 페닐) 보레이트, 트리페닐 카르보늄 테트라키스[3,5-비스(트리플루오로메틸)페닐]보레이트, 또는 N,N-디메틸아닐리늄 테트라키스[3,5-비스(트리플루오로메틸)페닐]보레이트 등일 수 있다.
- [0140] 또한, 상기 비배위성 음이온 전구체로서는, 반응 조건 하에서 비배위성 음이온이 형성 가능한 화합물로서, 트리아릴 붕소 화합물(BR<sub>3</sub>, 이때 R는 펜타플루오로페닐기 또는 3,5-비스(트리플루오로메틸)페닐기 등과 같은 강한 전자흡인성의 아릴기임)을 들 수 있다.
- [0142] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 중합 반응 이후, 또는 중에 2,6-디-t-부틸파라크레졸 등과 같은 산화방지제 등의 첨가제가 더 사용될 수 있다. 이외에도, 통상 용액 중합을 용이하도록 하는 첨가제, 구체적으로는 킬레이트제, 분산제, pH 조절제, 탈산소제 또는 산소포착제(oxygen scavenger)와 같은 첨가제가 선택적으로 더 사용될 수도 있다.
- [0143] 또한, 상기 중합 반응은 상기 촉매 조성물 및 중합체를 실행시키지 않기 위해, 일례로 중합 반응계 내에 산소, 물, 탄산가스 등의 실행 작용이 있는 화합물의 혼입을 방지하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0144] 상기와 같은 중합 반응의 결과로서, 상기 희토류 금속 화합물을 포함하는 촉매 조성물로부터 활성화된 유기 금속 부위를 포함하는 활성 중합체, 보다 구체적으로는 1,3-부타디엔 단량체 단위를 포함하는 네오디뮴 촉매화 공액디엔계 중합체가 생성되고, 상기 제조된 공액디엔계 중합체는 슈도 리빙 특성을 가질 수 있다.
- [0146] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 단계 1) 이후 중합을 정지시키기 위해 중합 정지제를 첨가할 수 있으며, 중합 정지제는 공액디엔계 중합 공정에 사용되는 중합 정지제라면 제한 없이 사용 가능하며, 구체적으로 인산에스터계 중합 정지제를 사용할 수 있으며 보다 구체적으로 상기한 화학식 1로 표시되는 화합물과 동일한 화합물을 사용할 수 있다.
- [0147] 본 발명에서, 상기 단계 1) 이후 첨가하는 중합 정지제는 공액디엔계 단량체 100 중량부 기준으로 0.01 내지 0.4 중량부를 첨가하는 것일 수 있다.
- [0149] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 단계 2)는 단계 1)에서 중합된 활성 중합체를 변성시키는 단계로, 염화황과 상기한 화학식 1로 표시되는 화합물을 첨가하여 변성시키는 단계일 수 있다.
- [0150] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 단계 2)는 단계 1) 이후 중합 정지제를 첨가하여 중합을 정지시킨 다음 염화황 및 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 첨가하여 수행되는 것일 수 있다.
- [0152] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 화학식 1로 표시되는 화합물에서 치환기 R<sub>y</sub>가 지방족 탄화수소기, 알킬아릴기 또는 아릴알킬기인 화합물을 첨가하는 경우에는 R<sub>y</sub>가 하이드록시기인 화학식 1로 표시되는 화합물을 함께 첨가하는 것일 수 있다.
- [0154] 여기에서, 상기 변성은 용액 반응 또는 고상 반응에 의해 수행될 수 있고, 구체적인 예로 용액 반응에 의해 수

행될 수 있다. 또 다른 예로, 상기 변성 반응은 배치(batch)식 반응기를 이용하여 수행될 수도 있고, 다만 연속식 반응기나 인라인 믹서 등의 장치를 이용하여 연속식으로 수행될 수도 있다.

[0155] 또 다른 예로, 상기 변성 반응은 통상 중합반응과 동일한 온도 및 압력 조건에서 수행될 수 있고, 구체적인 예로 20 내지 100℃의 온도에서 수행될 수 있으며, 이 범위 내에서 중합체의 점도가 상승하지 않고, 중합체의 활성화된 말단이 실활되지 않는 효과가 있다.

[0157] 본 발명의 일 실시예에 따른 염화황은 활성중합체를 변성시키는 변성제로 사용한 것일 수 있으며, 일염화황(이염화이황, S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>), 이염화황(SCl<sub>2</sub>), 사염화황(SCl<sub>4</sub>) 등 염화황 화합물이라면 제한 없이 사용 가능하나, 공액디엔계 중합체 내 분지 구조를 용이하게 도입하고, 단계적으로 무니점도를 증가시키는 측면에서 바람직하게는 본 발명의 염화황은 일염화황(S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)일 수 있다.

[0158] 본 발명에서는 염화황을 변성제로 사용하여 중합체에 분지 구조를 도입함으로써 무니점도를 단계적으로 증가시킬 수 있고, 이에 가공성 등의 배합 물성을 개선시킴과 동시에 상기한 화학식 1로 표시되는 화합물이 포함된 첨가제를 염화황과 함께 첨가함으로써 잔류하는 촉매 조성물의 알루미늄 성분 등과 변성제 간의 반응성 제어를 통해 변성 반응성을 조절할 수 있고, 이에 따라 안정적인 변성 반응을 수행하게 되어 변성 재현성을 개선시킬 수 있다. 변성 재현성이 우수하므로 변성 조건에 따른 물성의 변화 정도, 특히 무니점도의 증가율을 예측할 수 있고, 변성 조건을 조절하여 중합체의 물성 변화를 용이하게 조절할 수 있다.

[0160] 또한, 본 발명에서, 상기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 첨가제는 상기 단계 2)에서 공액디엔계 단량체 100 중량부 기준으로 0.01 내지 0.5 중량부를 첨가하는 것일 수 있으며, 변성 반응성의 조절을 용이하게 하여 변성 재현성을 더욱 크게 향상시키는 측면에서 바람직하게는 0.01 내지 0.3 중량부, 보다 더 바람직하게는 0.01 내지 0.2 중량부를 첨가하는 것일 수 있다.

[0162] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면 상기 단계 2)에서 상기 염화황 및 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 첨가제는 1:0.1 내지 1:2의 중량비로 첨가하는 것일 수 있으며, 변성 반응 효율을 저하시키지 않고 변성을 통해 우수한 물성 개선 효과를 확보하면서도 변성 재현성을 크게 향상시키는 측면에서 바람직하게는 1:0.1 내지 1:1 중량비로 첨가하는 것일 수 있다.

[0164] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 단계 2) 이후 산화방지제 및 지방산 에스테르를 첨가하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이는 최종 제조되는 변성 공액디엔계 중합체를 안정화시켜 회수하기 위한 후처리 단계에 해당하는 것일 수 있다.

[0165] 본 발명에서, 산화방지제와 함께 지방산 에스테르를 첨가함으로써 산화방지제의 분산성을 증대시켜 산화방지제의 첨가 효과를 더욱 증폭시킬 수 있다.

