(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0160982
(43) 공개일자 2024년11월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08J 11/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C08J 11/08 (2021.05)
C08J 2325/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0062621
(22) 출원일자 2023년05월15일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
1020230057910 2023년05월03일 대한민국(KR)

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
이태훈
경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동)
송민석
인천광역시 미추홀구 인하로 100
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
윤앤리특허법인(유한)

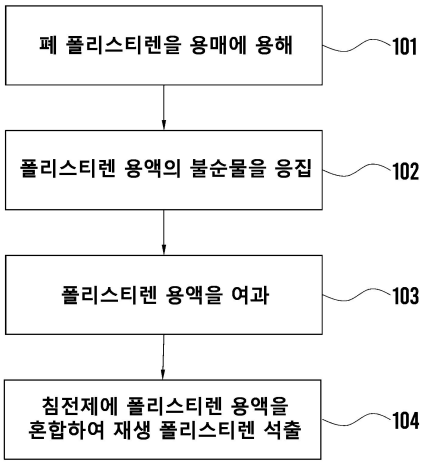
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **재생 폴리스티렌의 제조 방법**

(57) 요 약

재생 폴리스티렌의 제조 방법이 개시된다. 본 발명의 다양한 실시예에 따른 재생 폴리스티렌의 제조 방법은, 스크랩 폴리스티렌을 용매에 용해시켜 폴리스티렌 용액을 얻는 용해 동작, 상기 폴리스티렌 용액에 응집제를 첨가하여 불순물을 응집시키는 응집 동작, 상기 폴리스티렌 용액을 여과하여 응집된 상기 불순물을 여과하는 여과 동작 및 상기 여과된 용액을 폴리스티렌의 비용매를 포함하는 석출제와 혼합하여 재생 폴리스티렌 침전물을 얻는 침전 동작를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
Y02W 30/62 (2020.08)
(72) 발명자
조창범
인천광역시 미추홀구 인하로 100
김채연
인천광역시 미추홀구 인하로 100
김태훈
인천광역시 미추홀구 인하로 100
김학수
경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동)
민세호
경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동)
이근호
경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동)
이인혜
경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동)
최환준
경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동)

명 세 서

청구범위

청구항 1

스크랩 폴리스티렌을 용매에 용해시켜 폴리스티렌 용액을 얻는 용해 동작;

상기 폴리스티렌 용액에 응집제를 첨가하여 불순물을 응집시키는 응집 동작;

상기 폴리스티렌 용액을 여과하여 응집된 상기 불순물을 여과하는 여과 동작; 및

상기 여과된 용액을 폴리스티렌의 비용매를 포함하는 침전제와 혼합하여 재생 폴리스티렌 침전물을 얻는 침전 동작를 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 폴리스티렌 용액의 폴리스티렌 농도는 5 내지 40 중량%인 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 응집제는 아연 분말을 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 아연 분말은 상기 폴리스티렌 용액에 대하여 0.1 내지 10 중량% 첨가되는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 응집제는 탄산칼슘을 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 탄산칼슘은 상기 폴리스티렌 용액에 대하여 0.1 내지 10 중량% 첨가되는 재생 폴리스티렌 제조 방법 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 응집 동작은 상기 폴리스티렌 용액에 대하여 응집 보조제를 첨가하는 동작을 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 응집 보조제는 농도가 1 내지 10 중량%인 염산을 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 묽은 염산은 상기 폴리스티렌 용액에 대하여 0.1 내지 10 중량% 첨가되는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 용매는 테르펜계 용매(terpene-based solvent)를 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 테르펜계 용매는 리모넨(limonene)을 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 침전제는 제 1 비용매, 제 2 비용매 및 폴리스티렌의 양용매를 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제 1 비용매는 에탄올, 프로판올, 부탄올 또는 펜탄올 중 적어도 하나를 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 제 2 비용매는 메탄올을 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 폴리스티렌의 양용매는 테르펜계 용매를 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 침전제는 퓨란계 용매를 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 17

스크랩 폴리스티렌을 용매에 용해시켜 폴리스티렌 용액을 얻는 용해 동작;

상기 폴리스티렌 용액을 여과하여 응집된 상기 불순물을 여과하는 여과 동작; 및

상기 여과된 용액을 침전제와 혼합하여 재생 폴리스티렌 침전물을 얻는 침전 동작를 포함하고,

상기 침전제는,

제 1 비용매;

상기 제 1 비용매에 비해 분자량이 작은 제 2 비용매; 및

폴리스티렌에 대한 양용매를 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 제 1 비용매는 에탄올, 프로판올, 부탄올 또는 펜탄올 중 적어도 하나를 포함하고,

상기 제 2 비용매는 메탄올을 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 침전제는 퓨란계 용매를 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

청구항 20

제 17 항에 있어서,

상기 비용매는 에탄올 50 내지 90 중량%, 메탄올 2 내지 30 중량%, 테트라하이드로퓨란 2 내지 10 중량% 및 리모넨 2 내지 10 중량%를 포함하는 재생 폴리스티렌 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 문서에 개시된 다양한 실시예들은 폴리머에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 재생 폴리스티렌 조성물의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 폴리스티렌은 저렴성 및 가공의 용이성으로 인해 벌크, 필름 및 폼과 같은 형태로 널리 사용된다. 폴리스티렌을 발포 성형하여 제작되는 폴리스티렌 폼은 저렴하고 가벼우며, 충격흡수능, 차음성 및 단열성이 높으므로 포장재, 완충재, 식품 용기, 건축용 단열재 및 방음재와 같은 다양한 분야에 널리 사용된다.

