



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2017년08월31일  
 (11) 등록번호 10-1773722  
 (24) 등록일자 2017년08월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 C08F 210/02 (2006.01) C08F 4/642 (2006.01)  
 C08F 4/659 (2006.01) C08F 4/6592 (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
 C08F 210/02 (2013.01)  
 C08F 4/6428 (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2016-0172563  
 (22) 출원일자 2016년12월16일  
 심사청구일자 2016년12월16일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020080050428 A\*  
 KR1020080039479 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**한화케미칼 주식회사**  
 서울특별시 중구 청계천로 86 (장교동)  
 (72) 발명자  
**이인준**  
 경기도 수원시 팔달구 정자천로32번길 20, 162동 706호(화서동, 꽃피버들마을엘지아파트)  
**강원준**  
 경상남도 창원시 진해구 행암로 25, 113동 802호 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**김창덕**

전체 청구항 수 : 총 16 항

심사관 : 김수경

(54) 발명의 명칭 **혼성 담지 메탈로센 촉매를 이용한 고가공성 고밀도 에틸렌계 중합체 및 제조방법**

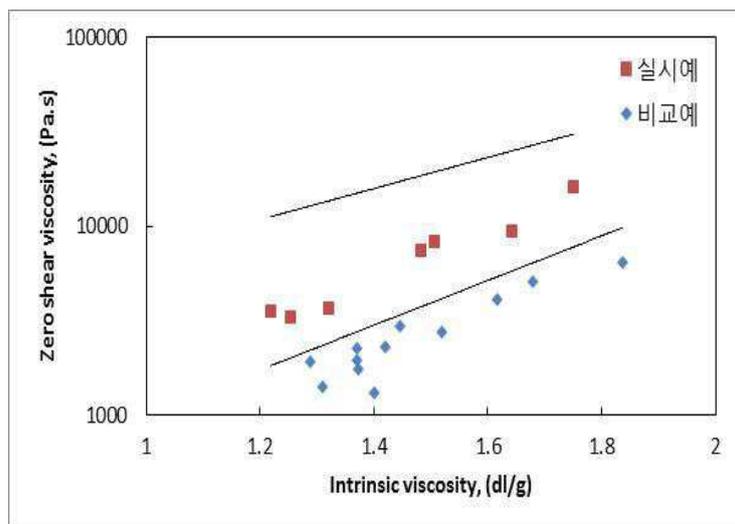
**(57) 요약**

본 발명은 에틸렌 단독 중합체 또는 에틸렌과 알파 올레핀, 환상 올레핀 및 직쇄상, 분지상 및 환상 디엔으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 1종의 공단량체의 공중합체로 이루어진 고밀도 에틸렌계 중합체에 대한 것이다.

본 발명에 따른 고밀도 폴리에틸렌 수지는 넓은 분자량 분포 및 공단량체 분포 특성이 우수하며, 장쇄분지구조를 가지고 있어서 용융유동성이 우수하고, 고분자량체에 공단량체 분포가 집중되어 기계적 특성이 우수하다.

본 발명의 고밀도 에틸렌 중합체는 우수한 기계적 특성과 용융 유동성으로 인해 압출, 압축, 사출, 회전 성형 등의 가공 시 우수한 성형 가공성을 가진다.

**대표도 - 도1**



(52) CPC특허분류

- C08F 4/65912* (2013.01)
- C08F 4/65916* (2013.01)
- C08F 4/65925* (2013.01)
- C08F 4/65927* (2013.01)
- C08F 2500/07* (2013.01)
- C08F 2500/09* (2013.01)
- C08F 2500/12* (2013.01)
- C08F 2500/17* (2013.01)
- C08F 2500/18* (2013.01)

(72) 발명자

**김동욱**

서울특별시 서초구 신반포로19길 10, 32동 702호(반포동, 신반포3지구 아파트)

**양송희**

인천광역시 연수구 원인재로 88, 102동 1603호(동춘동, 대우삼환아파트)

**이성우**

대전광역시 유성구 가정로 65, 110동 905호(신성동, 대림두레아파트)

**정동욱**

대전광역시 유성구 어은로 57, 119동 405호(어은동, 한빛아파트)

**정의갑**

대전광역시 동구 은어송로 100, 505동 801호(가오동, 은어송마을5단지아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

알파올레핀계 단량체로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나 이상의 단량체 및 에틸렌의 중합으로 제조되며;

상기 중합체는 장쇄분지(Long Chain Branch, LCB)를 포함하고, 장쇄분지지표(LCBI)가 0.15 내지 0.40이며;

밀도가 0.930 내지 0.970 g/cm<sup>3</sup> 이며;

MI가 0.5 내지 10 g/10min 이며;

MFR이 35 내지 100이며;

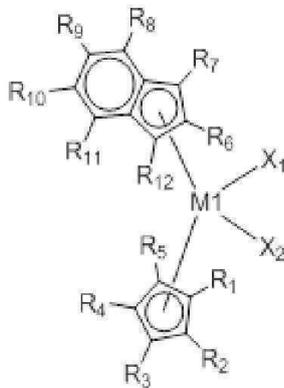
고유점도(Intrinsic viscosity, [ $\eta$ ]) 및 영점전단점도(zero shear viscosity,  $\eta_0$ )가 하기의 식 1로 표현되며,

[식 1]

$$1116.7e^{1.8917[\eta]} > \eta_0 > 66.45e^{2.7184[\eta]}$$

상기 중합체는 하기의 화학식 1로 표시되는 적어도 1종 이상의 제1메탈로센 화합물, 하기의 화학식 2로 표시되는 적어도 1종 이상의 제2메탈로센 화합물, 적어도 1종 이상의 조촉매 화합물 및 담체로 이루어진 혼성담지 메탈로센 촉매를 이용하여 중합되는 것을 특징으로 하며,

[화학식 1]



상기 화학식 1에서,

M1은 원소 주기율표의 4족 전이금속이며;

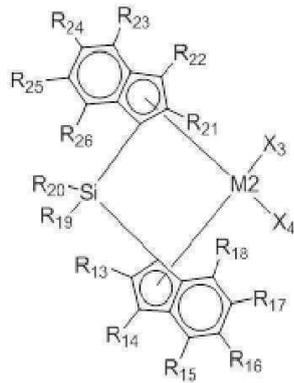
X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>는 각각 독립적으로 할로겐 원자 중 어느 하나이며;

R<sub>1</sub> 내지 R<sub>12</sub>은 각각 독립적으로 수소 원자, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 10의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아릴기, 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 7 내지 40의 알킬아릴기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며;

R<sub>1</sub> 내지 R<sub>5</sub>와 결합하는 사이클로펜타디엔과 R<sub>6</sub> 내지 R<sub>12</sub>와 결합하는 인텐은 서로 다른 구조를 가지는 비대칭 구조이며;

상기 사이클로펜타디엔과 상기 인텐이 서로 연결되어 있지 않으므로 비다리 구조를 형성하며;

[화학식 2]



상기 화학식 2에서,

M2은 원소 주기율표의 4족 전이금속이며;

X<sub>3</sub>, X<sub>4</sub>는 각각 독립적으로 할로젠 원자 중 어느 하나이며;

R<sub>13</sub> 내지 R<sub>18</sub>은 각각 독립적으로 수소 원자, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 10의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아릴기, 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 7 내지 40의 알킬아릴기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며;

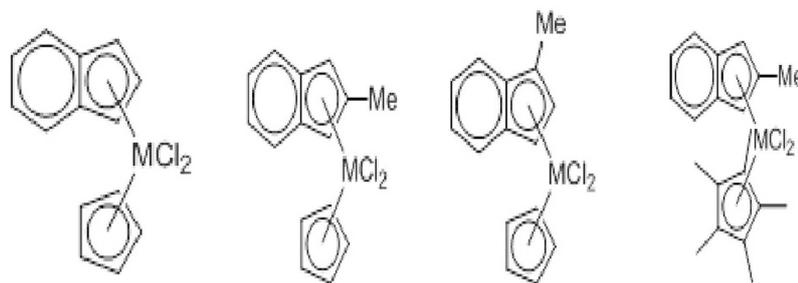
R<sub>21</sub> 내지 R<sub>26</sub>은 각각 독립적으로 수소 원자, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 10의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아릴기, 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 7 내지 40의 알킬아릴기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며;

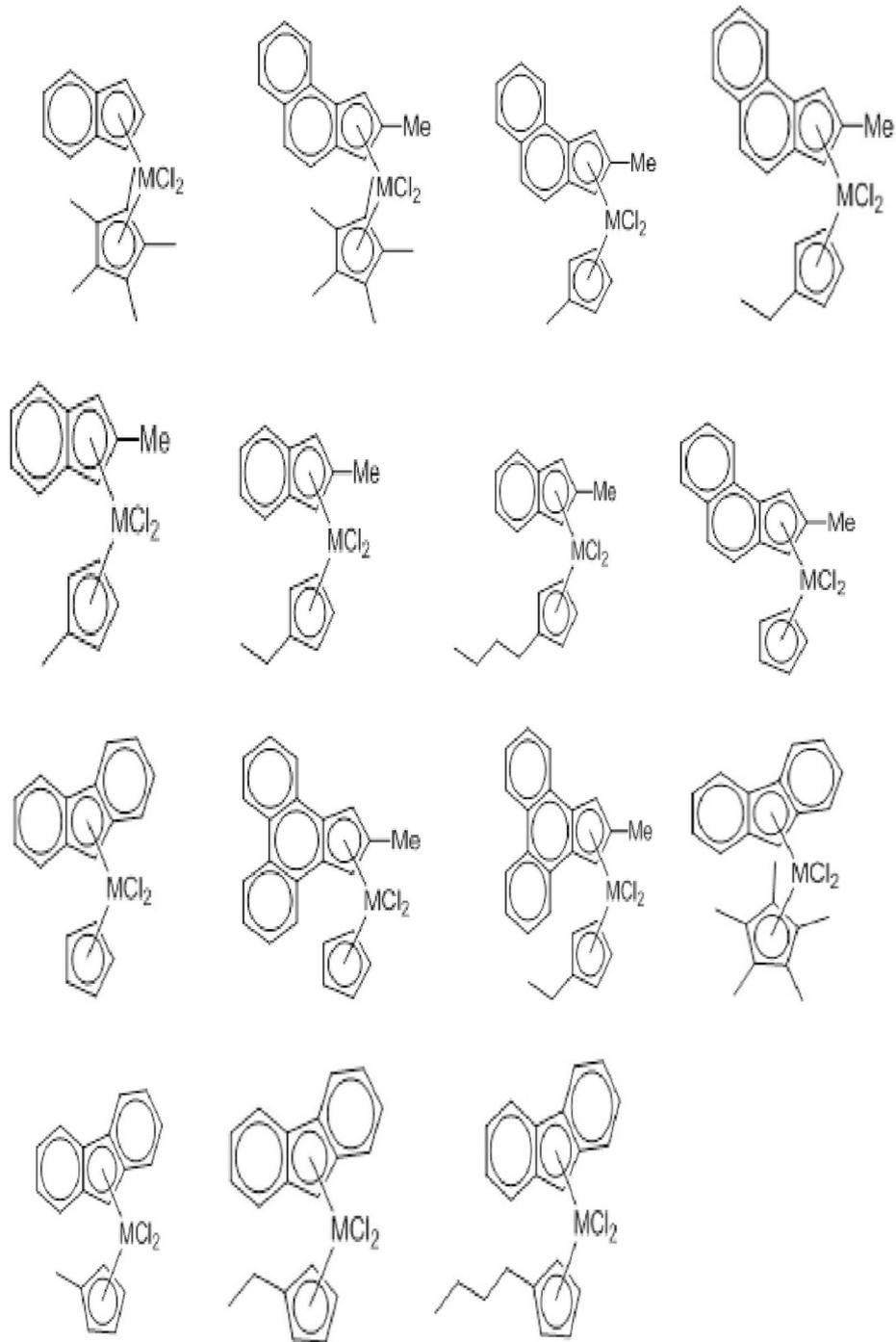
R<sub>19</sub>, R<sub>20</sub>은 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 20의 알킬기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며;

R<sub>13</sub> 내지 R<sub>18</sub>과 결합하는 인덴과 R<sub>21</sub> 내지 R<sub>26</sub>과 결합하는 인덴은 서로 같은 구조이거나 다른 구조일 수 있으며;

R<sub>13</sub> 내지 R<sub>18</sub>과 결합하는 인덴과 R<sub>21</sub> 내지 R<sub>26</sub>과 결합하는 인덴은 서로 Si 과 연결되어 있으므로 다리구조를 형성하고,

상기 제1메탈로센 화합물은 하기의 구조를 가지는 화합물로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나 이상의 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체.





**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 알파올레핀계 단량체는,

프로필렌, 1-부텐, 1-펜텐, 4-메틸-1-펜텐, 1-헥센, 1-헵텐, 1-옥텐, 1-데센, 1-운데센, 1-도데센, 1-테트라데

센, 1-헥사데센 및 1-아이토센으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 고밀도 에틸렌계 중합체가 상기 에틸렌 및 상기 알파올레핀계 단량체의 공중합체인 경우 상기 알파올레핀계 단량체의 함량이 0.1 내지 10 중량%인 것을 특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 고밀도 에틸렌계 중합체는 사출, 압축 또는 회전 성형 재료인 것을 특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체.