[0166] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 산화방지제는 변성 공액디엔계 중합체의 중합 공정에서 사용 가능한 산화방지제라면 제한 없이 사용 가능하며, 페놀계 산화 방지제, 인계 산화 방지제 및 유허계 산화 방지제 등을 이용할 수 있다. 상기 페놀계 산화 방지제로서는, 이르가녹스 1010(Irganox 1010: 펜타에리스리톨테트라키스[3-(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시페닐)프로피오네이트], BASF(주) 제조), 이르가녹스 1076(Irganox 1076: 옥타데실-3-(3,5-디tert-부틸-4-히드록시페닐)프로피오네이트, BASF(주) 제조), 이르가녹스 1330(Irganox 1330: 3,3',3'',5,5',5''-헥사-tert-부틸-a,a',a''-(메시틸렌-2,4,6-트리일)트리-p-크레졸, BASF(주) 제조), 이르가녹스 3114(Irganox 3114: 1,3,5-트리스(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시벤질)-1,3,5-트리아진-2,4,6(1H,3H,5H)-트리온, BASF(주) 제조), 이르가녹스 3790(Irganox 3790: 1,3,5-트리스((4-tert-부틸-3-히드록시-2,6-크실릴)메틸)-1,3,5-트리아진-2,4,6(1H,3H,5H)-트리온, BASF(주) 제조), 이르가녹스 1035(Irganox 1035: 티오디에틸렌비스 [3-(3,5-디-tert-부틸-4-히드록시페닐)프로피오네이트], BASF(주) 제조), 이르가녹스 1135(Irganox 1135: 벤젠 프로판산, 3,5-비스(1,1-디메틸에틸)-4-히드록시, C7-C9 측쇄 알킬에스테르, BASF(주) 제조), 이르가녹스 1520(Irganox 1520: 4,6-비스(옥틸티오메틸)-o-크레졸, BASF(주) 제조), 이르가녹스 3125(Irganox 3125, BASF(주) 제조), 이르가녹스 565(Irganox 565: 2,4-비스(n-옥틸티오)-6-(4-히드록시 3',5'-디-tert-부틸아닐 리

노)-1,3,5-트리아진, BASF(주) 제조), 아테카스타브 AO-80(아테카스타브 AO-80: 3,9-비스(2-(3-(3-tert-부틸-4-히드록시-5-메틸페닐)프로피오닐옥시)-1,1-디메틸에틸)-2,4,8,10-테트라옥사스피로(5,5)운데칸, (주)ADEKA 제조), 스미라이저 BHT(Sumilizer BHT, 스미토모 화학(주) 제조), 스미라이저 GA-80(Sumilizer GA-80, 스미토모 화학(주) 제조), 스미라이저 GS(Sumilizer GS, 스미토모 화학(주) 제조), 시아녹스 1790(Cyanox 1790, (주)사이테크 제조) 및 비타민 E(에이사이(주) 제조) 등을 들 수 있다. 상기 인계 산화 방지제로서는, 이르가포스 168(Irgafos 168: 트리스(2,4-디-tert-부틸페닐)포스파이트, BASF(주) 제조), 이르가포스 12(Irgafos 12: 트리스[2-[[[2,4,8,10-테트라-tert-부틸디벤조[d,f][1,3,2]디옥사 포스핀-6-일]옥시]에틸]아민, BASF(주) 제조), 이르가포스 38(Irgafos 38: 비스(2,4-비스(1,1-디메틸에틸)-6-메틸페닐)에틸에스테르아인산, BASF(주) 제조), 아테카스타브 329K((주)ADEKA 제조), 아테카스타브 PEP36((주)ADEKA 제조), 아테카스타브 PEP-8((주)ADEKA 제조), Sandstab P-EPQ(클라리안트사 제조), 웨스톤 618(Weston 618, GE사 제조), 웨스톤 619G(Weston 619G, GE사 제조), 울트라노스 626(Ultrinox 626, GE사 제조) 및 스미라이저 GP(Sumilizer GP: 6-[3-(3-tert-부틸-4-히드록시-5-메틸페닐)프로폭시]-2,4,8,10-테트라tert-부틸디벤즈[d,f][1.3.2]디옥사포스페핀)(스미토모 화학(주) 제조) 등을 들 수 있다. 상기 유허계 산화 방지제로서는, 예를 들면, 티오디프로피온산 디라우릴, 디미리스틸 또는 디스테아릴 등의 디 알킬티오디프로피오네이트 화합물 및 테트라키스[메틸렌(3-도데실티오)프로피오네이트]메탄 등의 폴리올의 β알킬메르캅토프로피온산 에스테르 화합물 등을 들 수 있다. 또한, 변성 공액디엔계 중합체의 산화방지 효과를 개선하여 중합체 안정성을 향상시키는 측면에서 바람직하게는 이르가노스 1520(Irganox 1520: 4,6-비스(옥틸티오메틸)-o-크레졸)을 사용할 수 있다.

[0168] 또한, 상기 지방산 에스테르는 중합 공정에서 사용 가능한 지방산 에스테르라면 제한 없이 사용 가능하며, 구체적으로는 에폭시화 지방산 에스테르, 포화 지방산 에스테르 및 불포화 지방산 에스테르 중 어느 하나 이상일 수 있고, 바람직하게는 에폭시화 지방산 에스테르 중 에폭시화 대두유를 사용할 수 있다.

[0169] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 지방산 에스테르는 변성 공액디엔계 단량체 100 중량부 기준으로 0.01 내지 1.0 중량부를 첨가하는 것일 수 있으며, 산화방지제의 분산성을 더욱 증대시키는 측면에서 바람직하게는 0.01 내지 0.5 중량부, 보다 바람직하게는 0.1 내지 0.4 중량부를 첨가하는 것일 수 있다.

[0171] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 본 발명은 상기의 제조방법으로 제조된 변성 공액디엔계 중합체를 제공한다. 본 발명의 변성 공액디엔계 중합체는 분지구조의 도입으로 변성 후 무니점도가 상승되고 -S/R 값이 낮아지며, 분자량 분포가 증가할 수 있고, 변성 공정 시 변성제 및 화학식 1로 표시되는 화합물의 첨가량, 첨가 비율에 따라 상기와 같은 물성 변화율이 일정 범위로 조절된 것일 수 있다.

[0173] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 공액디엔계 중합체는 중량 평균 분자량(Mw)과 수평균 분자량(Mn)과의 비(Mw/Mn)인 분자량 분포 (PDI; Polydispersity)가 3.0 이하의 좁은 분자량 분포를 갖는 것일 수 있다. 공액디엔계 중합체의 PDI가 3.0를 초과할 경우 고무 조성물에 적용시 내마모성 및 내충격성 등의 기계적 물성이 저하될 우려가 있다. 보다 구체적으로 분자량 분포 제어에 따른 중합체의 기계적 물성 개선 효과의 현저함을 고려할 때, 상기 공액디엔계 중합체의 분자량 분포는 2.0 내지 3.0일 수 있다.

[0174] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 공액디엔계 중합체는, 상기한 분자량 분포 조건을 충족하는 동시에, 중량 평균 분자량(Mw)이 300,000g/mol 내지 1,200,000g/mol이고, 구체적으로는 400,000g/mol 내지 1,000,000g/mol일 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 공액디엔계 중합체는, 수 평균 분자량(Mn)이 100,000g/mol 내지 700,000g/mol이고, 구체적으로는 120,000g/mol 내지 500,000g/mol일 수 있다. 상기 공액디엔계 중합체의 중량평균 분자량이 300,000g/mol 미만이거나 또는 수평균 분자량이 100,000g/mol 미만일 경우 가황물의 탄성률이 저하해, 히스테리시스 로스가 상승하고, 또 내마모성이 악화될 우려가 있다. 또 중량평균 분자량이 1,200,000g/mol를 초과하거나, 수평균 분자량이 700,000g/mol을 초과하면 가공성 저하로, 상기 공액디엔계 중합체를 포함하는 고무 조성물의 작업성이 악화되고, 혼반축이 곤란해져, 고무 조성물의 물성을 충분히 향상시키기 어려울 수 있다. 본 발명에 있어서, 상기 중량평균 분자량 및 수평균 분자량은 각각 겔 투과형 크로마토그래피(GPC)로 분석되는 폴리스티렌 환산 분자량이다.