[0003] 최근에 사용 후 폐기된 플라스틱 제품에 의해 발생하는 오염에 대한 사회적 관심이 증가함에 따라 스크랩

(scrap) 플라스틱의 재활용 기술이 요구되고 있다. 폴리스티렌은 주로 폴리스티렌 폼의 형태로 사용되므로, 부피 기준으로 스크랩 플라스틱 발생량 중에서 높은 비율을 차지하고 있다. 스크랩 폴리스티렌은 열간에서 용융시키거나 용매에 의해 용해 및 침전시키는 것과 같은 방법으로 재생될 수 있다.

발명의 내용

[0004] 용해-침전법에 의해 재생 폴리스티렌을 제조하는 경우, 스크랩 폴리스티렌에 포함된 불순물이 재생 폴리스티렌에 포함됨으로써, 재생 폴리스티렌의 물성과 외관이 저하되는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 폴리스티렌 용액에 과량의 용매 및 비용매를 투입하여 묽은 폴리스티렌 용액으로부터 분말상의 재생 폴리스티렌을 회수할 수 있으나, 용매 및 비용매의 투입량이 증가하여 비용이 증가할 수 있다. 그리고 폴리스티렌에 잔류하는 오염물질이 재생 과정에서 축적되어 재생 폴리스티렌의 물성 저하 및 환경 오염의 증가를 유발할 수 있다.

[0005] 본 발명의 다양한 실시예에 따르면, 재생 폴리스티렌의 오염물질을 효과적으로 제거하는 재생 폴리스티렌 제조 방법이 제공될 수 있다. 또한, 재활용 공정에 투입이 용이하도록 분말상으로 침전 회수되는 재생 폴리스티렌의 제조 방법이 제공될 수 있다.

[0006] 본 개시의 다양한 실시예에 따른 재생 폴리스티렌의 제조 방법은, 스크랩 폴리스티렌을 용매에 용해시켜 폴리스티렌 용액을 얻는 용해 동작, 상기 폴리스티렌 용액에 응집제를 첨가하여 불순물을 응집시키는 응집 동작, 상기 폴리스티렌 용액을 여과하여 응집된 상기 불순물을 여과하는 여과 동작 및 상기 여과된 용액을 폴리스티렌의 비용매를 포함하는 석출제와 혼합하여 재생 폴리스티렌 침전물을 얻는 침전 동작을 포함할 수 있다.

[0007] 다양한 실시예에서, 상기 폴리스티렌 용액의 폴리스티렌 농도는 5 내지 40 중량%일 수 있다.

[0008] 다양한 실시예에서, 상기 응집제는 아연 분말을 포함할 수 있다.

[0009] 다양한 실시예에서, 상기 아연 분말은 상기 폴리스티렌 용액에 대하여 0.1 내지 10 중량% 첨가될 수 있다.

[0010] 다양한 실시예에서, 상기 응집제는 탄산칼슘을 포함할 수 있다.

[0011] 다양한 실시예에서, 상기 탄산칼슘은 상기 폴리스티렌 용액에 대하여 0.1 내지 10 중량% 첨가될 수 있다.

[0012] 다양한 실시예에서, 상기 응집 동작은 상기 폴리스티렌 용액에 대하여 응집 보조제를 첨가하는 동작을 포함할 수 있다.

[0013] 다양한 실시예에서, 상기 응집 보조제는 농도가 1 내지 10 중량%인 염산을 포함할 수 있다.

[0014] 다양한 실시예에서, 상기 묽은 염산은 상기 폴리스티렌 용액에 대하여 0.1 내지 10 중량% 첨가될 수 있다.

[0015] 다양한 실시예에서, 상기 용매는 테르펜계 용매(terpene-based solvent)를 포함할 수 있다.

[0016] 다양한 실시예에서, 상기 테르펜계 용매는 리모넨(limonene)을 포함할 수 있다.

[0017] 다양한 실시예에서, 상기 석출제는 제 1 비용매, 제 2 비용매 및 폴리스티렌의 양용매를 포함할 수 있다.

[0018] 다양한 실시예에서, 상기 제 1 비용매는 에탄올, 프로판올, 부탄올 또는 펜탄올 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0019] 다양한 실시예에서, 상기 제 2 비용매는 메탄올을 포함할 수 있다.

[0020] 다양한 실시예에서, 상기 폴리스티렌의 양용매는 테르펜계 용매를 포함할 수 있다.

[0021] 다양한 실시예에서, 상기 석출제는 퓨란계 용매를 포함할 수 있다.

[0022] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 재생 폴리스티렌의 제조 방법은, 스크랩 폴리스티렌을 용매에 용해시켜 폴리스티렌 용액을 얻는 용해 동작, 상기 폴리스티렌 용액을 여과하여 응집된 상기 불순물을 여과하는 여과 동작 및 상기 여과된 용액을 석출제와 혼합하여 재생 폴리스티렌 침전물을 얻는 침전 동작를 포함할 수 있다. 상기 석출제는, 제 1 비용매, 상기 제 1 비용매에 비해 분자량이 작은 제 2 비용매 및 폴리스티렌에 대한 양용매를 포함할 수 있다.

[0023] 다양한 실시예에서, 상기 제 1 비용매는 에탄올, 프로판올, 부탄올 또는 펜탄올 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 제 2 비용매는 메탄올을 포함할 수 있다.

[0024] 다양한 실시예에서, 상기 석출제는 퓨란계 용매를 포함할 수 있다.

[0025] 다양한 실시예에서, 상기 석출제는 에탄올 50 내지 90 중량%, 메탄올 2 내지 30 중량%, 테트라하이드로퓨란 2 내지 10 중량% 및 리모넨 2 내지 10 중량%를 포함할 수 있다.