**청구항 7**

삭제

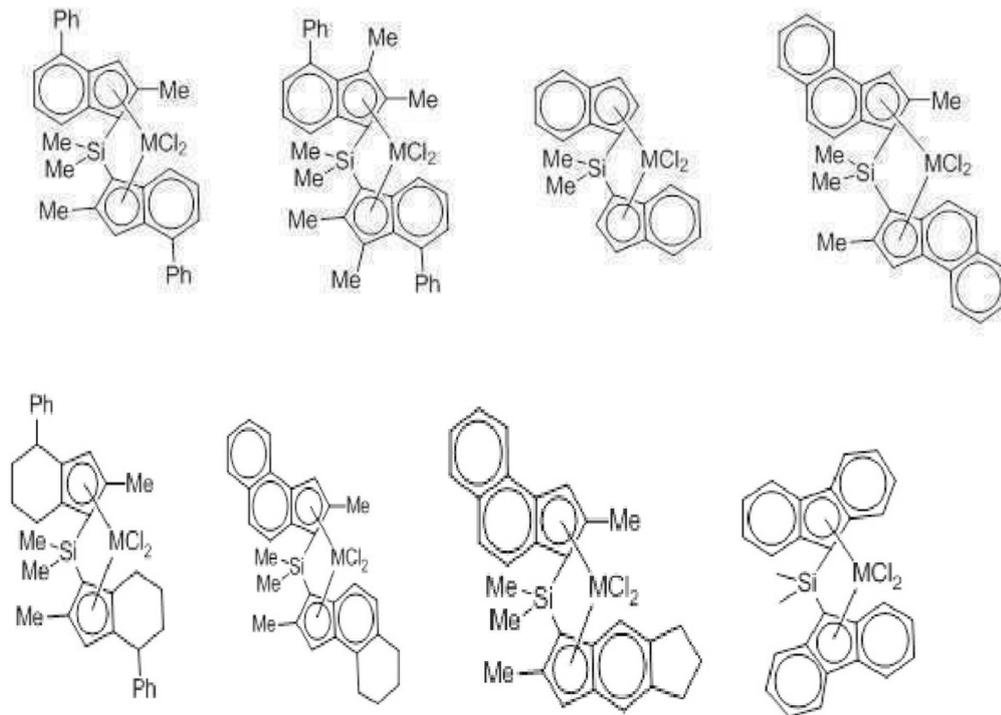
**청구항 8**

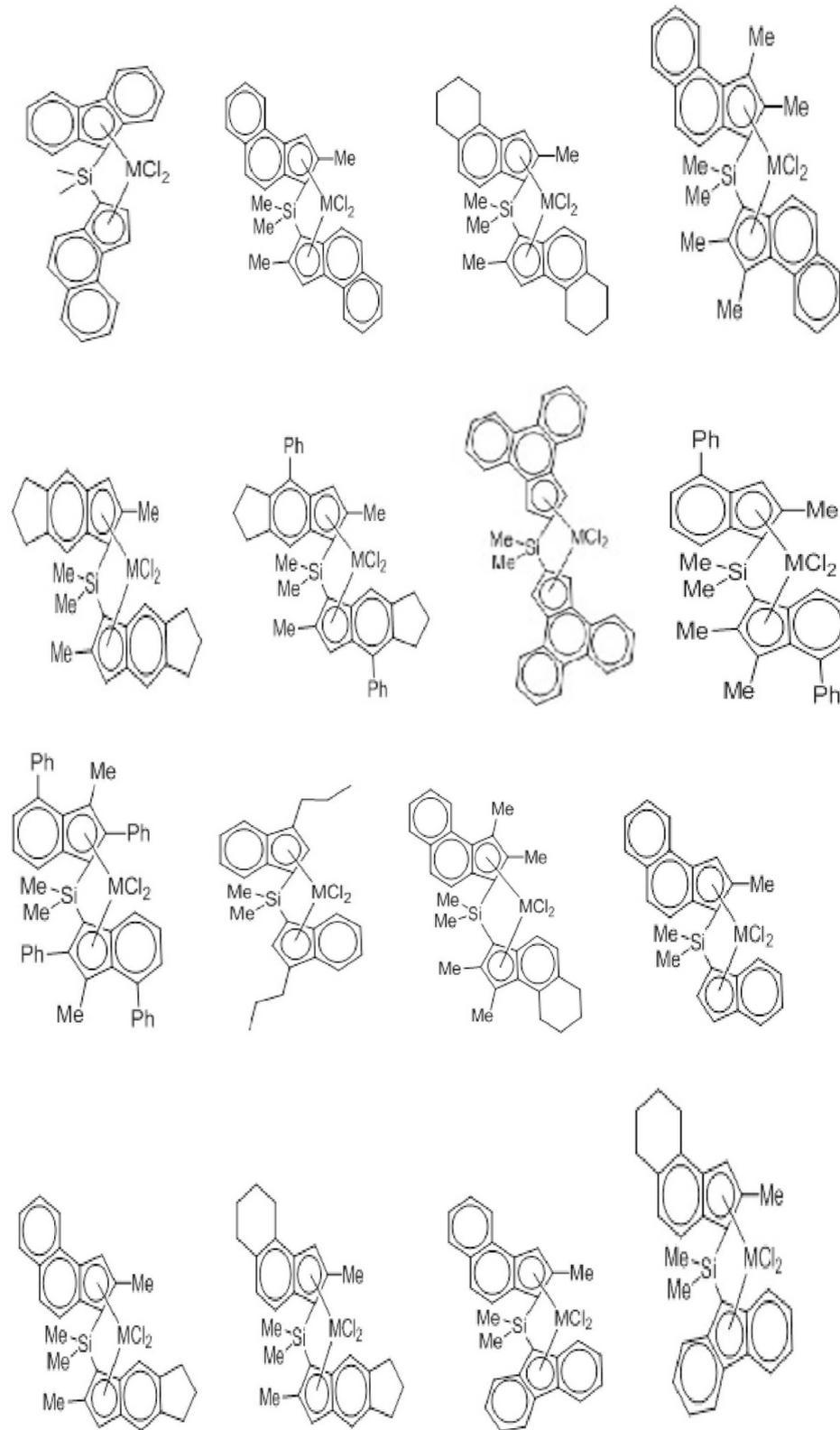
삭제

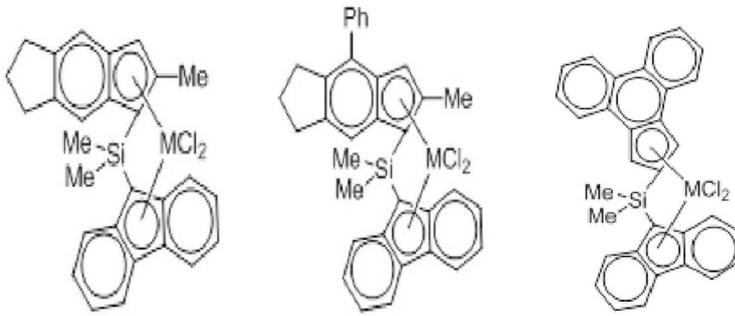
**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 제2메탈로센 화합물은 하기의 구조를 가진 화합물로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나 이상의 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체.







청구항 10

제1항에 있어서,

상기 조촉매 화합물은 하기 화학식 3 내지 6으로 표시되는 화합물 중 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체.

[화학식 3]



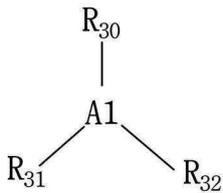
상기 화학식 3에서,

AL은 알루미늄이며;

R<sub>27</sub>, R<sub>28</sub> 및 R<sub>29</sub>는 각각 독립적으로 할로젠 원자, 탄소수 1 내지 20의 탄화수소기 또는 탄소수 1 내지 20의 할로겐으로 치환된 탄화수소기이며;

a는 2 이상의 정수이고,

[화학식 4]

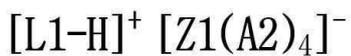


상기 화학식 4에서,

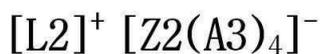
A1는 알루미늄 또는 보론이며;

R<sub>30</sub>, R<sub>31</sub> 및 R<sub>32</sub>는 각각 독립적으로 할로젠 원자, 탄소수 1 내지 20의 탄화수소기, 탄소수 1 내지 20의 할로겐으로 치환된 탄화수소기 또는 탄소수 1 내지 20의 알콕시이며,

[화학식 5]



[화학식 6]



상기 화학식 5 및 6에서,

L1 및 L2는 각각 독립적으로 중성 또는 양이온성 루이스 산이며;

Z1 및 Z2는 각각 독립적으로 원소 주기율표의 13족 원소이며;

A2 및 A3는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아릴기 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 20의 알킬기임.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

상기 화학식 3으로 표시되는 조촉매 화합물은,

메틸알루미늄옥산, 에틸알루미늄옥산, 이소부틸알루미늄옥산 및 부틸알루미늄옥산로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체.

**청구항 12**

제10항에 있어서,

상기 화학식 4로 표시되는 조촉매 화합물은,

트리메틸알루미늄, 트리에틸알루미늄, 트리아이소부틸알루미늄, 트리프로필알루미늄, 트리부틸알루미늄, 디메틸클로로알루미늄, 트리아이소프로필알루미늄, 트리스클로펜틸알루미늄, 트리펜틸알루미늄, 트리아소펜틸알루미늄, 트리헥실알루미늄, 트리옥틸알루미늄, 에틸디메틸알루미늄, 메틸디에틸알루미늄, 트리페닐알루미늄, 트리-p-톨릴알루미늄, 디메틸알루미늄메톡시드, 디메틸알루미늄에톡시드, 트리메틸보론, 트리에틸보론, 트리아이소부틸보론, 트리프로필보론, 트리부틸보론 및 트리펜타플루오로페닐보론으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나 이상의 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체.

**청구항 13**

제10항에 있어서,

상기 화학식 5 또는 6으로 표시되는 조촉매 화합물은,

각각 독립적으로 메틸디옥타데실암모늄테트라키스(펜타플루오로페닐)보레이트, 트리메틸암모늄 테트라키스(페닐)보레이트, 트리에틸암모늄 테트라키스(페닐)보레이트, 트리프로필암모늄 테트라키스(페닐)보레이트, 트리부틸암모늄 테트라키스(페닐)보레이트, 트리메틸암모늄 테트라키스(p-톨릴)보레이트, 트리프로필암모늄 테트라키스(p-톨릴)보레이트, 트리메틸암모늄 테트라키스(o,p-디메틸페닐)보레이트, 트리에틸암모늄 테트라키스(o,p-디메틸페닐)보레이트, 트리메틸암모늄 테트라키스(p-트리플루오로메틸페닐)보레이트, 트리부틸암모늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)보레이트, 디에틸암모늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)보레이트, 트리페닐포스포늄 테트라키스(페닐)보레이트, 트리메틸포스포늄 테트라키스(페닐)보레이트, N,N-디에틸아닐리늄 테트라키스(페닐)보레이트, N,N-디메틸아닐리늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)보레이트, N,N-디에틸아닐리늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)보레이트, 트리페닐카보늄 테트라키스(p-트리플루오로메틸페닐)보레이트, 트리페닐카보늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)보레이트, 트리메틸암모늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, 트리에틸암모늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, 트리프로필암모늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, 트리부틸암모늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, 트리메틸암모늄 테트라키스(p-톨릴)알루미늄에이트, 트리프로필암모늄 테트라키스(p-톨릴)알루미늄에이트, 트리에틸암모늄 테트라키스(o,p-디메틸페닐)알루미늄에이트, 트리부틸암모늄 테트라키스(p-트리플루오로메틸페닐)알루미늄에이트, 트리메틸암모늄 테트라키스(p-트리플루오로메틸페닐)알루미늄에이트, 트리부틸암모늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)알루미늄에이트, N,N-디에틸아닐리늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, N,N-디에틸아닐리늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, N,N-디에틸아닐리늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)알루미늄에이트, 디에틸암모늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)알루미늄에이트, 트리페닐포스포늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, 트리메틸포스포늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, 트리에틸암모늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, 및 트리부틸암모늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체.

**청구항 14**

제1항에 있어서,

상기 제1메탈로센 화합물 및 상기 제2메탈로센 화합물의 전이금속의 총 질량과 상기 담체의 질량비는 1:1 내지 1:1000 이며,

상기 제1메탈로센 화합물 대 상기 제2메탈로센 화합물의 질량비는 1:100 내지 100:1 인 것을 특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체.

**청구항 15**

제10항에 있어서,

상기 화학식 3 및 4로 표시되는 조촉매 화합물 대 상기 담체의 질량비는 1:100 내지 100:1 이며,

상기 화학식 5 및 6으로 표시되는 조촉매 화합물 대 상기 담체의 질량비는 1:20 내지 20:1 인 것을 특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체.

**청구항 16**

제1항에 있어서,

상기 담체는,

실리카, 알루미늄, 산화티탄, 제올라이트, 산화아연 및 전분으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나 이상을 포함하며;

평균입도가 10 내지 250 마이크론이며;

미세기공 부피는 0.1 내지 10cc/g 이며;

비표면적은 1 내지 1000 m<sup>2</sup>/g 인 것을 특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체.

**청구항 17**

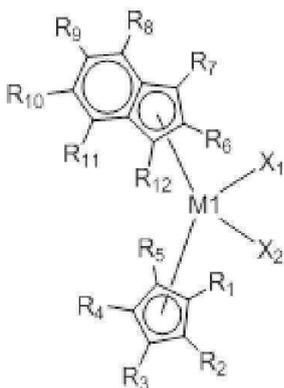
(a) 하기의 화학식 1로 표시되는 적어도 1종 이상의 제1메탈로센 화합물, 하기의 화학식 2로 표시되는 적어도 1종 이상의 제2메탈로센 화합물 및 적어도 1종 이상의 조촉매 화합물을 준비하는 단계;

(b) 각각 준비된 상기 제1메탈로센 화합물, 상기 제2메탈로센 화합물 및 상기 조촉매 화합물을 0 내지 100 °C에서 5분 내지 24시간 교반하여 촉매 혼합물을 제조하는 단계;

(c) 담체 및 용매가 존재하는 반응기에 상기 촉매 혼합물을 첨가하여 0 내지 100 °C에서 3분 내지 48시간 동안 교반하여 혼성 담지된 촉매 조성물을 제조하는 단계; 및

(d) 오토클레이브 반응기 또는 기상중합 반응기에 상기 혼성 담지된 촉매 조성물과 알파올레핀으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나 이상의 알파 올레핀 단량체 및 에틸렌을 투입하여 온도는 60 내지 100 °C, 압력은 10 내지 20 바(bar)의 환경에서 제1항에 따른 고밀도 에틸렌계 중합체를 중합하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체의 제조방법.

[화학식 1]



상기 화학식 1에서,

M1은 원소 주기율표의 4족 전이금속이며;

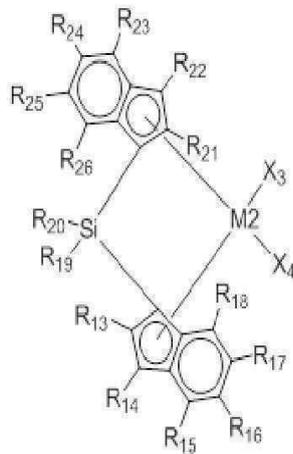
X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>는 각각 독립적으로 할로젠 원자 중 어느 하나이며;

R<sub>1</sub> 내지 R<sub>12</sub>은 각각 독립적으로 수소 원자, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 10의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아릴기, 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 7 내지 40의 알킬아릴기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며;

R<sub>1</sub> 내지 R<sub>5</sub>와 결합하는 사이클로펜타디엔과 R<sub>6</sub> 내지 R<sub>12</sub>와 결합하는 인텐은 서로 다른 구조를 가지는 비대칭 구조이며;

상기 사이클로펜타디엔과 상기 인텐이 서로 연결되어 있지 않으므로 비다리 구조를 형성하며;

[화학식 2]



상기 화학식 2에서,

M2은 원소 주기율표의 4족 전이금속이며;

X<sub>3</sub>, X<sub>4</sub>는 각각 독립적으로 할로젠 원자 중 어느 하나이며;

R<sub>13</sub> 내지 R<sub>18</sub>은 각각 독립적으로 수소 원자, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 10의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아릴기, 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 7 내지 40의 알킬아릴기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며;

R<sub>21</sub> 내지 R<sub>26</sub>은 각각 독립적으로 수소 원자, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 10의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아릴기, 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 7 내지 40의 알킬아릴기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며;

R<sub>19</sub>, R<sub>20</sub>은 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 20의 알킬기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며;

R<sub>13</sub> 내지 R<sub>18</sub>과 결합하는 인텐과 R<sub>21</sub> 내지 R<sub>26</sub>과 결합하는 인텐은 서로 같은 구조이거나 다른 구조일 수 있으며;

R<sub>13</sub> 내지 R<sub>18</sub>과 결합하는 인텐과 R<sub>21</sub> 내지 R<sub>26</sub>과 결합하는 인텐은 서로 Si와 연결되어 있으므로 다리구조를 형성함.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

상기 조촉매 화합물은 하기의 화학식 3 내지 6으로 표시되는 화합물 중 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 것을

특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체의 제조방법.