[0175] 보다 구체적으로, 고무 조성물에 적용시 고무 조성물에 대한 기계적 물성, 탄성률 및 가공성의 밸런스 좋은 개선 효과를 고려할 때, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 공액디엔계 중합체는, 상기한 다분산도와 함께 중량평

균 분자량 및 수평균 분자량 조건을 동시에 충족하는 것이 바람직하다. 구체적으로 상기 공액디엔계 중합체는 중량 평균 분자량(Mw)과 수평균 분자량(Mn)과의 비(Mw/Mn)가 3.0 이하이고, 중량 평균 분자량(Mw)이 300,000g/mol 내지 1,200,000g/mol이고, 수평균 분자량(Mn)이 100,000g/mol 내지 700,000g/mol, 보다 구체적으로는 중량 평균 분자량(Mw)과 수평균 분자량(Mn)과의 비(Mw/Mn)가 2.0 내지 3.0이고, 중량 평균 분자량(Mw)이 400,000g/mol 내지 1,000,000g/mol이고, 수평균 분자량(Mn)이 120,000g/mol 내지 500,000g/mol일 수 있다.

[0176] 또한, 상기 변성 공액디엔계 중합체는 변성 전 중합체의 100 °C에서의 무니점도(mooney viscosity, MV)가 10 내지 90, 구체적으로는 30 내지 80, 보다 구체적으로는 40 내지 70일 수 있다. 또한, 변성 후 중합체의 100 °C에서의 무니점도(mooney viscosity, MV)가 20 내지 120, 구체적으로 50 내지 120, 보다 구체적으로 60 내지 110일 수 있다.

[0177] 본 발명에 있어서, 상기 무니점도는 무니점도계, 예를 들어, Monsanto사 MV2000E로 100°C에서 Rotor Speed 2±0.02rpm, Large Rotor를 사용하여 측정할 수 있다. 이때 사용된 시료는 실온(23±3°C)에서 30분 이상 방치한 후 27±3g을 채취하여 다이 캐비티 내부에 채워 놓고 플래턴(Platen)을 작동시켜 측정할 수 있다.

[0179] 상기와 같이 변성 공정을 거쳐 무니점도가 증가하는 것으로부터 변성 공액디엔계 중합체 내 분자 구조가 도입된 것을 확인할 수 있다. 이 때, 변성 후 중합체의 무니점도가 상기한 범위를 충족할 때 가공성이 더욱 개선되는 효과가 발현될 수 있다.

[0180] 본 발명의 일 실시예에 따른 변성 공액디엔계 중합체는 변성 전 중합체의 무니점도 대비 변성 후 중합체의 무니점도 증가율(%)은 50 내지 200 %, 인장특성 및 점탄성 특성의 저하를 방지하면서도 가공성을 크게 개선하는 측면에서 바람직하게는 70 내지 150%, 보다 바람직하게는 90 내지 130 %일 수 있다. 여기에서 무니점도 증가율은 하기 수학적 식 1로 산출되는 것일 수 있다.

[0181] [수학적 식 1]

$$\text{무니점도 증가율(\%)} = \frac{(\text{변성 후 중합체의 } 100^\circ\text{C에서의 무니점도} - \text{변성 전 중합체의 } 100^\circ\text{C에서의 무니점도})}{(\text{변성 전 중합체의 } 100^\circ\text{C에서의 무니점도})} \times 100$$

[0183] 상기한 범위 내의 무니점도의 증가는 가공성이 개선되는 것을 나타내는 것일 수 있으며, 상기한 범위를 만족할 때 인장특성과 같은 기계적 물성 및 점탄성 특성을 우수한 수준으로 유지함과 동시에 가공성을 개선할 수 있다. 또한, 상기한 범위 내 무니점도의 증가는, 가공성을 개선시키는 것에 더욱 도움을 줄 수 있으며, 무니점도가 너무 높아져서 가공성을 오히려 악화시키는 문제를 방지할 수 있다.

[0185] 본 발명의 일 실시예에 따른 변성 공액디엔계 중합체는 변성 전 중합체의 무니점도 대비 변성 후 중합체의 무니점도 증가율(%)의 표준편차가 15 % 이하, 바람직하게는 표준편차가 12 % 이하, 보다 더 바람직하게는 10 % 이하일 수 있다. 이 때, 표준편차를 산출할 때 필요한 원자료는 동일한 조건에서 수 회 반복하여 제조된 변성 공액디엔계 중합체를 대상으로 한 것이다.

[0186] 본 발명의 변성 공액디엔계 중합체는 무니점도 증가율의 표준편차가 전술한 범위를 나타내는 것을 통해 본 발명의 제조방법에 따를 때 동일한 제조 조건에서의 변성 전, 후 무니점도 상승 정도가 균일하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 나아가, 상기와 같이 무니점도 상승이 안정적인 범위 내에서 이루어질 수 있어 동일한 변성 조건에서 균일한 물성 변화를 가질 수 있다. 이와 같이 변성 재현성이 용이한 변성 공액디엔계 중합체가 형성됨에 따라 변성 공액디엔계 중합체의 물성 제어가 용이한 이점이 있다.

[0188] 또한, 상기 변성 공액디엔계 중합체는 -S/R(Stress/Relaxation) 값이 1.00 이하, 0.90 이하, 0.80 이하 또는 0.75 이하일 수 있으며, 하한 값은 제한 없이 적용될 수 있으나 바람직하게는 0.10 이상, 0.40 이상, 0.50 이상 또는 0.60 이상일 수 있다. 상기 -S/R 값을 통하여 중합체의 선형성을 예측할 수 있다. 예컨대, 상기 -S/R 값이 낮을수록 중합체의 선형성이 낮음을 의미하고, 반대로 값이 높을수록 중합체의 선형성이 높음을 의미하는 것으로, 선형성이 너무 낮으면 고무 조성물에 적용시 배합물성이 저하되어 인장특성 및 점탄성 특성이 감소할 수 있고, 선형성이 너무 높으면 가공성이 저하될 수 있다. 따라서, 가공성 및 배합물성이 균형있게 우수한 수준을 가지기 위해서는 중합체의 선형성이 적정 수준을 유지할 필요가 있고, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 변성 공

액디엔계 중합체는 전술한 바와 같은 -S/R 값을 가짐으로써 높은 가공성을 나타내면서 동시에 인장특성 및 점탄성 특성과 같은 배합물성이 우수할 수 있다.