[0026] 본 발명의 실시예들에 따르면, 응집제에 의해 스크랩 폴리스티렌에 함유된 불순물이 응집되어 필터링에 의해 효과적으로 제거되는 재생 폴리스티렌 제조 방법이 제공될 수 있다. 또한 용액 내 폴리스티렌 분자에 대한 침투성이 양호하여 분말상의 폴리스티렌을 석출시키는 재생 폴리스티렌의 제조 방법이 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도면의 설명과 관련하여, 동일 또는 유사한 구성 요소에 대해서는 동일 또는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.

도 1은 본 발명의 다양한 실시예에 따른 재생 폴리스티렌 제조 방법을 나타내는 순서도이다.

도 2는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 재생 폴리스티렌 제조 방법을 나타내는 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하 설명에서는, 본 문서의 다양한 실시예가 첨부된 도면을 참조하여 기재된다. 본 문서의 다양한 실시예들 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술적 특징들을 특정한 실시 예들로 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0029] 도면의 설명과 관련하여, 유사한 또는 관련된 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다. 아이템에 대응하는 명사의 단수 형은 관련된 문맥상 명백하게 다르게 지시하지 않는 한, 상기 아이템 한 개 또는 복수 개를 포함할 수 있다.

[0030] 본 문서에서, "A 또는 B", "A 및 B 중 적어도 하나", “A 또는 B 중 적어도 하나,” "A, B 또는 C," "A, B 및 C 중 적어도 하나,” 및 “A, B, 또는 C 중 적어도 하나"와 같은 문구들 각각은 그 문구들 중 해당하는 문구에 함께 나열된 항목들 중 어느 하나, 또는 그들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. "제 1", "제 2", 또는 "첫째" 또는 "둘째"와 같은 용어들은 단순히 해당 구성요소를 다른 해당 구성요소와 구분하기 위해 사용될 수 있으며, 해당 구성요소들을 다른 측면(예: 중요성 또는 순서)에서 한정하지 않는다. 어떤(예: 제 1) 구성요소가 다른(예: 제 2) 구성요소에, “기능적으로” 또는 “통신적으로”라는 용어와 함께 또는 이런 용어 없이, “커플드” 또는 “커넥티드”라고 언급된 경우, 그것은 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로(예: 유선으로), 무선으로, 또는 제 3 구성요소를 통하여 연결될 수 있다는 것을 의미한다.

[0031] 도 1은 본 발명의 다양한 실시예에 따른 재생 폴리스티렌(240) 제조 방법을 나타내는 순서도이다.

[0032] 도 2는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 재생 폴리스티렌(240) 제조 방법을 나타내는 모식도이다.

[0033] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 재생 폴리스티렌(240) 제조 방법은 용해 동작(101), 응집 동작(102), 여과 동작(103) 및 침전 동작(104)을 포함하여 수행될 수 있다.

[0034] 용해 동작(101)은 스크랩 폴리스티렌(211)(scrap polystyrene)을 용매(212)에 용해시켜 폴리스티렌 용액(210)을 얻는 동작일 수 있다. 도 2의 (a)를 참조하면, 용해 동작(101)은 예컨대 용해조(213)에서 수행될 수 있다. 용매(212)는 폴리스티렌의 양용매일 수 있다. 스크랩 폴리스티렌(211)은 포장재, 식품 용기, 건축용 단열재 및/또는 흡음재로 사용된 후 폐기 및 회수된 폴리스티렌 제품에서 얻어진 것일 수 있다. 다양한 실시예에서 폴리스티렌 용액(210)의 폴리스티렌 농도는 5 내지 40 중량%일 수 있다. 상기 폴리스티렌 농도는 용매(212) 및 폴리스티렌 스크랩의 투입량을 조절하여 달성될 수 있다. 폴리스티렌 용액(210)의 농도가 40 중량%를 초과할 경우에는 폴리스티렌 용액(210)의 점도가 과도하게 높아지므로 후술하는 응집 및 여과 동작(103)의 수행에 불리할 수 있다. 폴리스티렌 용액(210)의 농도가 5 중량% 미만인 경우에는 재생 폴리스티렌(240)의 회수율이 저하될 뿐만 아니라 과량의 용매(212) 및 비용매가 소요되므로 비용 측면에서 바람직하지 못하다.

[0035] 다양한 실시예에서 용매(212)는 폴리스티렌의 양용매로서, 테르펜계 용매를 포함할 수 있다. 용매(212)는 예컨대 리모넨, 피넨, 테르피노렌, 디펜텐, 알파 테르피넨(alpha-terpinene), 감마 테르피넨, 테르피네올, 및/또는 옥시멘과 같은 다양한 테르펜계 용매를 포함할 수 있다. 테르펜계 용매는 식물에서 추출되는 탄화수소 유기용매로서 독성 및 환경 영향이 적은 장점이 있다. 다양한 실시예에서 용매(212)는 리모넨을 포함할 수 있다. 리모넨은 브롬계 난연제(brominated flame retardants)의 제거능이 향상된 폴리스티렌의 양용매다. 폴리스티렌 폼 중에서 건축자재(예컨대 단열제 및/또는 흡음재)로 사용되는 제품은 난연성을 확보하기 위하여

PBDE(polybrominated diphenyl ether)(예컨대 PBDE-154, PBDE-183, PBDE-206, PBDE-209) 및/또는 브롬화 비스페놀류(예컨데 TBBPA(Tetrabromobisphenol A))와 같은 브롬계 난연제를 포함할 수 있다. 이러한 브롬계 난연제는 폐기 또는 소각 시에 환경 오염을 일으키고, 재생 폴리스티렌(240)이 브롬계 난연재를 소정 함량 이상 포함할 시에는 유독성 염려로 인해 재생 폴리스티렌(240)의 활용 범위가 제한된다. 따라서 브롬계 난연제의 제거능이 향상된 리모넨(예컨대 L-리모넨 및/또는 D-리모넨)을 포함하는 용매(212)를 사용하는 본 발명에 따르면 재생 폴리스티렌(240)의 브롬 잔류량을 소정 범위(예컨대 900ppm) 이하로 낮출 수 있어 재생 폴리스티렌(240)의 응용범위가 넓어질 수 있다.