[화학식 3]



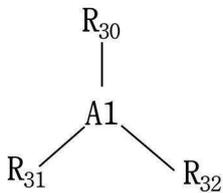
상기 화학식 3에서,

AL은 알루미늄이며;

R<sub>27</sub>, R<sub>28</sub> 및 R<sub>29</sub>는 각각 독립적으로 할로젠 원자, 탄소수 1 내지 20의 탄화수소기 또는 탄소수 1 내지 20의 할로겐으로 치환된 탄화수소기이며;

a는 2 이상의 정수이고,

[화학식 4]

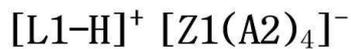


상기 화학식 4에서,

A1는 알루미늄 또는 보론이며;

R<sub>30</sub>, R<sub>31</sub> 및 R<sub>32</sub>는 각각 독립적으로 할로젠 원자, 탄소수 1 내지 20의 탄화수소기, 탄소수 1 내지 20의 할로겐으로 치환된 탄화수소기 또는 탄소수 1 내지 20의 알콕시이며,

[화학식 5]



[화학식 6]



상기 화학식 5 및 6에서,

L1 및 L2는 각각 독립적으로 중성 또는 양이온성 루이스 산이며;

Z1 및 Z2는 각각 독립적으로 원소 주기율표의 13족 원소이며;

A2 및 A3는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아틸기 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 20의 알킬기임.

### 청구항 19

제17항에 있어서,

상기 (c)단계는,

상기 혼성 담지된 촉매 조성물을 침전 반응 시켜 상등액을 분리하는 단계;

분리된 상등액을 제거하고 남은 촉매 조성물 침전을 용매로 세척하는 단계;

세척된 촉매 조성물 침전을 20 내지 200 ℃에서 1시간 내지 48시간 동안 진공건조하는 단계를 더 포함하는 것을

특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체의 제조방법.

**청구항 20**

제17항에 있어서,

상기 알파올레핀 단량체는 프로필렌, 1-부텐, 1-펜텐, 4-메틸-1-펜텐, 1-헥센, 1-헵텐, 1-옥텐, 1-데센, 1-운데센, 1-도데센, 1-테트라데센, 1-헥사데센, 및 1-아이토센으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 에틸렌계 중합체의 제조방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 혼성 담지 메탈로센 촉매를 이용한 고밀도 에틸렌계 중합체 및 이의 제조 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 종래의 고밀도 에틸렌계 중합체보다 우수한 기계적 특성과, 우수한 성형 가공성의 균형을 충족시킨 고밀도 폴리에틸렌 중합체에 관한 것이다.

[0002] 본 발명의 고밀도 에틸렌계 중합체는 분자량 분포가 넓고 장쇄분자를 가져 용융 유동성이 높아 가공성이 우수하고, 고분자량을 포함하고 있어 우수한 기계적 특성을 가지는 고밀도 폴리에틸렌 중합체에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 폴리에틸렌 수지는 분자량 및 밀도에 의해 기계적, 열적 특성이 영향을 받으며, 이에 따라 적용 분야도 달라지게 된다. 일반적으로 폴리에틸렌 중합체의 밀도가 낮을수록 투명성과 충격강도 등은 더 좋아지지만, 내열성, 경도 및 굴곡 탄성률 등의 물성은 저하되며, 내화학적 또한 저하되는 단점을 갖게 된다.

[0004] 반면, 폴리에틸렌 중합체의 밀도가 높을수록 내열성, 경도 및 굴곡 탄성률 등의 물성이 좋아지고 내화학적이 증가하지만, 투명성 및 충격 강도 등은 저하된다. 따라서 에틸렌 공중합체를 이용한 사출제품 특히 카트리지, Pail 통 등 각종 산업 용품 등의 제조시 충격강도가 우수하면서 내화학적이 우수한 사출 제품을 만드는 것은 상당히 어렵다. 특히 시장에서 요구하는 각종 산업 용품 등의 사출 제품은 높은 내충격성을 요구하기 때문에 이와 같은 기술에 대한 필요성은 매우 높다.

[0005] 고밀도 폴리에틸렌 중합체는 여러 가지의 성형방법을 통하여 많은 용도로 제공 되고 있다. 예를 들면 필름 성형체는 대표적인 방법으로서 고밀도 폴리에틸렌 중합체를 용융하여 공기를 취입시키면서 금형으로부터 압출함으로써 용융 중합체 압출물을 인플레이션하는 인플레이션법(inflation method), 또 원하는 형상의 성형체를 얻는 방법으로서, 용융된 고밀도 폴리에틸렌 중합체를 형틀의 공동에 취입 한 후 공기를 형틀 공동에 있는 용융 수지에 취입함으로써 용융 수지를 공동 내벽 상에 팽창 및 압착 시켜 공동내에 용융 중합물을 형성하는 블로우 성형법(blow molding method)이 있다. 또한 용융된 고밀도 폴리에틸렌 중합체를 형틀 공동내에 압입하여 공동을 충전하는 사출 성형법이 있다.

[0006] 이와 같이 고밀도 폴리에틸렌 중합체는 여러 가지의 성형방법이 있으나, 이들의 방법에서 공통점은 고밀도 폴리에틸렌 중합체를 먼저 가열함으로써 용융상태로 하고 이것을 성형한다는 점이다. 따라서 고밀도 폴리에틸렌 중합체의 가열, 용융시의 거동 즉, 용융 특성은 고밀도 폴리에틸렌계 중합체를 성형 가공함에 있어서 극히 중요한 물성이다.

[0007] 특히, 압출, 압축, 사출 또는 회전 성형 등의 성형에 있어서, 용융 특성, 특히 고밀도 폴리에틸렌계 중합체의 용융 유동성은 만족스러운 성형 가공성을 좌우하는 본질적 물성이다. 본 발명에서 말하는 성형 가공성은 압출, 압축, 사출 또는 회전 성형시의 가공성에 국한되는 것은 아니다.

[0008] 일반적으로 MI, MFI, MFR이 클수록 용융 유동성이 우수하다고 할 수 있다. 그러나 실용적으로는 각 성형 방법마다 성형 재료로서의 중합체에 요구되는 성상이 다르기 때문에 성형 가공성을 나타내는 표준으로서 사용되는 지표는 각 성형 방법에 따라 달라진다. 예를 들면, 사출 성형법에서는 내충격성을 갖는 성형품을 얻기 위해 분자량 분포가 좁은 고밀도 폴리에틸렌 중합체가 사용되는 경향이 있다.

[0009] 종래 압출, 압축, 사출 또는 회전 성형 등에 사용되는 고밀도 폴리에틸렌 중합체는 티타늄계의 지글러-나타 촉매 또는 크롬계 촉매를 사용하여 제조하는 것이 일반적이다.

[0010] 그러나 이와 같은 촉매를 사용하여 제조된 고밀도 폴리에틸렌 중합체는 분자량 분포가 넓어 용융 유동성은 항상

시킬 수 있으나, 낮은 분자량 성분이 혼입되어 있어서 내충격성 등의 기계적 물성이 현저하게 저하되고, 공단량체(comonomer)의 분포가 저분자량체에 집중적으로 분포하게 되어 내화확성이 저하되는 결점이 존재한다. 이 때문에 양호한 기계적 물성을 유지하면서 사출 성형에서의 고속화를 할 수 없다는 문제점이 있었다.

- [0011] 이러한 문제점을 해결하기 위해 메탈로센 촉매에 대한 연구가 많이 이루어졌다. 미국특허 제6525150호에서는 메탈로센의 균일한 활성점을 이용하여 분자량 분포가 좁고, 또한 공중합체의 경우에는 공단량체의 분포가 균일한 수지를 제조할 수 있는 메탈로센 촉매를 제시 하였다. 그러나 이는 분자량 분포가 좁기 때문에 기계적 강도는 우수하나 성형 가공성이 낮다는 문제점이 존재한다.
- [0012] 전술한 것과 같이, 통상적으로 단일 메탈로센 촉매의 경우 균일한 활성점으로 분자량 분포가 좁으므로 성형 가공성이 좋지 않으므로 기계적 물성과 성형성의 균형이 중요시되는 고밀도 폴리에틸렌 중합체 분야에서는 메탈로센 촉매계의 응용 개발은 많이 진행되지 못하고 있는 상황이다.
- [0013] 이러한 문제점을 해결하기 위해 복수의 반응기를 사용하거나, 많은 종류의 메탈로센 촉매를 혼합하는 방법에 의해 분자량 분포를 넓히는 것이 많이 제안되었다.
- [0014] 그러나 이와 같은 분자량 분포를 넓히는 방법을 사용할 경우 성형성에는 향상이 있으나, 다른 물성의 저하가 불가피하여 분자량 분포를 좁힘으로써 얻어진 기계적 강도 등의 우수한 물성을 갖는 고밀도 폴리에틸렌 중합체를 얻을 수 없었다.
- [0015] 또한, 촉매의 고유점도를 유지시킴으로써 용융 장력을 향상 시키는 방법이 제시되었으나, 이는 용융 유동성 저하를 개선하지 못해 고속 성형이 어려운 문제점이 있다.
- [0016] 상기 메탈로센 촉매의 문제점을 해결하기 위해 중합체의 주사슬에 곁가지로 LCB (Long chain branch, 장쇄분지)를 도입시키는 촉매를 이용하여 중합체의 용융 유동성을 개선시켰으나, 내충격성 등 기계적 물성이 통상의 메탈로센 촉매를 사용한 경우보다 현저히 낮은 문제점이 존재한다.
- [0017] 또한 다른 방안으로는 공단량체에 대한 반응성이 서로 다른 촉매를 이용하여 이점 (bimodal) 분자량 분포를 갖는 폴리올레핀을 제조하는 방법이 제시되어 있다. 그러나 이와 같은 방식으로 제조된 이점 분자량 분포를 갖는 폴리올레핀은 용융유동성은 향상되나, 서로 다른 분자량 분포를 가짐으로 인해 혼련성이 낮아진다. 따라서, 가공 후 균일한 물성을 갖는 제품을 얻기 어렵고 기계적 강도가 저하되는 문제점이 존재한다.
- [0018] 메탈로센 촉매를 이용하여 제조된 고밀도 폴리에틸렌 중합체의 기계적 특성과 용융 유동성을 개선하기 위해 많은 방법이 제시되고 있으나 대부분 선형 저밀도 폴리올레핀에 대한 해결 방법만이 제시 되었다. 또한 메탈로센은 공단량체의 농도가 감소 할수록 활성이 감소하는 경향을 나타내는 특성이 있어 고밀도 폴리올레핀 제조 시 활성이 낮아 경제적이지 못한 문제점이 존재한다.
- [0019] 저밀도 폴리올레핀 제조에서 우수한 활성과 가공성을 갖는 특징을 가지는 촉매라도 고밀도 폴리올레핀을 제조 할 때에는 활성이 낮아 비경제적이고, 특히 기상 공정에서는 미세입자가 많이 형성되어 안정적인 조업이 어려운 문제점이 발생한다.
- [0020] 기상 반응기에서는 활성이 중요한 인자인데, 활성이 낮음으로 인해 미세입자가 다량 형성 되고 이로 인해 정전기가 대량 발생하여 반응기 벽면에 붙어 열 전달을 방해하여 중합 온도를 낮추고 벽면에 붙어 있던 미세 입자가 계속하여 커져서 종래에는 생산을 중단하게 하는 문제가 발생하기 때문이다.
- [0021] 상기와 같은 문제점을 해결하고 기계적 강도와 용융유동성이 우수하고 활성이 높은 고밀도 폴리올레핀 중합체를 제조하기 위한 촉매가 끊임없이 요구 되고 있으며 이에 대한 개선이 필요한 상황이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0022] 본 발명은 상술한 문제점을 모두 해결하는 것을 목적으로 한다.
- [0023] 본 발명은 종래의 고밀도 에틸렌계 중합체에서 나타내지 못한 기계적 특성과 내화확성, 우수한 성형 가공성을 동시에 만족하는 고밀도 에틸렌계 중합체 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [0024] 본 발명의 또 다른 목적은 후술하는 혼성담지 메탈로센 촉매의 존재 하에 제조되는 고분자량체에 공단량체(comonomer) 함량이 높고 저분자량체에 공단량체 함량이 낮아 충격강도, 굴곡강도, 내응력균열성(ESCR), 용융장

력(melt tension)이 우수한 단일봉 분자량 분포를 갖는 고밀도 폴리에틸렌 중합체 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0025] 본 발명의 또 다른 목적은 단봉의 넓은 분자량 분포와 장쇄분지 구조를 가짐으로써 압출, 압축, 사출, 회전 성형 등의 가공시 부하가 적어 생산성이 우수한 고밀도 폴리에틸렌 중합체 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

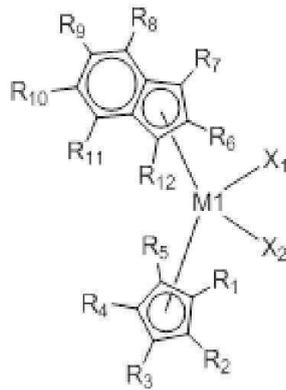
[0026] 상기한 바와 같은 본 발명의 목적을 달성하고, 후술하는 본 발명의 특징적인 효과를 실현하기 위한, 본 발명의 특징적인 구성은 하기와 같다.

[0027] 본 발명은 밀도가 0.930 내지 0.970 g/cm<sup>3</sup> 이며, 190 °C에서 MI가 0.1 내지 10 g/10min 이고, MFR이 35 내지 100 이고, 장쇄분지지표(Long chain branch index, LCBI)가 0.15 내지 0.40 이고, 고유점도(Intrinsic viscosity, [η])와 영점전단점도(zero shear viscosity, η<sub>0</sub>)의 관계가 하기 식을 만족한다.

$$1116.7e^{1.8917[\eta]} > \eta_0 > 66.45e^{2.7184[\eta]}$$

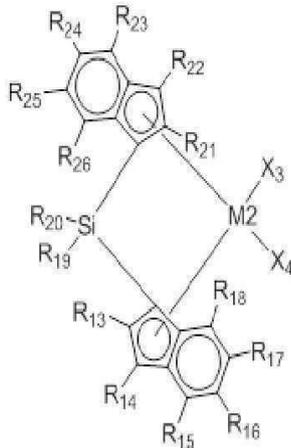
[0028] 본 발명은 하기 화학식 1로 표시되는 적어도 1종 이상의 제1메탈로센 화합물과 하기 화학식 2로 표시되는 적어도 1종 이상의 제2 메탈로센 화합물 및 적어도 1종 이상의 조촉매 화합물을 포함하는 혼성 담지 촉매의 존재 하에 제조되는 에틸렌계 중합체를 제공한다.