- [0190] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 공액디엔계 중합체는 폴리부타디엔과 같은 부타디엔 단독 중합체일 수 있고, 또는 부타디엔-이소프렌 공중합체와 같은 부타디엔 공중합체일 수 있다.
- [0191] 구체적인 예로, 상기 공액디엔계 중합체는 1,3-부타디엔 단량체 유래 반복단위 80 내지 100 중량%, 및 선택적으로 1,3-부타디엔과 공중합 가능한 그 외의 공액디엔계 단량체 유래 반복단위 20 중량% 이하를 포함할 수 있고, 상기 범위 내에서 중합체 내 1,4-시스 결합 함량이 저하되지 않는 효과가 있다. 이 때, 상기 1,3-부타디엔 단량체로는 1,3-부타디엔, 2,3-디메틸-1,3-부타디엔, 또는 2-에틸-1,3-부타디엔 등의 1,3-부타디엔 또는 그 유도체를 들 수 있고, 상기 1,3-부타디엔과 공중합 가능한 그 외의 공액디엔계 단량체로는 2-메틸-1,3-펜타디엔, 1,3-펜타디엔, 3-메틸-1,3-펜타디엔, 4-메틸-1,3-펜타디엔, 1,3-헥사디엔 또는 2,4-헥사디엔 등을 들 수 있으며, 이들 중 어느 하나 또는 둘 이상의 화합물이 사용될 수 있다.
- [0193] 더 나아가, 본 발명은 상기 변성 공액디엔계 중합체를 포함하는 고무 조성물 및 상기 고무 조성물로부터 제조된 성형품을 제공한다.
- [0194] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 고무 조성물은 변성 공액디엔계 중합체를 0.1 중량% 이상 100 중량% 이하, 구체적으로는 10 중량% 내지 100 중량%, 더욱 구체적으로는 20 중량% 내지 90 중량%로 포함하는 것일 수 있다. 만약, 상기 공액디엔계 중합체의 함량이 0.1 중량% 미만인 경우 결과적으로 상기 고무 조성물을 이용하여 제조된 성형품, 예컨대 타이어의 내마모성 및 내균열성 등의 개선효과가 미미할 수 있다.
- [0195] 또한, 상기 고무 조성물은 상기 변성 공액디엔계 중합체 외에 필요에 따라 다른 고무 성분을 더 포함할 수 있으며, 이때 상기 고무 성분은 고무 조성물 총 중량에 대하여 90 중량% 이하의 함량으로 포함될 수 있다. 구체적으로는 상기 변성 공액디엔계 공중합체 100 중량부에 대하여 1 중량부 내지 900 중량부로 포함되는 것일 수 있다.
- [0196] 상기 고무 성분은 천연고무 또는 합성고무일 수 있으며, 예컨대 상기 고무 성분은 시스-1,4-폴리이소프렌을 포함하는 천연고무(NR); 상기 일반적인 천연고무를 변성 또는 정제한, 에폭시화 천연고무(ENR), 탈탄백 천연고무(DPNR), 수소화 천연고무 등의 변성 천연고무; 스티렌-부타디엔 공중합체(SBR), 폴리부타디엔(BR), 폴리이소프렌(IR), 부틸고무(IIR), 에틸렌-프로필렌 공중합체, 폴리이소부틸렌-코-이소프렌, 네오프렌, 폴리(에틸렌-코-프로필렌), 폴리(스티렌-코-부타디엔), 폴리(스티렌-코-이소프렌), 폴리(스티렌-코-이소프렌-코-부타디엔), 폴리(이소프렌-코-부타디엔), 폴리(에틸렌-코-프로필렌-코-디엔), 폴리실리카이드 고무, 아크릴 고무, 우레탄 고무, 실리콘 고무, 에피클로로히드린 고무, 부틸 고무, 할로젠화 부틸 고무 등과 같은 합성고무일 수 있으며, 이들 중 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물이 사용될 수 있다.
- [0197] 또한, 상기 고무 조성물은 공액디엔계 중합체 100 중량부에 대하여 0.1 중량부 내지 150 중량부의 충전제를 포함하는 것일 수 있으며, 상기 충전제는 실리카계, 카본블랙 또는 이들 조합인 것일 수 있다. 구체적으로는, 상기 충전제는 카본블랙인 것일 수 있다.
- [0198] 상기 카본블랙계 충전제는 특별히 제한하는 것은 아니나, 예컨대 질소 흡착 비표면적(N2SA, JIS K 6217-2:2001에 준거해서 측정함)이 20 m<sup>2</sup>/g 내지 250 m<sup>2</sup>/g인 것일 수 있다. 또, 상기 카본블랙은 디부틸프탈레이트 흡유량(DBP)이 80 cc/100g 내지 200 cc/100g인 것일 수 있다. 상기 카본블랙의 질소흡착 비표면적이 250 m<sup>2</sup>/g을 초과하면 고무 조성물의 가공성이 저하될 우려가 있고, 20 m<sup>2</sup>/g 미만이면 카본블랙에 의한 보강 성능이 미미할 수 있다. 또한, 상기 카본블랙의 DBP 흡유량이 200 cc/100g을 초과하면 고무 조성물의 가공성이 저하될 우려가 있고, 80 cc/100g 미만이면 카본블랙에 의한 보강 성능이 미미할 수 있다.
- [0199] 또한, 상기 실리카는 특별히 제한하는 것은 아니나, 예컨대 습식 실리카(함수규산), 건식 실리카(무수규산), 규산칼슘, 규산알루미늄 또는 콜로이드 실리카 등일 수 있다. 구체적으로는, 상기 실리카는 파괴 특성의 개량 효과 및 웨트 그립성(wet grip)의 양립 효과가 가장 현저한 습식 실리카일 수 있다. 또한, 상기 실리카는 질소흡착 비표면적(nitrogen surface area per gram, N2SA)이 120 m<sup>2</sup>/g 내지 180 m<sup>2</sup>/g이고, CTAB(cetyl trimethyl ammonium bromide) 흡착 비표면적이 100 m<sup>2</sup>/g 내지 200 m<sup>2</sup>/g일 수 있다. 상기 실리카의 질소흡착 비표면적이 120 m<sup>2</sup>/g 미만이면 실리카에 의한 보강 성능이 저하될 우려가 있고, 180 m<sup>2</sup>/g을 초과하면 고무 조성물의 가공성이 저하될 우려가 있다. 또한, 상기 실리카의 CTAB 흡착 비표면적이 100 m<sup>2</sup>/g 미만이면 충전제인 실리카에 의한

보강 성능이 저하될 우려가 있고, 200 m<sup>2</sup>/g을 초과하면 고무 조성물의 가공성이 저하될 우려가 있다.