[0036] 다양한 실시예에서 용해 동작(101)은 교반기(214)에 의해 스크랩 폴리스티렌(211) 및 용매(212)를 교반하는 동작을 포함할 수 있다. 교반 동작에 의해 스크랩 폴리스티렌(211)의 용해가 촉진될 수 있다. 다양한 실시예에서 교반 동작은 스크랩 폴리스티렌(211)이 폴리스티렌 폼 형태일 시에 5분 이상, 펠릿(pellet)형태일 시에 2시간 이상 실시될 수 있다.

[0037] 응집 동작(102)은 폴리스티렌 용액(210)에 대하여 응집제(221)(coagulant)를 투입하여 폴리스티렌 용액(210) 내의 불순물을 응집시키는 동작일 수 있다. 응집제(221)는 폴리스티렌 용액(210) 내에서 양전하를 띄는 양전하성 응집제(221)(예컨대 명반, 탄산칼슘, 수산화칼슘, 아연, 황산제일철, 황산제이철, 염화제이철, 양이온성 폴리머, 벤토나이트, 규산나트륨 및/또는 알루미늄산나트륨) 일 수 있다. 폴리스티렌의 불순물들은 일반적으로 폴리스티렌 용액(210) 내에서 음전하를 띄게 되므로, 양전하성 응집제(221)에 대하여 전기적 인력에 의해 이끌리거나 음전하의 상쇄됨에 의해 응집되어, 입자의 크기가 증가하거나 및/또는 침전될 수 있다. 스크랩 폴리스티렌(211)에 함유된 불순물을 폴리스티렌 용액(210)으로부터 제거하기 위하여 폴리스티렌 용액(210)을 필터링 할 시에, 필터(231)의 통과 직경에 비해 큰 불순물 입자는 제거할 수 있으나, 크기가 작은 입자는 필터(231)를 통과하므로 제거가 어려울 수 있다. 본 발명에 의하면 폴리스티렌 용액(210)의 불순물이 응집제(221)에 의해 침전되거나 입자의 크기가 증가하므로, 불순물이 필터(231)에 의해 용이하게 제거되고, 회수된 재생 폴리스티렌(240)의 불순물 함량이 감소할 수 있다.

[0038] 다양한 실시예에서 응집제(221)는 아연 및/또는 탄산칼슘을 포함할 수 있다. 아연 및 탄산칼슘은 테르펜계 용매 내에서 불순물의 응집 능력이 양호하며, 회수된 재생 폴리스티렌(240)의 물성에 미치는 영향이 낮은 장점이 있다. 다양한 실시예에서 아연 및/또는 탄산칼슘은 폴리스티렌 용액(210)에 대하여 0.1 내지 10 중량% 첨가될 수 있다.

[0039] 도 2의 (b)를 참조하면, 다양한 실시예에서 응집 동작(102)은 응집 보조제(222)를 첨가하는 동작을 포함할 수 있다. 응집 보조제(222)는 산(acid) 첨가제를 포함할 수 있다. 산 첨가제는 염산, 황산 및/또는 유기산과 같은 수용액에서 수소 양이온을 발생시키는 성분을 포함할 수 있다. 산 첨가제는 수용액 내에서 수소 양이온을 내어 불순물의 응집 작용을 촉진하고, 응집제(221)가 양전하를 띄도록 하여 응집제(221)의 응집 성능을 향상시킬 수 있다. 산 첨가제는 염산(예컨대 1내지 10 중량%의 농도를 가지는 묽은 염산)을 포함할 수 있다. 산 첨가제는 폴리스티렌 용액(210)에 대하여 0.1 내지 10 중량% 첨가될 수 있다.

[0040] 여과 동작(103)은 불순물이 응집된 상태의 폴리스티렌 용액(210)을 필터(231)를 통해 여과함으로써, 청정한 폴리스티렌 용액(210)을 얻는 단계일 수 있다. 필터(231)는 예컨대 금속 메시 필터(231), 백 필터(231)(bag filter), 여과지(filter paper), 중공사막 필터(231)(membrane filter), 멜트블로운 필터(231) 및/또는 활성탄과 같은 것을 포함할 수 있다.

[0041] 침전 동작(104)은 침전제(241)에 폴리스티렌 용액(210)을 혼합함으로써 재생 폴리스티렌(240)을 침전시켜 용액으로부터 회수하는 동작일 수 있다.