[0030] [화학식 1]



[0031] 상기 화학식 1에서, M1은 원소 주기율표의 4족 전이금속이며, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>는 각각 독립적으로 할로젠 원자 중 어느 하나이며, R<sub>1</sub> 내지 R<sub>12</sub>은 각각 독립적으로 수소 원자, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 10의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 7 내지 40의 알킬아릴기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며, R<sub>1</sub> 내지 R<sub>5</sub>와 결합하는 사이클로펜타디엔과 R<sub>6</sub> 내지 R<sub>12</sub>와 결합하는 인텐은 서로 다른 구조를 가지는 비대칭 구조이며, 상기 사이클로펜타디엔과 상기 인텐이 서로 연결되어 있지 않으므로 비다리 구조를 형성할 수 있다.

[0033] [화학식 2]



[0034]

[0035] 상기 화학식 2에서, M2은 원소 주기율표의 4족 전이금속이며, X<sub>3</sub>, X<sub>4</sub>는 각각 독립적으로 할로젠 원자, 탄소수 1 내지 20의 알킬기, 탄소수 2 내지 20의 알케닐기, 탄소수 2 내지 20의 알키닐기, 탄소수 6 내지 20의 아릴기, 탄소수 7 내지 40의 알킬아릴기, 탄소수 7 내지 40의 아릴알킬기, 탄소수 1 내지 20의 알킬아미도기, 탄소수 6 내지 20의 아릴아미도기 또는 탄소수 1 상기 화학식 2에서, M2은 원소 주기율표의 4족 전이금속이며, X<sub>3</sub>, X<sub>4</sub>는 각각 독립적으로 할로젠 원자 중 어느하나이며, R<sub>13</sub> 내지 R<sub>18</sub>은 각각 독립적으로 수소 원자, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 10의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 7 내지 40의 알킬아릴기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며, R<sub>21</sub> 내지 R<sub>26</sub>은 각각 독립적으로 수소 원자, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 10의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 7 내지 40의 알킬아릴기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며, R<sub>19</sub>, R<sub>20</sub>은 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 20의 알킬기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며, R<sub>13</sub> 내지 R<sub>18</sub>과 결합하는 인텐과 R<sub>21</sub> 내지 R<sub>26</sub>과 결합하는 인텐은 서로 같은 구조이거나 다른 구조일 수 있으며, 상기 R<sub>13</sub> 내지 R<sub>18</sub>과 결합하는 인텐과 R<sub>21</sub> 내지 R<sub>26</sub>과 결합하는 인텐은 서로 Si과 연결되어 있으므로 다리구조를 형성할 수 있다.

**발명의 효과**

[0036] 본 발명에서 혼성 담지 메탈로센 촉매의 존재 하에 제조된 고밀도 에틸렌계 중합체는 용융유동성이 우수하면서도 충격강도, 굴곡강도, 내환경응력균열성, 용융 장력이 우수한 특성을 가진다.

**도면의 간단한 설명**

[0037] 도 1은 실시예 및 비교예에 따른 고유점도(Intrinsic viscosity)와 영점전단점도(Zero shear viscosity)의 관계를 나타낸 그래프이다.

도 2는 실시예 및 비교예에 따른 영점전단점도(Zero shear viscosity)와 MI의 관계를 나타낸 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

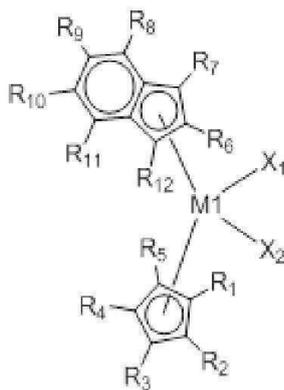
[0038] 후술하는 본 발명에 대한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예에 관련하여 본 발명의 기술적 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다.

[0039] 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다.

[0040] 또한, 본 발명에서는 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다.

- [0041] 이하, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 바람직한 실시예들에 관하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0042] 본 발명은 혼성 담지 메탈로센 촉매의 존재 하에 중합되는 고밀도 에틸렌계 중합체를 포함한다.
- [0043] 여기서 중합체(polymer)는 공중합체(copolymer)를 포함하는 개념이다.
- [0044] 본 발명의 혼성 담지 메탈로센 촉매는 각각 독립적으로 적어도 1종 이상의 제1 및 2 메탈로센 화합물과 적어도 1종 이상의 조촉매 화합물을 포함한다.
- [0045] 본 발명에 따른 전이금속 화합물인 제1메탈로센 화합물은 하기 화학식 1과 같이 나타낼 수 있다.
- [0046] 제1메탈로센 화합물은 혼성 담지 촉매에서 높은 활성을 나타내는 역할을 하며, 제조된 중합체의 용융유동성을 향상 시키는 역할을 한다.
- [0047] 상기 제1메탈로센 화합물은 공단량체(comonomer)의 혼입도가 낮고 저분자량체를 형성하는 특징을 가지고 있어 중합체의 가공성 향상을 향상을 시킨다.
- [0048] 또한, 공단량체의 혼입이 낮음으로 인해 고밀도가 형성되고 고밀도 제조시에도 높은 활성을 나타낸다.
- [0049] 상기 제1메탈로센 화합물은 서로 다른 리간드를 가지는 비대칭 구조와 비다리 구조를 가지므로 인해 공단량체가 촉매 활성점으로 접근하기 어려운 입체장애를 형성하여 공단량체의 혼입을 낮추는 역할을 하며 혼성 담지 메탈로센 제조시 가공성과 높은 촉매 활성을 나타내게 한다.

**화학식 1**

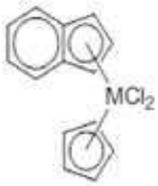


- [0050]
- [0051] 상기 화학식 1에서, M1은 원소 주기율표의 4족 전이금속이며, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>는 각각 독립적으로 할로겐 원자 중 어느 하나이며, R<sub>1</sub> 내지 R<sub>12</sub>는 각각 독립적으로 수소 원자, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 10의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아릴기, 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 7 내지 40의 알킬아릴기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며, R<sub>1</sub> 내지 R<sub>5</sub>와 결합하는 사이클로펜타디엔과 R<sub>6</sub> 내지 R<sub>12</sub>와 결합하는 인텐은 서로 다른 구조를 가지는 비대칭 구조이며, 상기 사이클로펜타디엔과 상기 인텐이 서로 연결되어 있지 않으므로 비다리 구조를 형성할 수 있다.
- [0052] 본 발명에서 상기 화학식 1의 R<sub>1</sub> 내지 R<sub>5</sub>와 결합하는 사이클로펜타디엔과 R<sub>6</sub> 내지 R<sub>12</sub>와 결합하는 인텐 및 하기의 화학식 2의 R<sub>13</sub> 내지 R<sub>18</sub>과 결합하는 인텐과 R<sub>21</sub> 내지 R<sub>26</sub>과 결합하는 인텐과 같이 전이금속(화학식 1 및 2의 M1 및 M2)과 배위결합하고 있는 이온 또는 분자를 리간드(ligand)라 한다.
- [0053] 본 발명에서, 상기 "치환"은 특별한 언급이 없는 한, 수소 원자가 할로겐 원자, 탄소수 1 내지 20의 탄화수소기, 탄소수 1 내지 20의 알콕시기, 탄소수 6 내지 20의 아릴옥시기 등의 치환기로 치환된 것을 의미한다.
- [0054] 또한, 상기 "탄화수소기"는 특별한 언급이 없는 한, 선형, 분지형 또는 환형의 포화 또는 불포화 탄화수소기를 의미하고, 상기 알킬기, 알케닐기, 알킬닐기 등은 선형, 분지형 또는 환형일 수 있다.

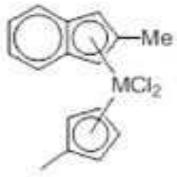
[0055]

구체예에서, 상기 화학식 1로 표시되는 전이금속 화합물의 예로는 하기 구조의 전이금속 화합물, 이들의 혼합물 등을 예시할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

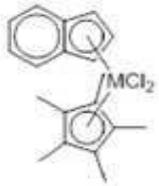
[화학식 1-1]



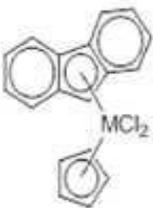
[화학식 1-5]



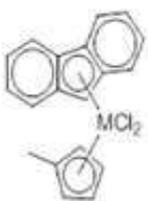
[화학식 1-9]



[화학식 1-13]



[화학식 1-17]



[0057]

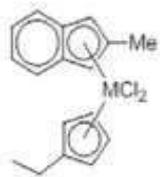
[0058]

상기 전이금속 화합물에서, M은 원소 주기율표의 4족 전이금속, 예를 들면, 하프늄(Hf), 지르코늄(Zr), 티타늄

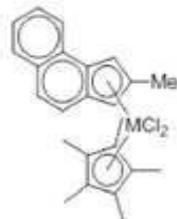
[화학식 1-2]



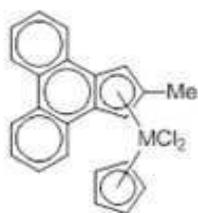
[화학식 1-6]



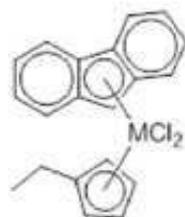
[화학식 1-10]



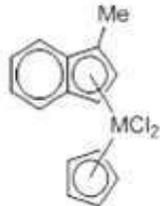
[화학식 1-14]



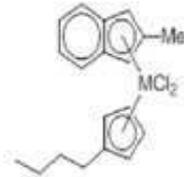
[화학식 1-18]



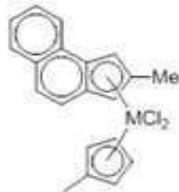
[화학식 1-3]



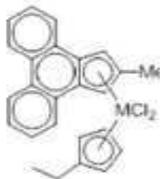
[화학식 1-7]



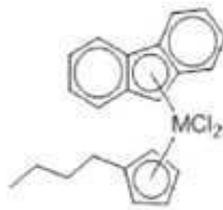
[화학식 1-11]



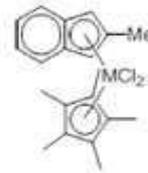
[화학식 1-15]



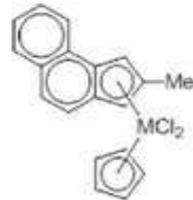
[화학식 1-19]



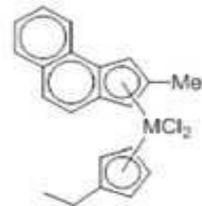
[화학식 1-4]



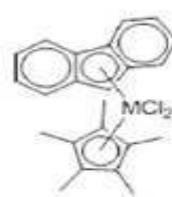
[화학식 1-8]



[화학식 1-12]



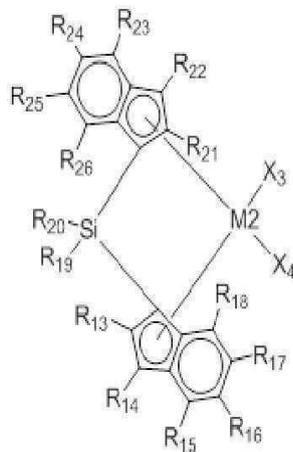
[화학식 1-16]



(Ti) 등이며, Me는 메틸기이다.

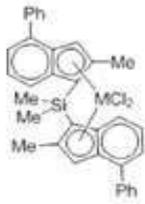
- [0059] 본 발명에 따른 전이금속 화합물인 제2메탈로센 화합물은 하기의 화학식 2와 같이 나타낼 수 있다.
- [0060] 제2메탈로센 화합물은 혼성 담지 촉매에서 높은 공단량체 혼입도를 나타내는 역할을 하며, 제조된 중합체의 기계적 물성을 향상 시키는 역할을 한다.
- [0061] 상기 제2메탈로센 화합물은 공단량체의 혼입도가 높고 고분자량체를 형성하며, 고분자량체에 공단량체의 분포를 집중시키는 특징을 가지고 있어서 충격강도, 굴곡강도, 내환경응력균열성, 용융장력을 향상시킨다. 또한 제2 메탈로센 화합물은 장쇄분지 구조를 형성하여 높은 분자량의 고밀도 폴리에틸렌 수지의 용융 유동성을 향상시킨다.
- [0062] 상기 제2메탈로센 화합물은 여러 가지 리간드를 가지는 대칭 구조 또는 비대칭 구조와 다리 구조를 가짐으로 인해 공단량체가 촉매 활성점으로 접근하기 쉽게 입체장애를 형성하여 공단량체의 혼입을 증가 시키는 역할을 한다.