- [0200] 한편, 상기 충전제로서 실리카가 사용될 경우 보강성 및 저발열성 개선을 위해 실란 커플링제가 함께 사용될 수 있다.
- [0201] 상기 실란 커플링제로는 구체적으로 비스(3-트리에톡시실릴프로필)테트라술퍼드, 비스(3-트리에톡시실릴프로필)트리술퍼드, 비스(3-트리에톡시실릴프로필)디술퍼드, 비스(2-트리에톡시실릴에틸)테트라술퍼드, 비스(3-트리메톡시실릴프로필)테트라술퍼드, 비스(2-트리메톡시실릴에틸)테트라술퍼드, 3-머캅토프로필트리메톡시실란, 3-머캅토프로필트리에톡시실란, 2-머캅토테틸트리메톡시실란, 2-머캅토테틸트리에톡시실란, 3-트리메톡시실릴프로필-N,N-디메틸티오카르바모일테트라술퍼드, 3-트리에톡시실릴프로필-N,N-디메틸티오카르바모일테트라술퍼드, 2-트리에톡시실릴에틸-N,N-디메틸티오카르바모일테트라술퍼드, 3-트리메톡시실릴프로필벤조티아졸릴테트라술퍼드, 3-트리에톡시실릴프로필벤조릴테트라술퍼드, 3-트리에톡시실릴프로필메타크릴레이트모노술퍼드, 3-트리메톡시실릴프로필메타크릴레이트모노술퍼드, 비스(3-디에톡시메틸실릴프로필)테트라술퍼드, 3-머캅토프로필디메톡시메틸실란, 디메톡시메틸실릴프로필-N,N-디메틸티오카르바모일테트라술퍼드 또는 디메톡시메틸실릴프로필벤조티아졸릴테트라술퍼드 등을 들 수 있으며, 이들 중 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물이 사용될 수 있다. 보다 구체적으로는 보강성 개선 효과를 고려할 때 상기 실란커플링제는 비스(3-트리에톡시실릴프로필)폴리술퍼드 또는 3-트리메톡시실릴프로필벤조티아질테트라술퍼드일 수 있다.
- [0203] 또한, 본 발명에 따른 일 실시예에 따른 고무 조성물은 황 가교성일 수 있으며, 이에 따라 가황제를 더 포함할 수 있다.
- [0204] 상기 가황제는 구체적으로 황분말일 수 있으며, 고무 성분 100 중량부에 대하여 0.1 중량부 내지 10 중량부로 포함될 수 있다. 상기 함량범위로 포함될 때, 가황 고무 조성물의 필요한 탄성률 및 강도를 확보할 수 있으며, 동시에 저연비성을 얻을 수 있다.
- [0205] 또한, 본 발명에 따른 일 실시예에 따른 고무 조성물은 상기한 성분들 외에, 통상 고무 공업계에서 사용되는 각종 첨가제, 구체적으로는 가황 촉진제, 공정유, 가소제, 노화 방지제, 스코치 방지제, 아연화(zinc white), 스테아르산, 열경화성 수지, 또는 열가소성 수지 등을 더 포함할 수 있다.
- [0206] 상기 가황 촉진제는 특별히 한정되는 것은 아니며, 구체적으로는 M(2-머캅토펜조티아졸), DM(디벤조티아질디술퍼드), CZ(N-시클로헥실-2-벤조티아질술펜아미드) 등의 티아졸계 화합물, 혹은 DPG(디페닐구아니딘) 등의 구아니딘계 화합물이 사용될 수 있다. 상기 가황촉진제는 고무 성분 100 중량부에 대하여 0.1 중량부 내지 5 중량부로 포함될 수 있다.
- [0207] 또한, 상기 공정유는 고무 조성물내 연화제로서 작용하는 것으로, 구체적으로는 파라핀계, 나프텐계, 또는 방향족계 화합물일 수 있으며, 보다 구체적으로는 인장 강도 및 내마모성을 고려할 때 방향족계 공정유가, 히스테리시스 손실 및 저온 특성을 고려할 때 나프텐계 또는 파라핀계 공정유가 사용될 수 있다. 상기 공정유는 고무 성분 100 중량부에 대하여 100 중량부 이하의 함량으로 포함될 수 있으며, 상기 함량으로 포함될 때, 가황 고무의 인장 강도, 저발열성(저연비성)의 저하를 방지할 수 있다.
- [0208] 또한, 상기 노화방지제로는 구체적으로 N-이소프로필-N'-페닐-p-페닐렌디아민, N-(1,3-디메틸부틸)-N'-페닐-p-페닐렌디아민, 6-에톡시-2,2,4-트리메틸-1,2-디히드로퀴놀린, 또는 디페닐아민과 아세톤의 고온 축합물 등을 들 수 있다. 상기 노화방지제는 고무 성분 100 중량부에 대하여 0.1 중량부 내지 6 중량부로 사용될 수 있다.
- [0210] 본 발명의 일 실시예에 따른 고무 조성물은 상기 배합 처방에 의해 밴버리 믹서, 롤, 인터널 믹서 등의 혼련기를 사용하여 혼련함으로써 수득될 수 있으며, 또 성형 가공 후 가황 공정에 의해 저발열성이며 내마모성이 우수한 고무 조성물이 수득될 수 있다.
- [0211] 이에 따라 상기 고무 조성물은 타이어 트레드, 언더 트레드, 사이드 월, 카카스 코팅 고무, 벨트 코팅 고무, 비드 필러, 웨이퍼, 또는 비드 코팅 고무 등의 타이어의 각 부재나, 방진고무, 벨트 컨베이어, 호스 등의 각종 공업용 고무 제품의 제조에 유용할 수 있다.
- [0212] 상기 고무 조성물을 이용하여 제조된 성형품은 타이어 또는 타이어 트레드를 포함하는 것일 수 있다.

[0214] 이하, 실시예에 의하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것으로 이들 만으로 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

[0216] **실시예 1 내지 4**

[0217] 아르곤 조건 하에서, 10 L 반응기에 4.173 kg 헥산과 500 g의 1,3-부타디엔을 투입하고, 70℃로 승온하였다. 여기에 네오디뮴 베르사테이트(neodymium versatate, NdV) 0.40 mmol, 디이소부틸알루미늄 하이드라이드(diisobutylaluminum hydride, DIBAH) 16.0 mmol, 디에틸알루미늄 클로라이드(diethylaluminum chloride) 0.96 mmol, 1,3-부타디엔 8.0 mmol 헥산 용액, 메틸알루미늄옥산(methylaluminumoxane, MAO) 40.0 mmol 톨루엔 용액의 반응을 통해 제조한 촉매 조성물을 0.06±0.03 mmol NdV/100g BD의 양으로 첨가한 후, 1,3-부타디엔의 폴리부타디엔으로의 전환율은 약 100% 이 될 때까지 중합 시킨 후 화학식 1에 해당하는 화합물을 포함하는 폴리옥시에틸렌 인산에스터계 첨가제(일칠화학社 제조, 상품명 HPSS-81)을 투입하여 중합을 정지시켰다. 1,3-부타디엔의 중합 반응이 완료된 후 염화황 1.0 g 및 HPSS-81(일칠화학社 제조) 0.25 g이 포함된 헥산 용액을 상기 중합 용액에 첨가한 후 70℃에서 30분 동안 반응시켰다. 이 후 Irganox 1520(BASF社 제조)을 1.0 g 및 에폭시화 대두유 1.0 g이 포함된 헥산 용액을 첨가하였다. 그 결과 얻어진 중합물을 스팀으로 가열된 온수에 넣고 교반하여 용매를 제거한 다음, 핫 롤 건조하여 잔량의 용매와 물을 제거하여 변성 공액디엔 중합체를 제조하였다.

[0219] **실시예 5 내지 8**

[0220] 상기 실시예1에서, 1,3-부타디엔의 중합 반응이 완료된 후 염화황 1.0 g 및 HPSS-81(일칠화학社 제조) 0.5 g 이 포함된 헥산용액을 첨가하는 것을 제외하고는 상기 실시예 1에서와 동일한 방법으로 실시하여 변성 공액디엔 중합체를 제조하였다.

[0222] **비교예 1 내지 4**

[0223] 아르곤 조건 하에서, 10 L 반응기에 4.173 kg 헥산과 500 g의 1,3-부타디엔을 투입하고, 70℃로 승온하였다. 여기에 네오디뮴 베르사테이트(neodymium versatate, NdV) 0.40 mmol, 디이소부틸알루미늄 하이드라이드(diisobutylaluminum hydride, DIBAH) 16.0 mmol, 디에틸알루미늄 클로라이드(diethylaluminum chloride) 0.96 mmol, 1,3-부타디엔 8.0 mmol 헥산 용액의 반응을 통해 제조한 촉매 조성물을 첨가한 후, 1,3-부타디엔의 폴리부타디엔으로의 전환율은 약 100% 이 될 때까지 중합 시킨 후 화학식 1에 해당하는 화합물을 포함하는 폴리옥시에틸렌 인산에스터계\_첨가제(일칠화학社 제조, 상품명 HPSS-81)을 투입하여 중합을 정지시켰다. 1,3-부타디엔의 중합 반응이 완료된 후 염화황 1.0 g이 포함된 헥산 용액을 상기 중합 용액에 첨가한 후 70℃에서 30분 동안 반응시켰다. 이후 Irganox 1520(BASF社 제조)을 1.0 g 및 에폭시화 대두유 1.0 g이 포함된 헥산 용액을 첨가하였다. 그 결과 얻어진 중합물을 스팀으로 가열된 온수에 넣고 교반하여 용매를 제거한 다음, 핫 롤 건조하여 잔량의 용매와 물을 제거하여 변성 공액디엔 중합체를 제조하였다.