[0042] 다양한 실시예에서 침전제(241)는 폴리스티렌에 대한 비용매(non-solvent)를 포함할 수 있다. 본 명세서에서 '비용매'라는 용어는 폴리스티렌에 대하여 전혀 용해도가 없는 비용매뿐만 아니라 폴리스티렌에 대하여 용해도가 충분히 낮음으로써 폴리스티렌 용액(210)에 첨가시 폴리스티렌의 석출을 유발할 수 있는 빈용매(poor solvent)를 포함하는 용어임을 이해하여야 한다. 폴리스티렌 용액(210)이 비용매가 함유된 침전제(241)에 혼합됨으로써 폴리스티렌 용액(210)의 폴리스티렌에 대한 용해도가 낮아져 재생 폴리스티렌(240)이 폴리스티렌 용액(210)으로부터 석출될 수 있다. 다양한 실시예에서 비용매는 물, 알코올(예컨대 메탄올, 에탄올, 프로판올 및/또는 이소부탄올과 같은 저분자량의 알코올), 에스테르(예컨대 탄산에틸렌 및/또는 탄산디메틸), 에테르(예컨대 디메틸에테르, 디에틸 에테르 및/또는 에틸 메틸 에테르), 유기산(예컨대 포름산, 아세트산, 올레산) 및/또는 알칸(예컨대 헥산, 헵탄, 이소옥탄)과 같은 것을 포함할 수 있다.

[0043] 다양한 실시예에서 침전제(241)는 복수의 비용매를 포함할 수 있다. 예컨대 침전제(241)는 제 1 비용매 및 제 2 비용매를 포함할 수 있다. 제 2 비용매는 제 1 비용매에 비해 작은 분자량을 가질 수 있다. 예컨대 제 1 비용매는 에탄올, 프로판올, 이소부탄올과 같은 알코올을 포함하고, 제 2 비용매는 메탄올 또는 물과 같은 제 1 비용매에 비해 낮은 분자량을 가지는 분자를 포함할 수 있다. 침전제(241)에서 제 1 비용매는 폴리스티렌 용액(210)의 폴리스티렌 용해도를 낮추는 주된 비용매로 작용하며, 제 2 비용매는 작은 분자량으로 인해 용해된 폴리스티렌 분자 사이로 침투하므로, 재생 폴리스티렌(240)이 작은 입자상 내지 분말상으로 석출되는 것을 촉진시킬 수 있다. 다양한 실시예에서 침전제(241)는 제 1 비용매로서 에탄올을 50 내지 90 중량% 포함하고, 메탄올을 2 내지 30 중량% 포함할 수 있다.

[0044] 다양한 실시예에서 침전제(241)는 폴리스티렌에 대한 양용매를 포함할 수 있다. 폴리스티렌의 양용매는 예컨대 폴리스티렌 용액(210)에 투입된 용매(212)와 동일 또는 유사한 것일 수 있다. 예컨대, 폴리스티렌 용액(210)에 투입된 용매(212)가 테르펜계 용매(예컨대 리모넨)인 경우에, 침전제(241)는 테르펜계 용매(예컨대 리모넨)를 포함할 수 있다. 폴리스티렌에 대한 양용매를 포함함으로써, 침전제(241)가 비용매만을 포함하는 경우에 비해 침전제(241)가 폴리스티렌 분자 사이에 용이하게 침투할 수 있고, 따라서 재생 폴리스티렌(240)이 입자상 내지 분말상으로 석출되는 것을 촉진시킬 수 있다. 다양한 실시예에서 침전제(241)는 양용매로서 리모넨을 2 내지 10 중량% 포함할 수 있다.

[0045] 본 발명의 실시예들에 따르면, 재생 폴리스티렌(240)이 입자상 내지 분말상으로 석출됨으로써, 석출된 재생 폴리스티렌(240)의 불순물 함량이 감소할 수 있다. 예를 들어, 재생 폴리스티렌(240)의 석출되는 크기가 커질수록 폴리스티렌 용액(210)에 용해된 상태로 잔류하는 불순물이 재생 폴리스티렌(240)에 포함될 가능성이 높아질 수 있다. 따라서 재생 폴리스티렌(240)이 입자상 내지 분말상으로 석출될 시에 재생 폴리스티렌(240)과 폴리스티렌 용액(210)의 분리가 용이해짐으로써 재생 폴리스티렌(240)의 불순물 함량을 감소시킬 수 있고, 또한 석출 동작 이후에 실시되는 재생 폴리스티렌(240)의 세척 및/또는 건조 공정도 용이해질 수 있다.

[0046] 다양한 실시예에서 침전제(241)는 퓨란계 용매를 포함할 수 있다. 퓨란계 용매는 침전제(241) 내에서 비용매와 양용매 모두에 대하여 양호한 혼화성을 가지므로, 침전제(241) 내에서 비용매와 양용매의 혼합을 용이하게 할 수 있다. 퓨란계 용매는 예컨데 테트라하이드로퓨란(tetrahydrofuran), 메틸 퓨란, 디메틸 퓨란, 에틸 퓨란 및/또는 퍼퓨릴 알코올(furfuryl alcohol)과 같은 것을 포함할 수 있다. 다양한 실시예에서 침전제(241)는 퓨란계 용매로서 테트라하이드로퓨란을 2 내지 10 중량% 포함할 수 있다.

[0047] 본 발명의 재생 폴리스티렌(240) 제조 방법의 불순물 제거 능력을 시험하기 위하여 본 발명의 실시예들 및 비교예에 의해 재생 폴리스티렌(240)을 제조하여, 여과된 폴리스티렌 용액(210)의 투과도 및 브롬(Br) 잔여량을 측정하였다. 시험 결과는 표 1에 나타내었다.