**화학식 2**

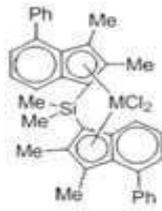


- [0063]
- [0064] 상기 화학식 2에서, M2은 원소 주기율표의 4족 전이금속이며, X3, X4는 각각 독립적으로 할로젠 원자 중 어느 하나이며, R13 내지 R18은 각각 독립적으로 수소 원자, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 10의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아릴기, 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 7 내지 40의 알킬아릴기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며, R21 내지 R26은 각각 독립적으로 수소 원자, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 10의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아릴기, 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 7 내지 40의 알킬아릴기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며, R19, R20은 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 20의 알킬기이고, 서로 연결되어 고리를 형성할 수 있으며, R13 내지 R18과 결합하는 인텐과 R21 내지 R26과 결합하는 인텐은 서로 같은 구조이거나 다른 구조일 수 있으며, 상기 R13 내지 R18과 결합하는 인텐과 R21 내지 R26과 결합하는 인텐은 서로 Si과 연결되어 있으므로 다리구조를 형성할 수 있다.
- [0065] 본 발명에서, 상기 "치환"은 특별한 언급이 없는 한, 수소 원자가 할로젠 원자, 탄소수 1 내지 20의 탄화수소기, 탄소수 1 내지 20의 알콕시기, 탄소수 6 내지 20의 아릴옥시기 등의 치환기로 치환된 것을 의미한다. 또한, 상기 "탄화수소기"는 특별한 언급이 없는 한, 선형, 분지형 또는 환형의 포화 또는 불포화 탄화수소기를 의미하고, 상기 알킬기, 알케닐기, 알키닐기 등은 선형, 분지형 또는 환형일 수 있다.
- [0066] 구체 예에서, 상기 화학식 2로 표시되는 전이금속 화합물의 예로는 하기 구조의 전이금속 화합물, 이들의 혼합물 등을 예시할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

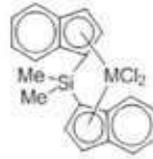
[화학식 2-1]



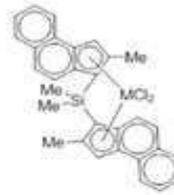
[화학식 2-2]



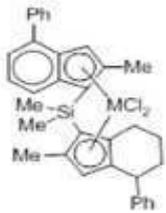
[화학식 2-3]



[화학식 2-4]



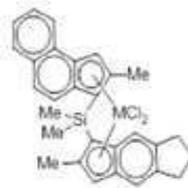
[화학식 2-5]



[화학식 2-6]



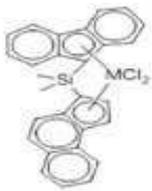
[화학식 2-7]



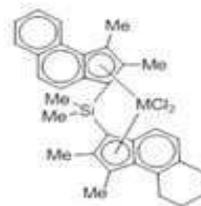
[화학식 2-8]



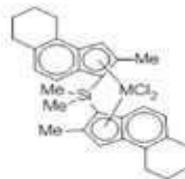
[화학식 2-9]



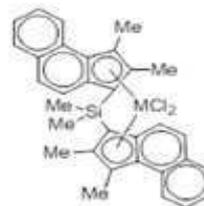
[화학식 2-10]



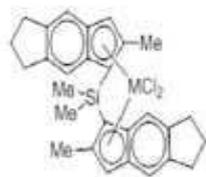
[화학식 2-11]



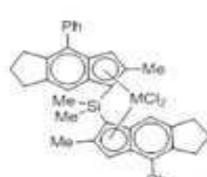
[화학식 2-12]



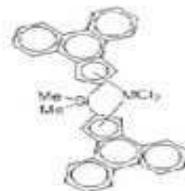
[화학식 2-13]



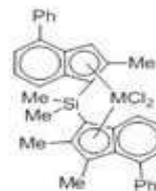
[화학식 2-14]



[화학식 2-15]

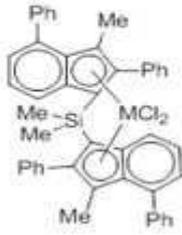


[화학식 2-16]

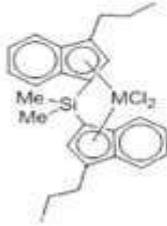


[0067]

[화학식 2-17]



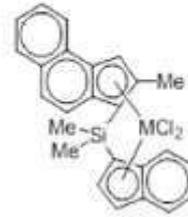
[화학식 2-18]



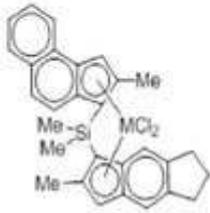
[화학식 2-19]



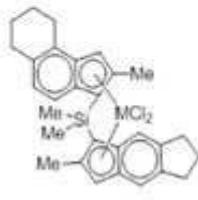
[화학식 2-20]



[화학식 2-21]



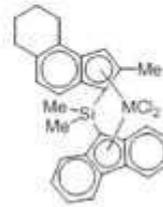
[화학식 2-22]



[화학식 2-23]



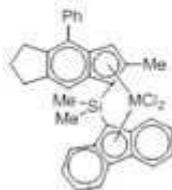
[화학식 2-24]



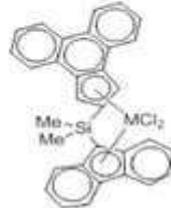
[화학식 2-25]



[화학식 2-26]



[화학식 2-27]



[0068]

[0069]

상기 전이금속 화합물에서, M은 원소 주기율표의 4족 전이금속, 예를 들면, 하프늄(Hf), 지르코늄(Zr), 티타늄(Ti) 등이며, Me는 메틸기, Ph는 페닐기이다.

[0070]

본 발명에 따른 촉매 조성물은 상기 전이금속 화합물, 및 하기 화학식 3 내지 6으로 표시되는 화합물로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 1종 이상의 화합물을 포함하는 조촉매 화합물을 포함할 수 있다.

**화학식 3**

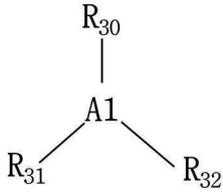


[0071]

[0072]

상기 화학식 3에서, AL은 알루미늄이며, R<sub>27</sub>, R<sub>28</sub> 및 R<sub>29</sub>는 각각 독립적으로 할로젠 원자, 탄소수 1 내지 20의 탄화수소기 또는 탄소수 1 내지 20의 할로젠으로 치환된 탄화수소기이며, a는 2 이상의 정수로 상기 화학식 3은 반복단위 구조를 가지는 화합물이다.

화학식 4

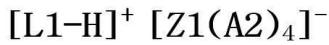


[0073]

[0074]

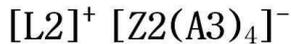
상기 화학식 4에서, A1는 알루미늄 또는 보론이며, R<sub>30</sub>, R<sub>31</sub> 및 R<sub>32</sub>는 각각 독립적으로 할로겐 원자, 탄소수 1 내지 20의 탄화수소기, 탄소수 1 내지 20의 할로겐으로 치환된 탄화수소기 또는 탄소수 1 내지 20의 알콕시이다.

화학식 5



[0075]

화학식 6



[0076]

[0077]

상기 화학식 5 및 6에서, L1 및 L2는 중성 또는 양이온성 루이스 산이며, Z1 및 Z2는 원소 주기율표의 13족 원소이며, A2 및 A3는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 20의 아릴기 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 20의 알킬기이다.

[0078]

상기 화학식 3으로 표시되는 화합물은 알루미늄녹산이며, 통상의 알킬알루미늄녹산이라면 특별히 한정되지 않는다. 예를 들면, 메틸알루미늄녹산, 에틸알루미늄녹산, 이소부틸알루미늄녹산, 부틸알루미늄녹산 등을 사용할 수 있으며, 구체적으로 메틸알루미늄녹산을 사용할 수 있다. 상기 알킬알루미늄녹산은 트리알킬알루미늄에 적량의 물을 첨가하거나, 물을 포함하는 탄화수소 화합물 또는 무기 수화물 염과 트리알킬알루미늄을 반응시키는 등의 통상의 방법으로 제조할 수 있으며, 일반적으로 선상과 환상의 알루미늄녹산이 혼합된 형태로 얻어진다.

[0079]

상기 화학식 4로 표시되는 화합물로는 예를 들면, 통상의 알킬 금속 화합물을 사용할 수 있다. 구체적으로, 트리메틸알루미늄, 트리에틸알루미늄, 트리이소부틸알루미늄, 트리프로필알루미늄, 트리부틸알루미늄, 디메틸클로로알루미늄, 트리아이소프로필알루미늄, 트리아이소옥틸알루미늄, 트리헥실알루미늄, 트리아이소옥틸알루미늄, 에틸디메틸알루미늄, 메틸디에틸알루미늄, 트리페닐알루미늄, 트리-p-톨릴알루미늄, 디메틸알루미늄메톡시드, 디메틸알루미늄에톡시드, 트리메틸보론, 트리에틸보론, 트리이소부틸보론, 트리프로필보론, 트리부틸보론, 트리펜타플루오로페닐보론 등을 사용할 수 있고, 더욱 구체적으로 트리메틸알루미늄, 트리이소부틸알루미늄, 트리펜타플루오로페닐보론 등을 사용할 수 있다.

[0080]

상기 화학식 5 또는 6으로 표시되는 화합물의 예로는 메틸디옥타데실암모늄테트라키스(펜타플루오로페닐)보레이트, 트리메틸암모늄 테트라키스(페닐)보레이트, 트리에틸암모늄 테트라키스(페닐)보레이트, 트리프로필암모늄 테트라키스(페닐)보레이트, 트리부틸암모늄 테트라키스(페닐)보레이트, 트리메틸암모늄 테트라키스(p-톨릴)보레이트, 트리프로필암모늄 테트라키스(p-톨릴)보레이트, 트리메틸암모늄 테트라키스(o,p-디메틸페닐)보레이트, 트리에틸암모늄 테트라키스(o,p-디메틸페닐)보레이트, 트리메틸암모늄 테트라키스(p-트리플루오로메틸페닐)보레이트, 트리부틸암모늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)보레이트, 디에틸암모늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)보레이트, 트리페닐포스포늄 테트라키스(페닐)보레이트, 트리메틸포스포늄 테트라키스(페닐)보레이트, N,N-디에틸아닐리늄 테트라키스(페닐)보레이트, N,N-디메틸아닐리늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)보레이트, N,N-디에틸아닐리늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)보레이트, 트리페닐카보늄 테트라키스(p-트리플루오로메틸페닐)보레이트, 트리페닐카보늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)보레

이트, 트리메틸암모늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, 트리에틸암모늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, 트리프로필암모늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, 트리부틸암모늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, 트리메틸암모늄 테트라키스(p-톨릴)알루미늄에이트, 트리프로필암모늄 테트라키스(p-톨릴)알루미늄에이트, 트리에틸암모늄 테트라키스(o,p-디메틸페닐)알루미늄에이트, 트리부틸암모늄 테트라키스(p-트리플루오로메틸페닐)알루미늄에이트, 트리메틸암모늄 테트라키스(p-트리플루오로메틸페닐)알루미늄에이트, 트리부틸암모늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)알루미늄에이트, N,N-디에틸아닐리늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, N,N-디에틸아닐리늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, N,N-디에틸아닐리늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)알루미늄에이트, 디에틸암모늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)알루미늄에이트, 트리페닐포스포늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, 트리메틸포스포늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, 트리에틸암모늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트, 트리부틸암모늄 테트라키스(페닐)알루미늄에이트 등을 예시할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 구체적으로, 메틸디옥타데실암모늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)보레이트( $[\text{HNMe}(\text{C}_{18}\text{H}_{37})_2] + [\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_4]^-$ ), N,N-디메틸아닐리늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)보레이트, 트리페닐카보늄 테트라키스(펜타플루오로페닐)보레이트 등을 사용할 수 있다.

- [0081] 본 발명에 따른 혼성 담지 메탈로센 촉매 제조에 있어서 상기 제1 및 제2 메탈로센 화합물의 전이금속(상기 화학식 1의 M1 및 상기 화학식 2의 M2) 대 담체의 질량비는 1:1 내지 1:1000이 바람직하다. 바람직하게는 1:100 내지 1:500 일 수 있다. 상기 질량비로 담체 및 메탈로센 화합물을 포함할 때, 적절한 담지 촉매 활성을 나타내어 촉매의 활성 유지 및 경제성에서 유리하다.
- [0082] 또한 화학식 5, 6으로 대표되는 조촉매 화합물 대 담체의 질량비는 1:20 내지 20:1인 것이 바람직하고, 화학식 3, 4의 조촉매 화합물 대 담체의 질량비는 1:100 내지 100:1인 것이 바람직하다.
- [0083] 상기 제1메탈로센 화합물 대 상기 제2메탈로센 화합물의 질량비는 1:100 내지 100:1인 것이 바람직하다. 상기 질량비로 조촉매 및 메탈로센 화합물을 포함할 때 촉매의 활성 유지 및 경제성에서 유리하다.
- [0084] 본 발명에 따른 혼성 담지 메탈로센 촉매 제조에 적합한 담체는 넓은 표면적을 지닌 다공성 물질을 사용할 수 있다.
- [0085] 상기 제1 및 2메탈로센 화합물 및 조촉매 화합물은 담체에 혼성 담지하여 촉매로 이용하는 담지 촉매일 수 있다. 담지 촉매는 촉매 활성 향상과 안정성 유지를 위하여 분산이 잘 되고 안정적으로 유지하기 위해 담체에 담지한 촉매를 의미한다.
- [0086] 혼성 담지하는 것은 제1 및 제2메탈로센 화합물을 각각 담체에 담지하는 것이 아니라, 한 번의 과정으로 담체에 촉매화합물을 담지시키는 것을 말한다. 혼성 담지는 제조시간의 단축과 용매 사용량의 감소로 각각 담지하는 것에 비해 훨씬 경제적이라 할 수 있다.
- [0087] 이 때, 담체는 촉매 기능을 지닌 물질을 분산시켜서, 안정하게 담아 유지하는 고체이며, 촉매 기능 물질의 노출 표면적이 커지도록 고도로 분산시켜 담지하기 위해서, 보통 다공성이나 면적이 큰 물질이다. 담체는 기계적, 열적, 화학적으로 안정하여야 하며, 그 예로 담체의 예로는 실리카, 알루미늄, 산화티탄, 제올라이트, 산화아연 전분, 합성폴리머 등을 포함하나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0088] 또한, 담체의 평균입도는 10 내지 250 마이크로, 바람직하게는 평균 입도가 10 내지 150 마이크로, 보다 바람직하게는 20 내지 100 마이크로일 수 있다.
- [0089] 그리고, 담체의 미세기공 부피는 0.1 내지 10 cc/g일 수 있고, 바람직하게는 0.5 내지 5cc/g, 보다 바람직하게는 1.0 내지 3.0 cc/g 일 수 있다.
- [0090] 아울러, 담체의 비표면적은 1 내지 1000 m<sup>2</sup>/g 일 수 있으며, 바람직하게는 100 내지 800 m<sup>2</sup>/g 보다 바람직하게는 200 내지 600 m<sup>2</sup>/g일 수 있다.
- [0091] 또한, 담체가 실리카일 경우, 실리카는 건조 온도는 200 내지 900 °C일 수 있다. 바람직하게는 300 내지 800 °C, 보다 바람직하게는 400 내지 700 °C일 수 있다. 200 °C 미만인 경우에는 수분이 너무 많아서 표면의 수분과 조촉매가 반응하게 되고 900 °C를 초과하게 되면 담체의 구조 붕괴가 이루어진다.
- [0092] 그리고, 건조된 실리카 내의 히드록시기의 농도는 0.1 내지 5 mmol/g일 수 있고, 바람직하게는 0.7 내지 4 mmol/g일 수 있으며, 보다 바람직하게는 1.0 내지 2 mmol/g이 바람직하다. 0.5 mmol/g 미만이면 조촉매의 담지량이 낮아지며 5 mmol/g을 초과하면 촉매 성분이 불활성화 되어 바람직하지 않다.
- [0093] 본 발명에 따른 혼성 담지 메탈로센 촉매는 메탈로센 촉매를 활성화 시키는 단계, 활성화된 메탈로센 촉매를 담

체에 담지하는 단계로 제조 할 수 있다. 혼성 담지 메탈로센 제조에 있어서 조촉매를 담체에 먼저 담지 시킬 수 있다. 메탈로센 촉매의 활성화는 각각 진행 할 수도 있으며 상황에 따라 달리 할 수 있다. 즉 제1메탈로센 화합물과 제2메탈로센 화합물을 혼합하여 활성화 시킨 후 담체에 담지 할 수도 있으며, 담체에 조촉매 화합물을 먼저 담지 한 후 제1, 2 메탈로센 화합물을 나중에 담지 할 수 있다.