[0225] **비교예 5 내지 8**

[0226] 상기 비교예 1에서, 1,3-부타디엔의 중합 반응이 완료된 후 염화황 1.0 g 및 팔미트산 0.5 g이 포함된 헥산용액을 첨가하는 것을 제외하고는 상기 비교예 1에서와 동일한 방법으로 실시하여 변성 공액디엔 중합체를 제조하였다.

[0228] **비교예 9 내지 12**

[0229] 상기 실시예 1에서, 1,3-부타디엔의 중합 반응이 완료된 후 염화황 1.0 g이 포함된 헥산용액을 첨가하는 것을 제외하고는 상기 실시예 1에서와 동일한 방법으로 실시하여 변성 공액디엔 중합체를 제조하였다.

[0231] **비교예 13 내지 16**

- [0232] 상기 실시예 1에서, 1,3-부타디엔의 중합 반응이 완료된 후 염화황 1.0 g 및 팔미트산 0.5 g이 포함된 헥산용액을 첨가하는 것을 제외하고는 상기 실시예 1에서와 동일한 방법으로 실시하여 변성 공액디엔 중합체를 제조하였다.
- [0234] **실험예 1**
- [0235] 상기 실시예 및 비교예에서 제조된 각 중합체에 대해 하기와 같은 방법으로 수평균 분자량(Mn), 중량평균 분자량(Mw), 최대피크 분자량(Mp), 분자량 분포(PDI), 무니 점도(MV), 및 -S/R 값을 각각 측정하였다.
- [0237] 1) 중량평균 분자량(Mw), 수평균 분자량(Mn), 최대피크 분자량(Mp) 및 분자량 분포(PDI)
- [0238] 각 중합체를 40℃ 조건 하에서 테트라히드로퓨란(THF)에 30분간 녹인 후 겔 투과 크로마토그래피(GPC: gel permeation chromatography)를 이용하여 중량평균 분자량 및 수평균 분자량을 측정하였고, 측정된 중량평균 분자량 및 수평균 분자량의 비로부터 분자량 분포를 산출하였다. 이때, 칼럼은 폴리머 라보레토리즈사(Polymer Laboratories)의 상품명 PLgel Olexis 칼럼 두 자루와 PLgel mixed-C 칼럼 한 자루를 조합 사용하였다. 또 새로 교체한 칼럼은 모두 혼합상(mixed bed) 타입의 칼럼을 사용하였으며, 겔 투과 크로마토그래피 표준 물질(GPC Standard material)로서 폴리스티렌(Polystyrene)을 사용하였다.
- [0240] 2) 무니점도 (MV, ML1+4, @100℃) (MU) 및 -S/R(stress/relaxation), t80 값
- [0241] 각 중합체에 대해 Monsanto사 MV2000E로 Large Rotor를 사용하여 100℃에서 Rotor Speed 2±0.02 rpm의 조건에서 무니점도(ML1+4, @100℃)(MU)를 측정하였다. 이때 사용된 시료는 실온(23±5℃)에서 30분 이상 방치한 후 27±3g을 채취하여 다이 캐비티 내부에 채워 놓고 플래틴(Platen)을 작동시켜 토크를 인가하면서 무니점도를 측정하였다. 또한, 토크가 풀리면서 나타나는 무니점도 변화의 기울기 값을 측정함으로써 -S/R 값(절댓값)을 얻었다.
- [0242] 또한, t-80은 무니점도 측정 직후(초기 무니점도)부터 초기 무니점도 대비 20 %의 무니점도를 가질 때까지의 시간(분)을 측정된 값을 나타낸다.
- [0244] 한편, 변성 전 중합체의 무니점도, -S/R 및 t80 값 측정을 위한 시료는, 중합 전환율이 100 %에 도달하면 중합 정지제 1g을 투입하고 10분 교반시킨다. 이후, 50g 정도의 중합체가 용해되어 있는 500g의 중합혼합물을 반응기 외부로 빼내어, 200ml의 증류수와 0.1g의 IR1520가 혼합된 용액에 충분히 섞어준 후에 roll-mill 처리하여 얻었다.

표 1

| 구분                           |                            | 실시예        |            |            |            |            |            |            |            |
|------------------------------|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                              |                            | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          |
| 염화황 투입량(phm)                 |                            | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        |
| 폴리옥시에틸렌 인산에스터계 첨가제 투입량*(phm) |                            | 0.05       | 0.05       | 0.05       | 0.05       | 0.1        | 0.1        | 0.1        | 0.1        |
| 변성전                          | Mn(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 2.62       | 2.68       | 2.80       | 2.70       | 2.79       | 2.76       | 2.61       | 2.79       |
|                              | Mw(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 6.90       | 6.95       | 7.01       | 6.96       | 7.04       | 7.00       | 6.88       | 7.11       |
|                              | Mp(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 5.78       | 5.91       | 5.78       | 5.71       | 5.60       | 5.90       | 5.64       | 5.83       |
|                              | PDI (Mw/Mn)                | 2.63       | 2.59       | 2.51       | 2.58       | 2.52       | 2.54       | 2.64       | 2.55       |
|                              | 무니점도(MV)                   | 46.1       | 40.8       | 47.3       | 43.9       | 45.2       | 46.0       | 45.4       | 47.2       |
|                              | -S/R                       | 1.090<br>0 | 1.101<br>8 | 0.995<br>9 | 1.008<br>4 | 0.979<br>2 | 1.112<br>3 | 1.046<br>4 | 1.127<br>1 |
|                              | t80 (분)                    | 1.59       | 1.55       | 1.92       | 1.70       | 1.79       | 1.67       | 1.72       | 1.88       |
| 변성후                          | Mn(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 2.90       | 2.89       | 2.81       | 2.91       | 2.87       | 2.93       | 2.94       | 2.88       |
|                              | Mw(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 8.19       | 8.11       | 8.20       | 8.01       | 8.04       | 8.15       | 8.24       | 8.02       |
|                              | Mp(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 5.80       | 5.67       | 5.70       | 5.77       | 5.71       | 5.81       | 5.79       | 5.80       |
|                              | PDI (Mw/Mn)                | 2.82       | 2.81       | 2.92       | 2.76       | 2.80       | 2.78       | 2.80       | 2.78       |
|                              | 무니점도(MV)                   | 91.5       | 87.9       | 89.3       | 91.4       | 79.2       | 81.4       | 81.8       | 80.9       |
|                              | -S/R                       | 0.363<br>6 | 0.402<br>4 | 0.399<br>8 | 0.387<br>1 | 0.396<br>1 | 0.455<br>5 | 0.408<br>5 | 0.439<br>7 |
|                              | t80 (분)                    | 10.88      | 11.24      | 9.55       | 12.99      | 8.42       | 9.20       | 9.08       | 7.97       |

[0246]

[0247] \* 폴리옥시에틸렌 인산에스터 투입량은 변성 단계에서 염화황과 함께 투입할 때의 투입량을 나타낸 것이다.

[0248] \*phm은 단량체 총 100 중량부를 기준으로 한 중량부를 나타낸 것이다.