표 1

[0048]

구분	응집제 (중량%)	응집 조조제 (중량%)	투과도 (600nm)	브롬 잔류량 (ppm)
비교예1	-	-	0.40	267
실시예1	-	묽은 염산 0.1%	0.62	213
실시예2	-	묽은 염산 1%	0.63	221
실시예3	-	묽은 염산 10%	0.69	205
실시예4	아연 1%	묽은 염산 1%	0.73	97
실시예5	아연 3%	묽은 염산 1%	0.70	117
실시예6	아연 5%	묽은 염산 1%	0.64	131
실시예7	아연 7%	묽은 염산 1%	0.67	116
실시예8	탄산칼슘 1%	묽은 염산 1%	0.70	121
실시예9	탄산칼슘 3%	묽은 염산 1%	0.68	132
실시예10	탄산칼슘 5%	묽은 염산 1%	0.69	122

[0049] 상기 표 1에서 비교예는 본 발명의 응집 동작(102)을 수행하지 않고 여과 및 침전하여 제조된 것이다. 용액의 투과도는 UV-Vis 투과도 측정기로 측정한 것이며, 재생 폴리스티렌(240)의 브롬 잔류량은 XRF(x-ray fluorescence)로 측정하였다. 묽은 염산의 농도는 1M(3.65 중량%)이다.

[0050] 표 1을 참조하면, 응집 단계를 수행하지 않은 비교예는 여과된 폴리스티렌 용액(210)의 투과도가 낮아, 용액 내

에 필터(231)를 통해 여과되지 못한 불순물이 상대적으로 많이 포함되어 있음을 알 수 있다. 이와 대비하여 응집 조조제(222)로서 묽은 염산을 사용한 실시예 1 내지 3은 투과도가 상승하였음을 알 수 있다. 또한, 응집제(221)로서 아연 또는 탄산칼슘을 사용한 실시예 4 내지 10은 투과도가 상승하였음을 알 수 있다.

[0051] 또한 표 1을 참조하면, 응집 단계를 수행하지 않은 비교예 및 응집제(221)로서 아연 또는 탄산칼슘을 사용하지 않은 실시예 1내지 3은 재생 폴리스티렌(240)의 잔류 브롬 함량이 200ppm을 초과하는 반면, 응집제(221)로서 아연 또는 탄산칼슘을 사용한 실시예 4 내지 실시예 10은 브롬 함량이 97 내지 132ppm으로서 약 절반 수준으로 감소하였음을 알 수 있다. 따라서 본 발명에 따르면 불순물을 포함하는 저품위의 스크랩 폴리스티렌(211)(예컨대 생활포장재 또는 건축자재로 사용된 것)을 재생함에 따른 재생 폴리스티렌(240)의 물성 저하 및 환경 오염을 감소시킬 수 있음을 알 수 있다.

[0052] 본 발명의 재생 폴리스티렌(240)의 석출 형상을 확인하기 위하여 여과된 폴리스티렌 용액(210)을 석출시켜 석출 형상을 관찰하였다. 시험 결과는 표 2에 나타내었다.

표 2

[0053]

구분	성분 중량비 (에탄올:메탄올:퓨란:테르펜)	석출 형상
실시예11	27:3:0:0	덩어리 및 입자상
실시예12	27:3:1:0	입자상
실시예13	27:3:1:0.3	입자상
실시예14	27:3:1:1	입자상 및 분말상

[0054] 상기 표 2에서 제 1 비용매로서 에탄올 및 제 2 비용매로서 메탄올이 사용되었으며, '퓨란'은 테트라하이드로퓨란이며 '테르펜'은 테르펜계 용매로서 리모넨이다.

[0055] 표 2를 참조하면, 침전제(241)에 에탄올 및 메탄올을 포함하는 실시예 11은 일부 입자상으로 석출되는 재생 폴리스티렌(240)과 덩어리 상태로 석출되는 재생 폴리스티렌(240)이 혼합되었다. 반면 침전제(241)에 퓨란계 용매를 더 포함하는 실시예 12는 재생 폴리스티렌(240)이 입자상으로 석출되었으며, 퓨란 및 테르펜계 용매를 더 포함하는 실시예 13 및 14는 재생 폴리스티렌(240)이 입자상 내지 분말상으로 석출되었으며, 테르펜계 용매의 함량이 증가할수록 재생 폴리스티렌(240)의 입자 크기가 감소하였다

[0056] 본 발명의 침전제(241)의 조성에 따른 재생 폴리스티렌(240)의 석출 형상 및 최적의 침전제(241) 조성을 확인하기 위하여 다양한 조성의 침전제(241) 에 폴리스티렌 용액(210)을 추가적으로 첨가하여 관찰하였다. 시험 결과는 표 3에 나타내었다.

표 3

[0057]

구분	성분 중량비 (에탄올:메탄올:퓨란:테르펜)	석출 형상
실시예15	24:6:1:1	입자상 및 분말상
실시예16	24:6:2:2	입자상 및 분말상
실시예17	21:9:3:3	입자상
실시예18	29:1:3:2	분말상

[0058] 표 3을 참조하면, 에탄올, 메탄올, 퓨란계 용매 및 테르펜계 용매를 포함하는 본 발명의 실시예들은, 에탄올과 메탄올의 비가 24:6 내지 29:1일 때 석출되는 재생 폴리스티렌(240)의 입자 크기가 상대적으로 작았으며, 메탄올의 비율이 감소할수록 입자 크기가 감소하였다. 또한, 퓨란계 용매 및 테르펜계 용매는 비용매에 대하여 30:3 및 30:2의 비율로 혼합되는 것이 최적의 결과를 나타냄을 알 수 있다.

[0059] 위의 실험 결과들을 참조하면, 결과적으로 본 발명의 실시예들에 재생 폴리스티렌(240)의 불순물 제거, 세척 및 용매 분리에 유리한 입자상 내지 분말상의 재생 폴리스티렌(240)이 제조될 수 있어, 재생 폴리스티렌(240)의 품질 및 응용 범위가 증가하여 폴리스티렌의 재활용을 촉진할 수 있음을 알 수 있다.