- [0094] 혼성 담지 메탈로센 촉매의 제조시 반응의 용매는 헥산, 펜탄과 같은 지방족 탄화수소 용매, 톨루엔, 벤젠과 같은 방향족 탄화 수소 용매, 티클로로메탄과 같은 염소원자로 치환된 탄화수소 용매, 디에틸에테르, 테트라히드로퓨란과 같은 에테르계 용매, 아세톤, 에틸아세테이트 등의 대부분의 유기용매가 사용 가능하며 바람직하게는 톨루엔, 헥산이 바람직하나, 이에 제한되지 않는다.
- [0095] 촉매의 제조 시 반응온도는 0 내지 100 °C이며, 바람직하게는 25 내지 70 °C이나, 이에 제한되지 않는다.
- [0096] 또한, 촉매의 제조 시 반응시간은 3분 내지 48시간이며, 바람직하게는 5분 내지 24시간이나 이에 제한되지 않는다.
- [0097] 제1 및 제2메탈로센 화합물의 활성화는 조촉매 화합물을 혼합(접촉)하여 제조할 수 있다. 이 때 혼합은, 통상적으로 질소 또는 아르곤의 불활성 분위기 하에서, 용매를 사용하지 않거나, 탄화수소 용매 존재 하에 수행될 수 있다.
- [0098] 또한, 제1 및 제2메탈로센 화합물의 활성화 시 온도는 0 내지 100 °C, 바람직하게는 10 내지 30 °C일 수 있다.
- [0099] 그리고, 제1 및 제2메탈로센 화합물을 조촉매 화합물로 활성화 시 교반 시간은 5분 내지 24시간일 수 있으며, 바람직하게는 30분 내지 3시간 일 수 있다.
- [0100] 이 제1 및 제2메탈로센 화합물은 탄화수소 용매 등에 균일하게 용해된 용액 상태의 촉매 조성물을 그대로 사용되거나, 침전반응을 이용하여 용매를 제거시키고 20 내지 200 °C에서 1시간 내지 48시간 동안 진공건조하여 고체 분말 상태로 사용될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0101] 본 발명에 따른 고밀도 에틸렌계 중합체의 제조방법은 혼성 담지 메탈로센 촉매와 하나 이상의 올레핀 단량체를 접촉시켜 폴리올레핀 단일 중합체 또는 에틸렌계 공중합체를 제조하는 단계를 포함한다.
- [0102] 본 발명의 고밀도 에틸렌계 중합체의 제조방법(중합 반응)은 오토클레이브 반응기를 이용하는 슬러리 상태 또는 기상 중합 반응기를 이용하는 기상 상태로 중합 반응할 수 있다. 또한, 각각의 중합 반응 조건은, 중합 방법(슬러리 중합, 기상중합) 목적하는 중합결과 또는 중합체의 형태에 따라 다양하게 변형될 수 있다. 그의 변형 정도는 당업자에 의해 용이하게 수행될 수 있다.
- [0103] 이 때, 중합이 액상 또는 슬러리상에서 실시되는 경우, 용매 또는 올레핀 자체를 매질로 사용할 수 있다. 용매로는 프로판, 부탄, 펜탄, 헥산, 옥탄, 데칸, 도데칸, 시클로펜탄, 메틸시클로펜탄, 시클로헥산, 메틸시클로헥산, 벤젠, 톨루엔, 자일렌, 디클로로메탄, 클로로에탄, 디클로로에탄, 클로로벤젠 등을 예시할 수 있으며, 이들 용매를 일정한 비율로 섞어 사용할 수도 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0104] 구체예에서, 올레핀 단량체로는 에틸렌, α-올레핀류, 환상 올레핀류, 디엔류, 트리엔(trienes)류, 스티렌(styrenes)류 등을 예시할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [0105] 상기 α-올레핀류는 탄소수 3 내지 12, 예를 들면 3 내지 8의 지방족 올레핀을 포함하며, 구체적으로는 프로필렌, 1-부텐, 1-펜텐, 3-메틸-1-부텐, 1-헥센, 4-메틸-1-펜텐, 3-메틸-1-펜텐, 1-헥센, 1-헵텐, 1-옥텐, 1-데센(1-decene), 1-운데센, 1-도데센, 1-테트라데센, 1-헥사데센, 1-아이토센, 4,4-디메틸-1-펜텐, 4,4-디에틸-1-헥센 및 3,4-디메틸-1-헥센 등을 예시할 수 있다.
- [0106] 상기 α-올레핀류는 단독 중합되거나, 2종 이상의 올레핀이 교대(alternating), 랜덤(random), 또는 블록(block) 공중합될 수도 있다. 상기 α-올레핀류의 공중합은 에틸렌과 탄소수 3 내지 12, 예를 들면, 3 내지 8의 α-올레핀의 공중합(구체적으로, 에틸렌과 프로필렌, 에틸렌과 1-부텐, 에틸렌과 1-헥센, 에틸렌과 4-메틸-1-펜텐, 에틸렌과 1-옥텐 등) 및 프로필렌과 탄소수 4 내지 12, 예를 들면 탄소수 4 내지 8의 α-올레핀의 공중합(구체적으로, 프로필렌과 1-부텐, 프로필렌과 4-메틸-1-펜텐, 프로필렌과 4-메틸-1-부텐, 프로필렌과 1-헥센, 프로필렌과 1-옥텐 등)을 포함한다. 에틸렌 또는 프로필렌과 다른 α-올레핀의 공중합에서, 다른 α-올레핀의 양은 전체 모노머의 99 몰% 이하일 수 있으며, 바람직하게는 에틸렌 공중합체의 경우, 80 몰% 이하일 수 있다.
- [0107] 이 때, 올레핀 단량체의 바람직한 예로는, 에틸렌, 프로필렌, 1-부텐, 1-헥센, 1-옥텐, 1-데센, 이들의 혼합물을 예시할 수 있으나 이에 한정되지 않는다.

- [0108] 본 발명의 고밀도 에틸렌계 중합체의 제조방법에 있어서, 촉매 조성물의 사용량은 특별히 한정되지 않으나, 예를 들면, 중합되는 반응계 내에서 화학식 1과 2로 표시되는 전이금속 화합물의 중심 금속(M, 4족 전이금속) 농도가  $1 * 10^{-5}$  내지  $9 * 10^{-5}$  mol/l일 수 있다.
- [0109] 중심 금속 농도는 촉매의 활성과 고밀도 에틸렌계 중합체의 물성에 영향을 준다. 제1메탈로센 화합물이 전술한 중심 금속 농도의 수치범위를 초과하면 활성은 증가하나 수지의 기계적 물성은 저하되고, 이 수치범위보다 낮으면 활성이 감소하고, 가공성 역시 감소하므로, 기계적 물성은 증가하나 활성 등 다른 물성이 낮아서 비경제적이며, 기상 반응기에서 정전기 발생이 증가하여 안정적인 조업이 불가능하다.
- [0110] 또한, 제2메탈로센 화합물의 중심 금속 농도가 상기 수치범위를 초과하면 활성이 감소하며, 기계적 물성은 증가하나 가공성이 떨어질 수 있고, 상기 수치범위 미만이면 활성은 증가하나, 기계적 물성이 감소하는 문제점이 있다.
- [0111] 또한, 중합 시 온도 및 압력은 반응 물질, 반응 조건 등에 따라 변할 수 있기 때문에 특별히 한정되지 않지만, 중합 온도는 용액 중합의 경우, 0 내지 200 °C, 바람직하게는 100 내지 180 °C일 수 있고, 슬러리 또는 기상중합의 경우, 0 내지 120 °C, 바람직하게는 60 내지 100 °C일 수 있다.
- [0112] 또한, 중합 압력은 1 내지 150 bar, 바람직하게는 30 내지 90 bar일 수 있으며, 보다 바람직하게는 10 내지 20 bar 일 수 있다. 압력은 올레핀 단량체 가스(예를 들면, 에틸렌 가스)의 주입에 의한 것일 수 있다.
- [0113] 예를 들면, 중합은 배치식(예로, 오토클레이브 반응기), 반연속식 또는 연속식(예로, 기상중합반응기)으로 수행될 수 있고, 상이한 반응 조건을 갖는 둘 이상의 단계로도 수행될 수 있으며, 최종 중합체의 분자량은 중합 온도를 변화시키거나, 반응기 내에 수소를 주입하는 방법으로 조절할 수 있다.
- [0114] 본 발명에 따른 고밀도 에틸렌계 중합체는 혼성 담지 메탈로센 화합물을 촉매로 사용하여, 에틸렌 단일 중합 또는 에틸렌과 알파올레핀과의 공중합으로 얻을 수 있으며, 단일봉의 분자량 분포(unimodal distribution)를 가진다.
- [0115] 이하 본 발명에 관한 고밀도 에틸렌계 중합체에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0116] 본 발명의 고밀도 에틸렌계 중합체는 0.930 내지 0.970 g/cm<sup>3</sup>의 밀도를 가질 수 있고, 보다 바람직하게는 0.950 내지 0.965 g/cm<sup>3</sup> 일 수 있다. 중합체의 밀도가 0.930 g/cm<sup>3</sup> 이하이면, 충분히 높은 강인성을 나타낼 수가 없다. 중합체의 밀도가 0.970 g/cm<sup>3</sup> 이상이면, 결정화도가 너무 커지고, 성형체가 취성 파괴되기 쉬워지기 때문에 바람직하지 못하다.
- [0117] 일반적으로 MI(용융지수)가 커지면 성형성은 향상 되지만, 내충격성은 악화된다. 반대로, MI를 낮게 하면 내충격성 및 내화학성은 향상되지만 용융 유동성이 악화되어 성형성이 크게 저하된다.
- [0118] 이러한 이유로 인해 성형성을 향상시키기 위해 MI를 크게 할 경우에는 통상 공중합을 통해 단쇄 분지 구조를 형성(밀도 저하)하게 하여 내충격성 악화를 방지하는 방법을 사용한다. 그러나 이와 같은 에틸렌계 중합체의 밀도 저하는 중합체의 강인성의 악화를 초래하기 때문에 밀도 저하에 의한 내충격성 보완 방법에는 한계가 있다.
- [0119] 본 발명에서 말하는 용융유동성이란 주로 용융 수지를 압출기로부터 압출시의 압출 부하에 대응하는 것으로서, 사출성형성(성형가공성)과 밀접한 관계(비례)가 있다. 이와 같은 용융 유동성의 표준이 되는 지표로서는 MI, MFI, MFR 등이 사용된다. 본 발명에서 MI(용융지수)란 190 °C에서 2.16 kg 하중에서의 흐름성을 나타내고, MFI란 190 °C에서 21.6 kg 하중에서의 흐름성을 나타낸다. MFR은 MI와 MFI의 비, 즉 MFI/MI를 나타낸다.
- [0120] 본 발명의 고밀도 에틸렌계 중합체의 MI는 0.1 내지 10 g/10min일 수 있고, 바람직하게는 0.5 내지 10 g/10min 일 수 있다. MI가 0.1 g/10min 미만이면 사출 성형 재료로 사용될 때 성형 가공성이 크게 저하되고, 사출 제품의 외관이 불량해 진다. MI가 10 g/10min보다 매우 크게 되면 내충격성이 크게 낮아지게 된다.
- [0121] 본 발명의 고밀도 폴리에틸렌 중합체는 종래의 고밀도 폴리에틸렌 중합체와 달리 상기와 같이 낮은 MI를 가지고 있어 우수한 내충격성 및 내화학성을 나타냄과 동시에 넓은 분자량 분포와 장쇄분지를 가지고 있어 우수한 사출 성형성을 함께 나타낼 수 있는 것에 그 특징이 있다.
- [0122] 본 발명의 고밀도 에틸렌계 중합체의 MFR은 35 내지 100 일 수 있으며, 보다 바람직하게는 37 내지 80이다. MFR이 35 미만이면 사출 성형 재료로 사용될 때 성형 가공성이 크게 저하되고 MFR이 100를 초과하면 기계적 물성이

저하된다.

[0123] 도 1에서는 x-축의 고유점도(Intrinsic viscosity, dl/g)에 따른 y-축 영점전단점도(zero shear viscosity, Pa.s)그래프를 도시하고 있는데, 고유점도와 영점전단점도의 관계는 유동성과 관련된 것으로, Mark-Houwink 그래프에 따라 동일 고유점도에서 높은 영점전단점도를 가질수록 고분자의 장쇄분지(LCB, Long Chain Branch)를 더 많이 포함하고 있음을 보여준다.

[0124] 도 1에서도 동일한 고유점도 값에서 비교예(1 내지 12)에 비해 실시예(1 내지 7)가 더 높은 영점전단점도를 가지고 있음을 확인할 수 있으며 이를 통해 본 발명에 따른 실시예는 고분자에 많은 수의 장쇄분지를 포함하고 있음을 알 수 있다.

[0125] 이 때, 고유점도(Intrinsic viscosity)란, 용질입자 사이의 상호작용이 없는 극한점성도를 나타낸 것으로, 비점성도를 용액의 농도로 나눈 값 중 용액의 농도를 0으로 외삽한 값을 의미하며, 비점성도는 (용액의 점도 - 순용매의 점도)/(순용매의 점도)로 나타낼 수 있다. 무한히 묽은 용액에서는 용질 분자간의 상호작용은 무시되기 때문에, 고유점도는 용질 분자 단독의 크기, 즉 분자량과 밀접한 관계가 있다.

[0126] 장쇄분지(LCB, Long Chain Branch)는 고분자 사이의 빈 공간을 채워주는 물리적 효과를 유발하기 때문에, 일반적으로 용융 고분자의 점도와 탄성에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 고분자 사슬 내 장쇄분지가 증가하여 고분자 사슬의 얽힘이 강해지는 경우엔 동일 분자량에서의 고유점도(Intrinsic viscosity)가 낮아지게 된다.

[0127] 본 발명의 일 실시예에 따른 고유점도는 1.1 내지 2.0 dL/g일 수 있고, 영점전단점도는 1000 내지 100,000 Pa.s 일 수 있으며, 고유점도(Intrinsic viscosity, dl/g)와 영점전단점도(zero shear viscosity, Pa.s)의 관계는 하기와 같이 식 1로 표현될 수 있다.

[0128] [식 1]

$$1116.7e^{1.8917[\eta]} > \eta_0 > 66.45e^{2.7184[\eta]}$$

[0129]

[0130] 나아가, 상기의 식 1의 고유점도와 영점전단점도의 관계는 바람직하게는 하기의 식 2로 표현될 수 있다.

[0131] [식 2]

$$493.53e^{2.0754[\eta]} > \eta_0 > 101.55e^{2.5893[\eta]}$$

[0132]

[0133] 또한, 도 2에서는 x-축의 용융지수(MI, Melt index)에 따른 y-축 영점전단점도(zero shear viscosity, Pa.s)그래프를 도시하고 있으며, MI와 영점전단점도의 관계는 기계적 물성과 관련된 것으로, 동일한 MI에서 높은 영점전단점도(zero shear viscosity, Pa.s)를 가지는 것은 동일한 MI에서 높은 분자량을 가진다는 것을 의미하며, 동일한 MI에서 보다 기계적 물성이 우수함을 나타낸다.