표 2

| 구분               |                            | 비교예        |            |            |            |            |            |            |            |
|------------------|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                  |                            | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          |
| 염화황 투입량(phm)     |                            | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        |
| 팔미트산<br>투입량(phm) |                            | -          | -          | -          | -          | 0.1        | 0.1        | 0.1        | 0.1        |
| 면<br>성<br>전      | Mn(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 2.58       | 2.62       | 2.62       | 2.60       | 2.55       | 2.60       | 2.61       | 2.59       |
|                  | Mw(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 7.05       | 7.23       | 7.19       | 7.13       | 7.10       | 7.24       | 7.17       | 7.19       |
|                  | Mp(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 5.11       | 5.21       | 5.13       | 5.21       | 5.26       | 5.31       | 5.21       | 5.19       |
|                  | PDI(Mw/Mn)                 | 2.73       | 2.76       | 2.75       | 2.74       | 2.78       | 2.78       | 2.75       | 2.78       |
|                  | 무니점도(MV)                   | 44.1       | 48.4       | 46.2       | 47.6       | 41.2       | 43.3       | 44.5       | 45.0       |
|                  | -S/R                       | 0.694<br>1 | 0.624<br>3 | 0.682<br>6 | 0.645<br>5 | 0.754<br>4 | 0.696<br>6 | 0.712<br>4 | 0.708<br>9 |
|                  | t80 (분)                    | 2.17       | 2.59       | 2.43       | 2.81       | 2.01       | 1.98       | 2.22       | 2.31       |
| 면<br>성<br>후      | Mn(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 2.71       | 2.72       | 2.68       | 2.74       | 2.64       | 2.81       | 2.78       | 2.77       |
|                  | Mw(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 8.33       | 8.45       | 8.31       | 8.44       | 8.31       | 8.50       | 8.41       | 8.37       |
|                  | Mp(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 5.40       | 5.41       | 5.33       | 5.35       | 5.13       | 5.14       | 5.22       | 5.23       |
|                  | PDI(Mw/Mn)                 | 3.07       | 3.11       | 3.10       | 3.08       | 3.15       | 3.02       | 3.03       | 3.02       |
|                  | 무니점도(MV)                   | 118.3      | 80.9       | 127.2      | 92.7       | 73.5       | 84.4       | 70.8       | 93.0       |
|                  | -S/R                       | 0.342<br>2 | 0.421<br>8 | 0.303<br>2 | 0.463<br>8 | 0.419<br>6 | 0.497<br>5 | 0.545<br>1 | 0.448<br>8 |
|                  | t80 (분)                    | 23.24      | 6.98       | 42.48      | 12.81      | 6.72       | 9.82       | 8.21       | 15.96      |

[0249]

표 3

| 구분               |                            | 비교예        |            |            |            |            |            |            |            |
|------------------|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                  |                            | 9          | 10         | 11         | 12         | 13         | 14         | 15         | 16         |
| 염화황 투입량(phm)     |                            | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        | 0.2        |
| 팔미트산<br>투입량(phm) |                            | -          | -          | -          | -          | 0.1        | 0.1        | 0.1        | 0.1        |
| 면<br>성<br>전      | Mn(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 2.64       | 2.54       | 2.69       | 2.70       | 2.81       | 2.74       | 2.67       | 2.79       |
|                  | Mw(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 6.65       | 6.51       | 6.64       | 6.70       | 7.42       | 7.40       | 7.32       | 7.45       |
|                  | Mp(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 5.38       | 5.31       | 5.24       | 5.41       | 5.88       | 5.79       | 5.67       | 5.80       |
|                  | PDI(Mw/Mn)                 | 2.52       | 2.56       | 2.47       | 2.48       | 2.64       | 2.70       | 2.74       | 2.67       |
|                  | 무니점도(MV)                   | 47.0       | 43.2       | 44.7       | 42.6       | 42.1       | 40.9       | 43.8       | 42.2       |
|                  | -S/R                       | 1.101<br>8 | 1.198<br>2 | 1.103<br>7 | 1.077<br>7 | 0.984<br>7 | 1.180<br>1 | 1.047<br>8 | 0.997<br>4 |
|                  | t80 (분)                    | 1.84       | 1.54       | 1.42       | 1.75       | 1.77       | 1.97       | 2.02       | 2.10       |
| 면<br>성<br>후      | Mn(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 2.85       | 2.73       | 2.90       | 2.88       | 2.90       | 2.89       | 2.79       | 2.94       |
|                  | Mw(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 8.10       | 7.99       | 8.14       | 8.09       | 9.25       | 8.90       | 8.87       | 9.53       |
|                  | Mp(x10 <sup>5</sup> g/mol) | 5.75       | 5.53       | 5.71       | 5.80       | 5.91       | 5.81       | 5.64       | 6.04       |
|                  | PDI(Mw/Mn)                 | 2.84       | 2.93       | 2.81       | 2.81       | 3.19       | 3.08       | 3.18       | 3.24       |
|                  | 무니점도(MV)                   | 88.9       | 109.2      | 79.1       | 114.2      | 91.2       | 80.1       | 75.4       | 96.2       |
|                  | -S/R                       | 0.544<br>5 | 0.312<br>0 | 0.571<br>4 | 0.328<br>8 | 0.478<br>1 | 0.485<br>5 | 0.507<br>4 | 0.521<br>4 |
|                  | t80 (분)                    | 12.97      | 16.07      | 10.19      | 19.82      | 10.71      | 9.08       | 8.99       | 11.98      |

[0250]

- [0252] 상기 표 1에 나타난 것과 같이 본 발명의 일 실시예에 따라 변성 시 염화황과 함께 폴리옥시에틸렌 인산에스터계 첨가제를 첨가하여 제조한 변성 공액디엔계 중합체인 실시예 1 내지 8은 변성 재현성이 우수한 것을 확인할 수 있다.
- [0253] 구체적으로 동일한 조건에서 변성 공액디엔계 중합체를 제조한 실시예 1 내지 4는 변성 전 무니점도 대비 변성 후 무니점도의 상승폭이 동등 범위 내인 것을 확인할 수 있으며, 실시예 1 내지 4와는 폴리옥시에틸렌 인산에스터계 첨가제의 첨가량을 달리한 실시예 5 내지 8 역시 서로 동일한 조건에서 변성 공액디엔계 중합체를 제조하였고, 무니점도 상승폭이 서로 동등 범위 내인 것을 확인할 수 있다. 이와 같이, 동일 조건에서 물성의 변화율이 일정 범위 내로 유지되어 변성 재현성이 우수한 것을 확인할 수 있다.
- [0255] 이와 달리, 표 2 및 표 3에 나타난 바와 같이 변성 단계에서, 염화황 첨가 시 폴리옥시에틸렌 인산에스터계 첨가제를 첨가하지 않은 비교예 1 내지 16은 변성 재현성을 실현할 수 없는 것을 확인할 수 있다.
- [0256] 구체적으로, 각각 동일한 조건으로 제조한 비교예 1 내지 4, 비교예 5 내지 8, 비교예 9 내지 12 및 비교예 13 내지 16은 동일한 조건으로 반복하여 제조하더라도 무니점도 상승폭이 일정하지 않고 크게 차이가 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0258] **실험예 2**
- [0259] 상기 실시예 및 비교예에서 제조한 변성 공액디엔 중합체와 비교예에서 제조한 변성 공액디엔 중합체를 이용하여 고무 조성물 및 고무 시편을 제조한 후, 하기와 같은 방법으로 가공성 특성을 측정하여 그 결과를 하기 표 4 내지 표 6에 나타내었다.
- [0260] 구체적으로, 상기 고무 조성물은 상기 각 중합체 100 중량부에 카본블랙 70 중량부, 공정오일(process oil) 22.5 중량부, 노화방지제(TMDQ) 2 중량부, 산화아연(ZnO) 3 중량부 및 스테아린산(stearic acid) 2 중량부를 배합하여 각각의 고무 조성물을 제조하였다. 이후, 상기 각 고무 조성물에 황 2 중량부, 가류 촉진제(CZ) 2 중량부 및 가류 촉진제(DPG) 0.5 중량부를 첨가하고 50℃에서 1.5분 동안 50 rpm으로 약하게 혼합한 후 50℃의 물을 이용하여 시트 형태의 가황 배합물을 얻었다. 얻은 가황 배합물을 160℃에서 25분 동안 가류하여 고무시편을 제조하였다.
- [0262] 1) 가공성
- [0263] 가공성은 상기 가황배합물을 이용하여 무니점도(FMB, Final Master Batch)를 측정하고, 무니점도 차( $\Delta$ MV)를 통해 확인하였으며, 여기에서 무니점도 차는 상기 표 1에 나타난 각 중합체의 변성 후 무니점도와 배합물의 무니점도 차( $\Delta$ MV, FMB-RP)를 나타내는 것이며, 무니점도 차가 작을수록 가공성이 우수함을 나타낸다.
- [0264] 구체적으로, 무니점도(ML1+4, @100℃)(MU)는 상기 제조된 각 가황 배합물을 이용하여 측정하였다. Monsanto사 MV2000E로 Large Rotor를 사용하여 100℃에서 Rotor Speed  $2 \pm 0.02$  rpm의 조건에서 무니점도(MV)를 측정하였다. 이때 사용된 시료는 실온( $23 \pm 5$ ℃)에서 30분 이상 방치한 후  $27 \pm 3$ g을 채취하여 다이 캐비티 내부에 채워 놓고 플래튼(Platen)을 작동시켜 토크를 인가하면서 무니점도(FMB)를 측정하였다.
- [0266] 2) 인장강도(tensile strength,  $\text{kgf/cm}^2$ ), 300% 모듈러스(300% modulus,  $\text{kgf/cm}^2$ ) 및 신율(%)
- [0267] 상기 각 가황 배합물을 150℃에서 t90분 가류 후 ASTM D412에 준하여 가류물의 인장강도, 300% 신장시의 모듈러스(M-300%) 및 파단시 가류물의 신율을 측정하였다.
- [0269] 3) 점탄성 특성(Tan  $\delta$  @50℃)
- [0270] Tan  $\delta$  물성은 독일 Gabo사 DMTS 500N을 사용하여 주파수 10Hz, Prestrain 3%, Dynamic Strain 3%에서 50℃에서의 점탄성 계수(tan  $\delta$ )로 측정하였다.