[0060] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 재생 폴리스티렌의 제조 방법은, 스크랩 폴리스티렌(211)을 용매(212)에 용해시켜 폴리스티렌 용액(210)을 얻는 용해 동작(101), 상기 폴리스티렌 용액(210)에 응집제(221)를 첨가하여 불순

물을 응집시키는 응집 동작(102), 상기 폴리스티렌 용액(210)을 여과하여 응집된 상기 불순물을 분리시키는 여과 동작(103) 및 상기 여과된 폴리스티렌 용액(210a)을 폴리스티렌의 비용매를 포함하는 석출제(241)와 혼합하여 재생 폴리스티렌(240) 침전물을 얻는 침전 동작(104)를 포함할 수 있다.

[0061] 다양한 실시예에서, 상기 폴리스티렌 용액(210)의 폴리스티렌 농도는 5 내지 40 중량%일 수 있다.

[0062] 다양한 실시예에서, 상기 응집제(221)는 아연 분말을 포함할 수 있다.

[0063] 다양한 실시예에서, 상기 아연 분말은 상기 폴리스티렌 용액(210)에 대하여 0.1 내지 10 중량% 첨가될 수 있다.

[0064] 다양한 실시예에서, 상기 응집제(221)는 탄산칼슘을 포함할 수 있다.

[0065] 다양한 실시예에서, 상기 탄산칼슘은 상기 폴리스티렌 용액(210)에 대하여 0.1 내지 10 중량% 첨가될 수 있다.

[0066] 다양한 실시예에서, 상기 응집 동작(102)은 상기 폴리스티렌 용액(210)에 대하여 응집 보조제(222)를 첨가하는 동작을 포함할 수 있다.

[0067] 다양한 실시예에서, 상기 응집 보조제(222)는 농도가 1 내지 10 중량%인 염산을 포함할 수 있다.

[0068] 다양한 실시예에서, 상기 묽은 염산은 상기 폴리스티렌 용액(210)에 대하여 0.1 내지 10 중량% 첨가될 수 있다.

[0069] 다양한 실시예에서, 상기 용매(212)는 테르펜계 용매(terpene-based solvent)를 포함할 수 있다.

[0070] 다양한 실시예에서, 상기 테르펜계 용매는 리모넨(limonene)을 포함할 수 있다.

[0071] 다양한 실시예에서, 상기 석출제(241)는 제 1 비용매, 제 2 비용매 및 폴리스티렌의 양용매를 포함할 수 있다.

[0072] 다양한 실시예에서, 상기 제 1 비용매는 에탄올, 프로판올, 부탄올 또는 펜탄올 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0073] 다양한 실시예에서, 상기 제 2 비용매는 메탄올을 포함할 수 있다.

[0074] 다양한 실시예에서, 상기 폴리스티렌의 양용매는 테르펜계 용매를 포함할 수 있다.

[0075] 다양한 실시예에서, 상기 석출제(241)는 퓨란계 용매를 포함할 수 있다.

[0076] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 재생 폴리스티렌의 제조 방법은, 스크랩 폴리스티렌(211)을 용매(212)에 용해시켜 폴리스티렌 용액(210)을 얻는 용해 동작(101), 상기 폴리스티렌 용액(210)을 여과하여 응집된 상기 불순물을 분리시키는 여과 동작(103) 및 상기 여과된 용액을 석출제(241)와 혼합하여 재생 폴리스티렌(240) 침전물을 얻는 침전 동작(104)를 포함할 수 있다. 상기 석출제(241)는, 제 1 비용매, 상기 제 1 비용매에 비해 분자량이 작은 제 2 비용매 및 폴리스티렌에 대한 양용매를 포함할 수 있다.

[0077] 다양한 실시예에서, 상기 제 1 비용매는 에탄올, 프로판올, 부탄올 또는 펜탄올 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 제 2 비용매는 메탄올을 포함할 수 있다.

[0078] 다양한 실시예에서, 상기 석출제(241)는 퓨란계 용매를 포함할 수 있다.

[0079] 다양한 실시예에서, 상기 석출제(241)는 에탄올 50 내지 90 중량%, 메탄올 2 내지 30 중량%, 테트라하이드로퓨란 2 내지 10 중량% 및 리모넨 2 내지 10 중량%를 포함할 수 있다.

[0080] 또한, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시예는 본 발명의 실시예에 따른 기술 내용을 쉽게 설명하고 본 발명의 실시예의 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것일 뿐이며, 본 발명의 실시예의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 따라서 본 발명의 다양한 실시예의 범위는 여기에 개시된 실시예 이외에도 본 발명의 다양한 실시예의 기술적 사상을 바탕으로 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 다양한 실시예의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0082] 101: 용해 동작