[0134] 도 2에서도 동일한 MI 값에서 비교예(1 내지 12)에 비해 실시예(1 내지 7)가 더 높은 영점전단점도를 가지고 있음을 확인할 수 있으며 이를 통해 본 발명에 따른 실시예는 고분자는 동일한 MI를 가지는 통상의 에틸렌계 중합체에 비해 상대적으로 기계적 물성이 뛰어난 것을 알 수 있다.

[0135] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 혼성 담지 메탈로센 촉매는 전술하는 바와 같이 제2메탈로센 화합물을 포함함으로써 제조되는 고밀도 에틸렌계 중합체에서 장쇄분지의 생성을 유도할 수 있으며, 이에 따라 주 사슬에 탄소수 6 이상의 곁가지를 갖는 장쇄분지(LCB, Long Chain Branch)를 포함하는 고밀도 에틸렌계 중합체를 제조할 수 있다.

[0136] 그리고, 본 발명에서는 하기의 식 3에 표현된 바와 같이 중합체의 영점전단점도(zero shear viscosity, Pa.s,  $\eta_0$ )와 고유점도(Intrinsic viscosity,  $[\eta]$ )를 이용하여 장쇄분지의 포함을 나타내는 장쇄분지지표 (Long chain branch index, LCBI)를 나타낼 수 있다.

[0137] [식 3]

$$\eta_0 = k[\eta]^a$$

[0138]

$$LCBI = \frac{\eta_0^{(1/a)}}{[\eta]} \frac{1}{k^{(1/a)}} - 1$$

[0139]

[0140]

[0141]

[0142]

[0143]

[0144]

[0145]

[0146]

[0147]

[0148]

[0149]

[0150]

[0151]

[0152]

[0153]

[0154]

[0155]

[0156]

[0157]

[0158]

본 발명의 식 3에서는 선형 에틸렌계 중합체에 대한 데이터를 기반으로  $k=298.52$ ,  $a=4.818$ 을 적용하였다.

식 3에서도 알 수 있듯이, 고유점도( $[\eta]$ )가 동일한 값이라면, 영점전단점도( $\eta_0$ )의 값이 클 때 장쇄분지지표의 값도 커지고, 이는 도 1이 나타내는 것과 동일한 결과를 가지는 것을 알 수 있다.

장쇄분지지표는 그 값이 클수록 고분자 내 장쇄분지가 많이 포함된 것을 의미하는 것으로, 고분자 내 장쇄분지의 상대적인 함량을 알 수 있는 하나의 지표이다. 장쇄분지지표는 상기 식 3과 같이 고유점도와 영점전단점도의 영향을 받는다.

본 발명의 일 실시예에 따른 장쇄분지지표(Long chain branch index, LCBI)는 0.15 내지 0.40이고, 바람직하게는 0.20내지 0.40이다.

아울러, 본 발명에서는, 유변물성측정장비(Rheometer)를 통한 복소점도 측정값을 사용하여, 크로스 모델(Cross model)을 통한 영점전단점도(zero shear viscosity, Pa.s)를 사용한다. 복소점도와 주파수 및 영점전단점도는 하기의 식 4와 같은 크로스 모델(Cross model)로 표현될 수 있다.  $\omega_0$ ,  $\eta_0$ ,  $n$ 은 유변물성측정장비를 통해 주파수 ( $\omega$ )범위에서의 용융 복합점도(melt complex viscosity,  $\eta^*$ )의 측정값을 곡선 적합(curve fitting) 하여 결정하게 되는 값이다.

[식 4]

$$\frac{\eta^*}{\eta_0} = \frac{1}{[1 + (\omega/\omega_0)^{1-n}]}$$

$\eta^*$ : 0.1 내지 500 rad/s 범위의 특정 주파수일 때의 복소점도

$\eta_0$ : 영점전단점도,  $\lim_{\omega \rightarrow 0} \eta^*(\omega) = \eta_0$

$\omega$ : 0.1 내지 500 rad/s범위의 특정 주파수

$\omega_0$ : 전단담화(Shear thinning)가 시작되는 지점 또는 Newtonian plateau가 끝나는 지점에서의 주파수

$n$ : Power-law flow behavior index ( $0 < n < 1$ )

본 발명의 고밀도 에틸렌계 중합체는 낮은 MI를 가짐으로써 기계적 강도가 우수할 뿐 아니라, 특히, 도 2에 도시된 바와 같이 유사한 MI를 가지는 다른 에틸렌계 중합체와 비교할 때도 분자량이 높아 상대적으로 기계적 물성이 더욱 우수한 특징이 있다.

또한, 장쇄분지를 포함하고 있어 낮은 MI를 가짐에도 불구하고 높은 MFR을 나타내며 이를 통해 종래의 고밀도 에틸렌계 중합체에 비해 성형가공성이 우수함을 알 수 있다.

본 발명의 고밀도 에틸렌계 중합체는 사출, 압축, 회전 성형 재료로 이용될 수 있다.

**실시예**

이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 통해 본 발명의 구성 및 작용을 더욱 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이는 본 발명의 바람직한 예시로 제시된 것이며 어떠한 의미로도 이에 의해 본 발명이 제한되는 것으로 해석될 수는 없다.

여기에 기재되지 않은 내용은 이 기술 분야에서 숙련된 자이면 충분히 기술적으로 유추할 수 있는 것이므로 그 설명을 생략하기로 한다.

**제1메탈로센 화합물 제조예 1. [Indenyl(cyclopentadienyl)]ZrCl<sub>2</sub>**

- [0159] 인덴(5 g, 0.043 mol)을 헥산(150 mL)에 녹인 다음 충분히 섞어주고 -30 °C까지 냉각시킨 후 헥산용액에 2.5M n-부틸리튬(n-BuLi) 헥산용액(17 ml, 0.043 mol)을 천천히 떨어뜨려주고 상온에서 12시간 동안 교반하였다. 흰색 현탁액을 유리필터로 여과하여 흰색고체를 충분히 건조시킨 후 인덴 리튬염(수율: 99%의 수율)을 얻었다.
- [0160] 인덴 리튬염(1.05 g, 8.53 mmol) 슬러리 용액에 CpZrCl<sub>3</sub>(2.24 g, 8.53 mmol)을 에테르(30 mL)에 천천히 녹인 다음 -30 °C까지 냉각시켰다. 이 에테르 용액에 에테르(15 mL)에 녹인 인덴 리튬염을 천천히 떨어뜨린 후 24시간 교반하여 [Indenyl(cyclopentadienyl)]ZrCl<sub>2</sub> (수율 97%) 얻었다. 여기서 Cp는 cyclopentadienyl 의미한다.
- [0161] **제1메탈로센 화합물 제조예 2. [2-methyl benzeindenyl (cyclopentadienyl)] ZrCl<sub>2</sub>**
- [0162] 2-methylbenzeindene을 사용하여 제조예 1과 동일한 방법으로 [2-methyl benzeindenyl (cyclopentadienyl)]ZrCl<sub>2</sub>(수율: 95%) 얻었다.
- [0163] **제1메탈로센 화합물 제조예 3. [2-phenyl benzeindenyl (tetramethylcyclopentadienyl)]ZrCl<sub>2</sub>**
- [0164] 2-methylbenzeindene 과 tetramethylcyclopentadiene을 사용하여 제조예 1과 동일한 방법으로 [2-phenyl benzeindenyl (tetramethylcyclopentadienyl)]ZrCl<sub>2</sub> (수율: 93%) 얻었다.
- [0165] **제1메탈로센 화합물 제조예 4. [fluorenyl (cyclopentadienyl)]ZrCl<sub>2</sub>**
- [0166] Fluorene 과 cyclopentadiene을 사용하여 제조예 1과 동일한 방법으로 [2-phenyl benzeindenyl (tetramethylcyclopentadienyl)]ZrCl<sub>2</sub> (수율: 92%) 얻었다.
- [0167] **제2메탈로센 화합물 제조예 5. Me<sub>2</sub>Si{2-methyl-4-(1-naphthyl)}<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub>**
- [0168] **제조예 5-1: 리간드 화합물 제조**
- [0169] 2-methyl-4-bromo indene (2 g, 1 eq), Pd(PPh<sub>3</sub>)<sub>4</sub> (553 mg, 0.05 eq), 1-NaphB(OH)<sub>2</sub> (2.14 g, 1.3 eq)을 THF, MeOH 용액(4:1, 40 ml)에 넣은 후 degassing한 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>수용액 (2.0 M, 3.3 eq)를 상온에서 주입한 후 80 °C에서 12시간 동안 환류 교반하여 2-methyl-4-(1-naphthyl)indene 얻었다. 2-methyl-4-(1-naphthyl)indene을 톨루엔 50 ml에 넣고 n-BuLi (7.8 mL, 1.1 eq, 1.6 M in Hexane)을 -30 °C에서 천천히 첨가한 후 온도를 서서히 상온으로 올려 12 시간 동안 교반한다. 생성된 고체를 여과하여 Hexane으로 세척한 후 진공 하에서 건조하여 2-methyl-4-(1-naphthyl)indenyl lithium 을 얻었다.
- [0170] 2-methyl-4-(1-naphthyl)indenyl lithium (1.88g, 2eq) 톨루엔 13 mL, THF, 3 mL에 SiMe<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>(462 mg, 1 eq)를 -30 °C에서 천천히 첨가한 후 온도를 서서히 올려 55 °C에서 12시간 동안 교반하여 Dimethylbis{2-methyl-4-(1-naphthyl)indenyl}silane 1.97g(97%) 얻었다.
- [0171] **제조예 5-2: 제2 메탈로센 화합물 제조**
- [0172] 제조예 5-1 화합물 (0.4 g, 1 eq)을 THF(tetrahydro furan) 15ml에 넣고 n-BuLi (1.32mL, 2.2eq, 1.6M in Hexane)을 -30 °C에서 천천히 첨가한 후 온도를 서서히 상온으로 올려 12시간 동안 교반 하여 디리튬염 (Dilithium salt)을 만든 후 디리튬염(Dilithium salt) 슬러리 용액에 ZrCl<sub>4</sub>(435 mg, 1 eq)를 천천히 첨가한 후 12시간동안 교반한다. 진공으로 용매를 제거하고, THF, MC로 세척하여 Me<sub>2</sub>Si{2-methyl-4-(1-naphthyl)}<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub>을 얻었다(수율 94%) 얻었다.
- [0173] **제2메탈로센 화합물 제조예 6. Me<sub>2</sub>Si{2-methyl-4-(2-naphthyl)}<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub>**
- [0174] **제조예 6-1: 리간드 화합물 제조**
- [0175] 2-methyl-7-(2-naphthyl)indene을 이용하여 제조예 5-1과 같은 방법으로 제조하여 Dimethylbis{2-methyl-4-(2-naphthyl) indenyl}silane (수율: 51%) 얻었다.
- [0176] **제조예 6-2: 제2 메탈로센 화합물 제조**
- [0177] 제조예 6-1 화합물을 이용하여 제조예 5-2와 같은 방법으로 Me<sub>2</sub>Si{2-methyl-4-(2-naphthyl)}<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub>을 얻었다(수

을 90%).

[0178] 제2메탈로센 화합물 제조예 7. ( $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-methyl-4-phenyl indenyl})_2\text{ZrCl}_2$ )

[0179] 제조예 7-1: 리간드 화합물 제조

[0180] 2-methyl-4-bromo indene(2 g, 1 eq) (7 g, 1 eq),  $\text{Ni}(\text{dppp})\text{Cl}_2$ (363 mg, 0.02 eq)을 Ether (100 mL)에 넣고 0 °C에서  $\text{PhMgBr}$  3.0 M in ether(13.3 g, 1.05 eq)을 1시간 동안 첨가한다. 온도를 서서히 상온(25 °C)으로 올린 후 50 °C에서 12시간 동안 환류 교반한다. 반응 종결 후 용액을 Ice bath에 담근 후 1N HCl 산첨가를 하여 pH 4 까지 낮춘다. 분별깔때기로 유기층을 추출한 후  $\text{MgSO}_4$ 처리를 하여 물을 제거한다. 여과하고 용매를 건조하여 2-methyl-4-(phenyl)indene(수율: 97%)를 얻는다. 2-methyl-4-(phenyl)indene을 이용하여 제조예 5-1과 동일한 방법으로  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-methyl-4-phenyl indenyl})_2$  제조하였다(수율: 95%). 여기서 dppp는 1,3-Bis(diphenylphosphino)propane를 의미한다.

[0181] 제조예 7-2: 제2 메탈로센 화합물 제조

[0182]  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-methyl-4-phenylindene})_2$  를 이용하여 이용하여 제조예 5-2와 동일한 방법으로  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-methyl-4-phenyl indenyl})_2\text{ZrCl}_2$  를 제조하였다(수율 90%).

[0183] 혼성 담지 메탈로센 촉매 제조예 8

[0184] 제1 및 제2메탈로센 화합물과 조촉매인 메틸알루미늄옥산(MAO)은 공기 중의 수분 또는 산소와 반응하면 활성을 잃어버리므로, 모든 실험은 글러브박스, 슈링크 테크닉을 이용하여 질소조건 하에서 진행하였다. 10L 담지 촉매 반응기는 세척하여 이물을 제거하고 110 °C에서 3 시간 이상 건조하면서 반응기를 밀폐한 이후에 진공을 이용하여 수분 등을 완전히 제거한 상태로 사용하였다.

[0185] 제조예 1 화합물 2.862 g, 제조예 7-2 화합물 3.46 g 에 10 wt% 메틸알루미늄옥산(MAO) 용액(메틸알루미늄옥산: 1188 g)을 가해주고 1시간 동안 상온에서 교반하였다. 실리카(XPO2402) 300 g을 반응기에 투입한 후, 정제된 톨루엔 900 mL 를 반응기에 가하고 교반하였다. 1시간 동안의 교반 단계가 완료된 후, 반응기를 교반하면서 제1메탈로센 화합물, 제2메탈로센 화합물 및 메틸알루미늄옥산 혼합 용액을 투입하였다. 반응기를 60 °C까지 승온시킨 후, 2시간 동안 교반한다.

[0186] 침전반응 이후 상등액을 제거하고 톨루엔 1L로 세척한 후 60 °C에서 12시간 진공 건조하였다.

[0187] 혼성 담지 메탈로센 촉매 제조예 9

[0188] 2.389 g의 제조예 2 화합물, 제조예 7-2 화합물 4.387 g을 사용한 것을 제외하고는 제조예 8와 동일한 방법으로 제조 하였다.

[0189] 혼성 담지 메탈로센 촉매 제조예 10

[0190] 2.712 g의 제조예 3 화합물, 제조예 6-2 화합물 3.046 g을 사용한 것을 제외하고는 제조예 8와 동일한 방법으로 제조 하였다.

[0191] 혼성 담지 메탈로센 촉매 제조예 11

[0192] 2.662 g의 제조예 4 화합물, 제조예 5-2 화합물 3.712 g을 사용한 것을 제외하고는 제조예 8와 동일한 방법으로 제조 하였다.