[0271] 본 발명에서는 각 측정값에 대해 비교예 4의 측정값을 100으로 두고 개선된 정도를 지수화(Index 값)하였다. 이때, 50 °C에서의 점탄성 계수 인덱스 값이 클수록 히스테리시스 손실이 적으며, 우수한 저구름저항성, 즉 저연비성을 나타냄을 의미한다.

[0273] 4) 필러 분산성 ( $\Delta G'$ )

[0274] 상기 각 가황 배합물에 대하여, strain이 28%에서의 동적탄성치인 G'과 strain이 40%일 때의 G'의 차를 측정하였다.

[0275] 본 발명에서는 각 측정값에 대해 비교예 4의 측정값을 100으로 두고 개선된 정도를 지수화(Index 값)하였다. 이때 Index 값 수치가 클수록 가황 배합물 내 카본블랙(필러)의 분산성이 우수함을 의미한다.

표 4

| 구분    |                               | 실시예   |       |       |       |      |      |      |      |
|-------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
|       |                               | 1     | 2     | 3     | 4     | 5    | 6    | 7    | 8    |
| 가공성   | 무니점도(FMB)                     | 108.7 | 107.2 | 107.4 | 110.1 | 93.4 | 98.2 | 96.9 | 94.4 |
|       | 무니점도 차                        | 17.2  | 19.3  | 18.1  | 18.7  | 14.2 | 16.8 | 18.1 | 13.5 |
| 인장특성  | M-300% (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 94    | 96    | 95    | 94    | 97   | 99   | 98   | 97   |
|       | 인장강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )   | 181   | 182   | 179   | 178   | 184  | 183  | 181  | 184  |
|       | 신율 (%)                        | 492   | 504   | 493   | 498   | 511  | 501  | 498  | 508  |
| 점탄성특성 | Tan $\delta$ at 50 °C (Index) | 100   | 101   | 97    | 98    | 102  | 101  | 101  | 100  |
| 필러분산성 | $\Delta G'$ (Index)           | 110   | 109   | 110   | 112   | 112  | 111  | 110  | 111  |

[0277]

표 5

| 구분    |                               | 비교예   |       |       |       |       |       |      |       |
|-------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
|       |                               | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    | 8     |
| 가공성   | 무니점도(FMB)                     | 130.7 | 110.4 | 142.7 | 100.0 | 100.4 | 110.8 | 94.2 | 120.3 |
|       | 무니점도 차                        | 12.4  | 29.5  | 15.5  | 7.3   | 26.9  | 26.4  | 23.8 | 27.3  |
| 인장특성  | M-300% (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 87    | 91    | 94    | 92    | 79    | 94    | 91   | 94    |
|       | 인장강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )   | 168   | 177   | 154   | 161   | 149   | 162   | 169  | 171   |
|       | 신율 (%)                        | 450   | 468   | 432   | 429   | 415   | 495   | 480  | 475   |
| 점탄성특성 | Tan $\delta$ at 50 °C (Index) | 97    | 98    | 99    | 100   | 100   | 94    | 97   | 98    |
| 필러분산성 | $\Delta G'$ (Index)           | 106   | 104   | 105   | 100   | 108   | 107   | 111  | 105   |

[0278]

표 6

| 구분    |                               | 비교예   |       |      |       |       |       |      |       |
|-------|-------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|
|       |                               | 9     | 10    | 11   | 12    | 13    | 14    | 15   | 16    |
| 가공성   | 무니점도(FMB)                     | 110.4 | 140.2 | 91.4 | 120.5 | 130.4 | 110.2 | 90.7 | 112.8 |
|       | 무니점도 차                        | 21.5  | 31.0  | 12.3 | 6.3   | 39.2  | 30.1  | 15.3 | 16.6  |
| 인장특성  | M-300% (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 88    | 90    | 92   | 89    | 94    | 92    | 96   | 97    |
|       | 인장강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )   | 175   | 164   | 148  | 159   | 172   | 171   | 164  | 158   |
|       | 신율 (%)                        | 485   | 490   | 507  | 442   | 462   | 473   | 491  | 482   |
| 점탄성특성 | Tan δ at 50 °C (Index)        | 99    | 98    | 99   | 98    | 97    | 101   | 98   | 100   |
| 필러분산성 | ΔG'(Index)                    | 103   | 101   | 106  | 107   | 106   | 111   | 106  | 104   |

[0279]

[0281]

상기 표 4 내지 표 6에서와 같이, 동일한 조건에서 제조된 실시예 1 내지 4의 각각의 배합물성 및 동일한 조건에서 제조된 실시예 8 내지 12의 각각의 배합물성은 서로 동등 범위 내 배합물성을 나타내는 반면, 비교예 1 내지 4, 비교예 5 내지 8, 비교예 9 내지 12 및 비교예 13 내지 16은 각각 서로 동일한 조건에서 제조하였음에도 배합물성에서도 서로 큰 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다. 특히, 가공성의 지표로 볼 수 있는 무니점도 차에서, 실시예 및 비교예의 물성의 균일성은 더욱 확연한 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다.

[0282]

또한, 동일한 조건에서 제조할 때 동등 범위 내 배합물성을 나타내는 실시예 1 내지 8이 배합물성을 제어할 수 없는 비교예 1 내지 16에 비해 가공성뿐 아니라 인장특성, 점탄성 특성 및 필러 분산성이 전반적으로 모두 우수한 물성을 나타내는 것을 확인할 수 있다.