102: 응집 동작

103: 여과 동작

104: 침전 동작

210: 폴리스티렌 용액

211: 스크랩 폴리스티렌

212: 용매

221: 응집제

222: 응집 보조제

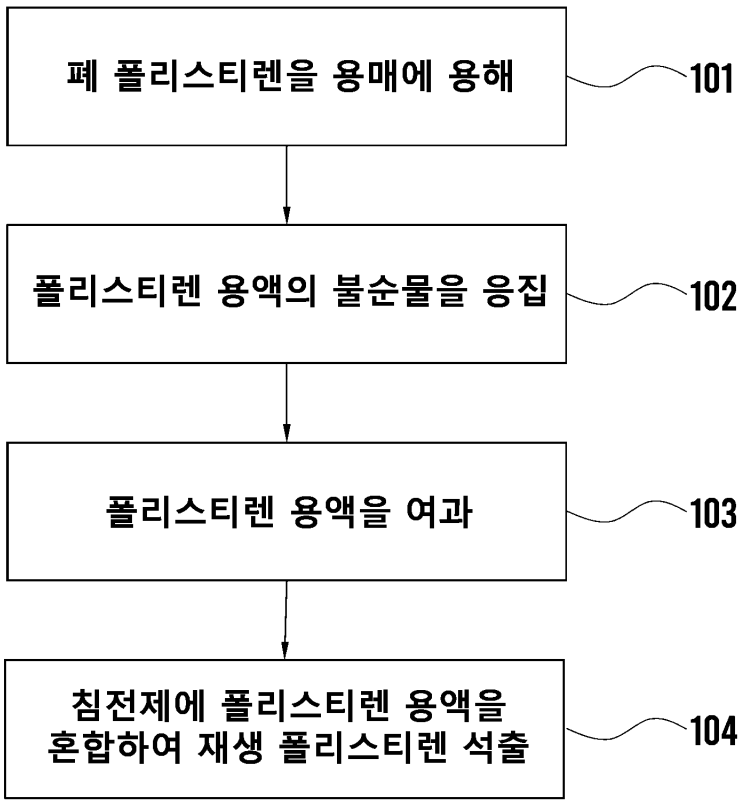
231: 필터

240: 재생 폴리스티렌

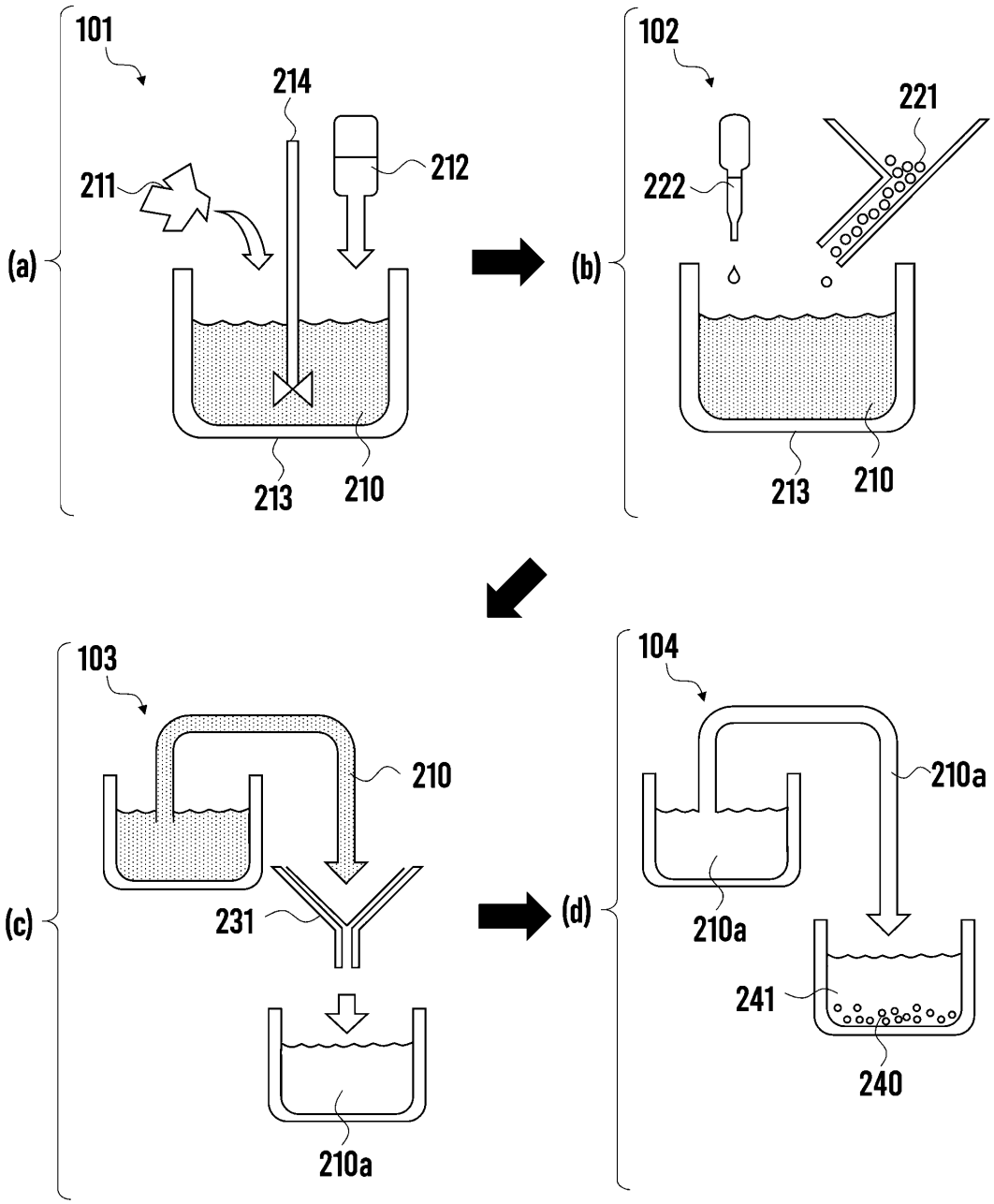
241: 석출제

도면

도면1



도면2


101
214
211
212
(a)
213
210
102
221
222
(b)
213
210
103
210
231
(c)
210a
104
210a
(d)
210a
241
240