[0193] 실시예 1

[0194] 상기 제조예 8에서 얻어진 혼성 담지 메탈로센 촉매를 fluidized bed gas process연속 중합기에 투입하여 올레핀 중합체를 제조하였다. 공단량체로는 1-헥센을 사용하였고, 반응기 에틸렌 압력은 15 bar, 수소/에틸렌 몰비는 0.084 %, 중합 온도는 80 ~ 90 °C로 유지하였다.

[0195] 실시예 2

[0196] 상기 제조예 9에서 얻어진 혼성 담지 메탈로센 촉매를 fluidized bed gas process연속 중합기에 투입하여 올레핀 중합체를 제조하였다. 공단량체로는 1-헥센을 사용하였고, 반응기 에틸렌 압력은 14.4 bar, 수소/에틸렌 몰비는 0.101 %, 중합 온도는 80 ~ 90 °C로 유지하였다.

- [0197]     **실시예 3**
- [0198]     상기 제조예 10에서 얻어진 혼성 담지 메탈로센 촉매를 fluidized bed gas process연속 중합기에 투입하여 올레핀 중합체를 제조하였다. 공단량체로는 1-헥센을 사용하였고, 반응기 에틸렌 압력은 14.7 bar, 수소/에틸렌 몰비는 0.123 %, 중합 온도는 80 ~ 90 °C로 유지하였다.
- [0199]     **실시예 4**
- [0200]     상기 제조예 11에서 얻어진 혼성 담지 메탈로센 촉매를 fluidized bed gas process연속 중합기에 투입하여 올레핀 중합체를 제조하였다. 공단량체로는 1-헥센을 사용하였고, 반응기 에틸렌 압력은 15 bar, 수소/에틸렌 몰비는 0.125 %, 중합 온도는 80 ~ 90 °C로 유지하였다.
- [0201]     **실시예 5**
- [0202]     상기 제조예 9에서 얻어진 혼성 담지 메탈로센 촉매를 fluidized bed gas process연속 중합기에 투입하여 올레핀 중합체를 제조하였다. 공단량체로는 1-헥센을 사용하였고, 반응기 에틸렌 압력은 15.2 bar, 수소/에틸렌 몰비는 0.137 %, 중합 온도는 80 ~ 90 °C로 유지하였다.
- [0203]     **실시예 6**
- [0204]     상기 제조예 10에서 얻어진 혼성 담지 메탈로센 촉매를 fluidized bed gas process연속 중합기에 투입하여 올레핀 중합체를 제조하였다. 공단량체로는 1-헥센을 사용하였고, 반응기 에틸렌 압력은 14.9 bar, 수소/에틸렌 몰비는 0.136 %, 중합 온도는 80 ~ 90 °C로 유지하였다.
- [0205]     **실시예 7**
- [0206]     상기 제조예 11에서 얻어진 혼성 담지 메탈로센 촉매를 fluidized bed gas process연속 중합기에 투입하여 올레핀 중합체를 제조하였다. 공단량체로는 1-헥센을 사용하였고, 반응기 에틸렌 압력은 14.8 bar, 수소/에틸렌 몰비는 0.152 %, 중합 온도는 80 ~ 90 °C로 유지하였다.
- [0207]     **비교예 1**
- [0208]     상업제품 HDPE 7303(SK 종합화학)를 사용하였다.
- [0209]     비교예 1은 ASTM D1505에 따른 밀도가 0.9523 g/cm<sup>3</sup> 이고, ASTM D1238에 따른 용융지수(MI)는 2.1 g/10min 이다.
- [0210]     **비교예 2**
- [0211]     상업제품 HDPE ME2500(LG화학)를 사용하였다.
- [0212]     비교예 2는 ASTM D1505에 따른 밀도가 0.9538 g/cm<sup>3</sup> 이고, ASTM D1238에 따른 용융지수(MI)는 2.1 g/10min 이다.
- [0213]     **비교예 3**
- [0214]     상업제품 HDPE C910A(한화토탈)를 사용하였다.
- [0215]     비교예 3은 ASTM D1505에 따른 밀도가 0.9556 g/cm<sup>3</sup> 이고, ASTM D1238에 따른 용융지수(MI)는 2.4 g/10min 이다.
- [0216]     **비교예 4**
- [0217]     상업제품 HDPE 7390(한화케미칼)를 사용하였다.
- [0218]     비교예 4는 ASTM D1505에 따른 밀도가 0.9532 g/cm<sup>3</sup> 이고, ASTM D1238에 따른 용융지수(MI)는 4.2 g/10min 이다.
- [0219]     **비교예 5**
- [0220]     상업제품 HDPE M850(대한유화)를 사용하였다.
- [0221]     비교예 5는 ASTM D1505에 따른 밀도가 0.9642 g/cm<sup>3</sup> 이고, ASTM D1238에 따른 용융지수(MI)는 4.9 g/10min 이다.

다.

[0222] **비교예 6**

[0223] 상업제품 HDPE 2200J(롯데케미칼)를 사용하였다.

[0224] 비교예 6은 ASTM D1505에 따른 밀도가  $0.9582 \text{ g/cm}^3$  이고, ASTM D1238에 따른 용융지수(MI)는  $5.1 \text{ g/10min}$  이다.

[0225] **비교예 7**

[0226] 상업제품 ME6000(LG화학)를 사용하였다.

[0227] 비교예 7은 ASTM D1505에 따른 밀도가  $0.9621 \text{ g/cm}^3$  이고, ASTM D1238에 따른 용융지수(MI)는  $5.8 \text{ g/10min}$  이다.

[0228] **비교예 8**

[0229] 상업제품 HDPE 7210(SK 종합화학)를 사용하였다.

[0230] 비교예 8은 ASTM D1505에 따른 밀도가  $0.9579 \text{ g/cm}^3$  이고, ASTM D1238에 따른 용융지수(MI)는  $6.1 \text{ g/10min}$  이다.

[0231] **비교예 9**

[0232] 상업제품 HDPE M680(대한유화)를 사용하였다.

[0233] 비교예 9는 ASTM D1505에 따른 밀도가  $0.9562 \text{ g/cm}^3$  이고, ASTM D1238에 따른 용융지수(MI)는  $6.9 \text{ g/10min}$  이다.

[0234] **비교예 10**

[0235] 상업제품 HDPE 7600(한화케미칼)를 사용하였다.

[0236] 비교예 10은 ASTM D1505에 따른 밀도가  $0.9592 \text{ g/cm}^3$  이고, ASTM D1238에 따른 용융지수(MI)는  $7.2 \text{ g/10min}$  이다.

[0237] **비교예 11**

[0238] 상업제품 HDPE 2210J(롯데케미칼)를 사용하였다.

[0239] 비교예 11은 ASTM D1505에 따른 밀도가  $0.9580 \text{ g/cm}^3$  이고, ASTM D1238에 따른 용융지수(MI)는  $8.0 \text{ g/10min}$  이다.

[0240] **비교예 12**

[0241] 상업제품 ME8000(LG화학)를 사용하였다.

[0242] 비교예 12는 ASTM D1505에 따른 밀도가  $0.9592 \text{ g/cm}^3$  이고, ASTM D1238에 따른 용융지수(MI)는  $8.0 \text{ g/10min}$  이다.

[0243] **<물성 측정 방법>**

[0244] 1) 밀도는 ASTM D1505 에 따라 측정되었다.

[0245] 2) MI, MFI 및 MFR

[0246] 용융유동성 MI는 2.16 kg의 하중에서 10분간의 압출량이고, 측정 온도 190 °C에서 ASTM 1238 에 따라 측정되었다.

[0247] MFI는 21.6 kg의 하중에서 10분간의 압출량이고, 측정 온도 190 °C에서 ASTM 1238 에 따라 측정되었다.

[0248] MFR은 MI와 MFI의 비, 즉 MFI/MI를 나타낸다.

[0249] 3) 영점전단점도(zero shear viscosity,  $\eta_0$ )은 TA사의 ARES 유변물성측정장비로 측정된 주파수(frequency)에 대한 복소점도(complex viscosity)의 값을 크로스 모델(Cross model)을 통하여 곡선 적합(curve fitting) 된 값을 사용한다.

[0250] 4) 고유점도(Intrinsic viscosity,  $[\eta]$ )는 ISO1628-3에 따라 측정되었다.

[0251] 표 1에서는 실시예 1 내지 7의 중합조건을 표로 나타내었다.

표 1

	에틸렌 압력 (bar)	수소/에틸렌 몰비(%)	1-헥센/에틸렌 몰비(%)	촉매활성 (gPE/gCat)
실시예 1	15.0	0.084	0.128	4800
실시예 2	14.4	0.101	0.161	4900
실시예 3	14.7	0.123	0.131	4800
실시예 4	15.0	0.125	0.157	5100
실시예 5	15.2	0.137	0.154	5000
실시예 6	14.9	0.136	0.147	5100
실시예 7	14.8	0.152	0.152	5200

[0253] 하기 표 2에서는 전술한 물성측정 data를 나타내었다.

표 2

	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	MI (g/10min)	MFR	LCBI (장쇄분지지표)
실시예 1	0.9542	1.1	56.1	0.309
실시예 2	0.9582	1.6	46.9	0.248
실시예 3	0.9572	2.5	43.6	0.325
실시예 4	0.9563	2.6	42.7	0.315
실시예 5	0.9562	6.3	40.5	0.278
실시예 6	0.9534	6.9	39.7	0.374
실시예 7	0.9560	8.5	37.0	0.315
비교예 1	0.9523	2.1	37.4	0.029
비교예 2	0.9538	2.1	28.5	0.073
비교예 3	0.9556	2.4	28.5	0.064
비교예 4	0.9532	4.2	26.1	0.075
비교예 5	0.9642	4.9	34.9	0.111
비교예 6	0.9582	5.1	32.6	0.042
비교예 7	0.9621	5.8	30.1	0.078
비교예 8	0.9579	6.1	35.4	0.111
비교예 9	0.9562	6.9	30.4	0.051
비교예 10	0.9592	7.2	27.8	0.143
비교예 11	0.9580	8.0	27.6	0.001
비교예 12	0.9592	8.0	28.5	0.054

[0255] 화학식 2로 표현되는 제2메탈로센 화합물은 다리구조 형태를 갖고 있어서 촉매 활성점을 보호하고 촉매 활성점으로의 공단량체 접근성을 용이하게 하여 공단량체 침입이 우수한 특성을 갖는 특성을 가진다. 또한 리간드가 서로 연결되어 있지 않은 구조인 비다리 구조에 비해 촉매 활성점이 안정화 되어 고분자량을 형성하는 특성을 가진다.

[0256] 그러나 화학식 2로 표현되는 제2메탈로센 화합물을 단독으로 사용할 경우 활성이 너무 낮아 경제적이지 못하고 고분자량체가 너무 많이 생겨 가공성이 악화되는 문제점이 있다.

[0257] 표 2에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 혼성 담지 메탈로센 촉매를 이용하여 제조한 고밀도 폴리에틸렌 수지는 유사한 MI 수치를 가지는 종래 폴리에틸렌 수지(비교예 1 내지 12)에 비해 높은 장쇄분지지표

(LCBI)를 가지고 있으며, 장쇄분지를 많이 포함함으로써 낮은 MI에도 불구하고 비교적 높은 MFR을 나타내고 있고, 이에 따라 우수한 성형가공성(사출가공성)을 가지는 것을 확인할 수 있다.

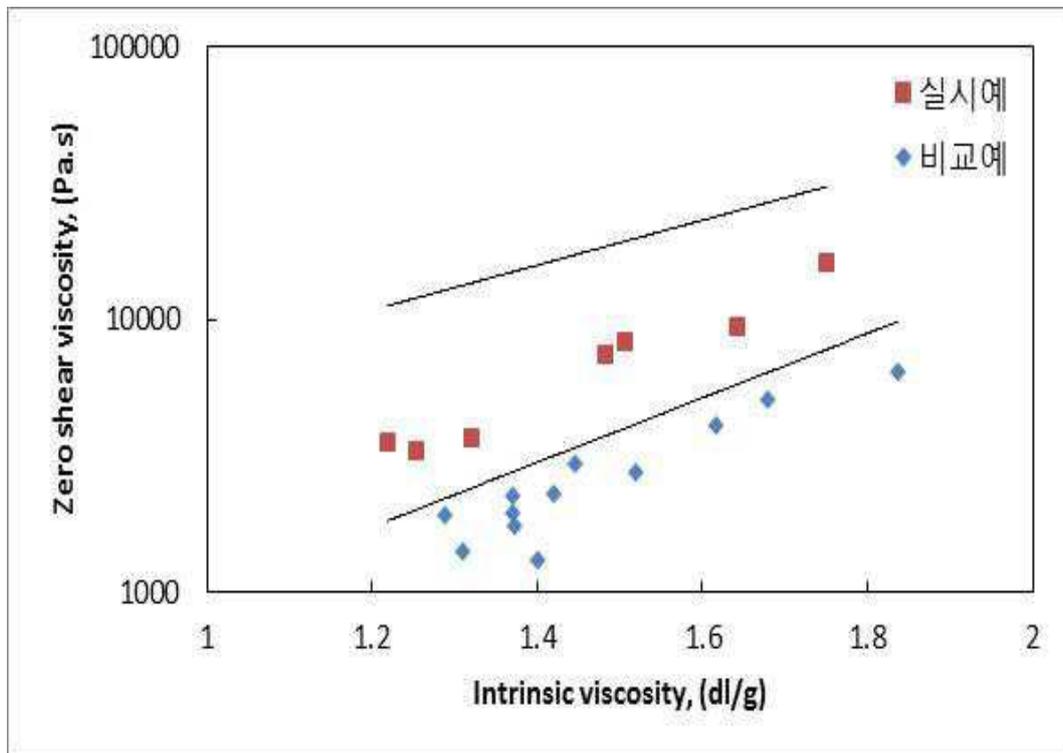
[0258] 상기 실시예의 고밀도 에틸렌계 중합체는 전술한 바와 같이 도 1의 고유점도(Intrinsic viscosity)와 영점전단 점도(Zero shear viscosity)의 관계로부터 장쇄분지를 포함하고 있음을 확인할 수 있으며, 장쇄분지를 포함함으로써 본 발명의 실시예에 따른 고밀도 에틸렌계 중합체가 가공성이 우수한 특징을 가짐을 알 수 있다.

[0259] 또한, 도 2로부터 본 발명의 고밀도 에틸렌계 중합체는 낮은 MI를 가지고 있을 뿐 아니라, 유사한 MI를 가지는 종래의 에틸렌계 중합체에 비해 높은 분자량을 가지고 있음을 확인할 수 있으며, 높은 분자량을 가짐으로써 본 발명의 실시예에 따른 고밀도 에틸렌계 중합체의 기계적 물성이 우수한 것을 알 수 있다.

[0260] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대해서 예시하였으나, 본 발명은 상술한 특징의 바람직한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구 범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

**도면**

**도면1**



도면2

