(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0067520
(43) 공개일자 2025년05월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08G 59/20 (2006.01) *C08G 59/04* (2006.01)
C08G 59/30 (2006.01) *C08G 59/32* (2006.01)
C08L 63/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C08G 59/20 (2013.01)
C08G 59/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0153728
(22) 출원일자 2023년11월08일
심사청구일자 2023년11월08일

(71) 출원인
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
권동준
경상남도 진주시 진주대로 501, 404동 521호
이동현
경상남도 진주시 진주대로542번길 7-1, 304호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
두호특허법인

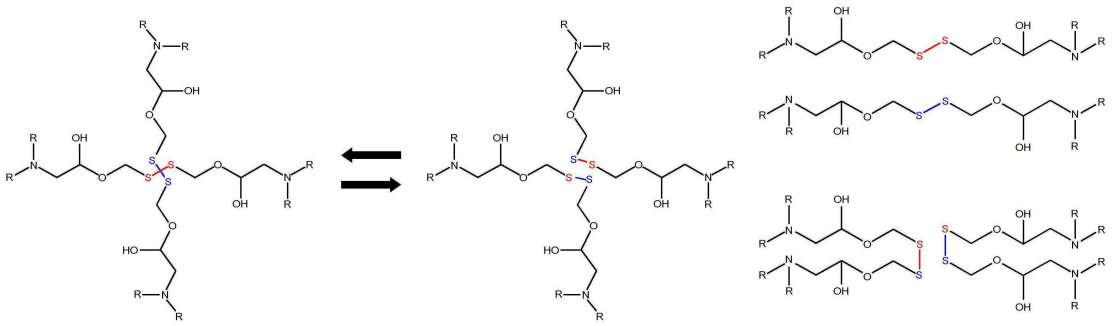
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **자가 치유성을 갖는 비트리머 에폭시 수지와 그 제조방법 및 이를 포함하는 복합재료**

(57) 요 약

본 발명의 실시예는 자가 치유성을 가짐으로써 내구성 및 수명을 증가시킬 수 있고 재가공 및 재활용이 가능한 비트리머 에폭시 수지와 그 제조방법 및 이를 포함하는 복합재료에 관한 것이다. 이를 위해, 본 발명의 실시예는 수산기 이황화물(hydroxyl disulfide)과, 에피클로로히드린(epichlorohydrin)과, 수산화 나트륨(sodium hydroxide), 및 테트라부틸암모늄 브롬화물(tetrabutylammnonium bromide)을 합성하여 제조되는 이황화 결합 에폭시; 및 상기 이황화 결합 에폭시와 배합되는 상용 에폭시;를 포함하는, 비트리머 에폭시 수지와 그 제조방법 및 이를 포함하는 복합재료가 제공된다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
C08G 59/302 (2013.01)
C08G 59/3263 (2013.01)
C08L 63/00 (2013.01)
(72) 발명자
이용석
제주특별자치도 제주시 서사로14길 43
양성백
경상남도 진주시 강남로189번길 28-3, 403호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1425179160
과제번호 00223433
부처명 중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명 중소기업정보기술진흥원
연구사업명 중소기업산학협력사업
연구과제명 (RCMS)지속사용 가능한 글램핑용 조립식 돔텐트 제조 공정 가속화 기술 개발
기 여 율 1/5
과제수행기관명 경상국립대학교 산학협력단
연구기간 2023.05.31 ~ 2023.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345366160
과제번호 2020R1A6A1A03038697
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공학학술연구기반구축 대학중점연구소
연구과제명 그린에너지융합연구소
기 여 율 1/5
과제수행기관명 경상국립대학교 산학협력단
연구기간 2020.06.01 ~ 2029.05.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415177480
과제번호 P0017310
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술진흥원
연구사업명 산업혁신인재성장지원(R&D)
연구과제명 동남권 첨단소재산업 발전을 위한 글로벌 E4인력 육성사업
기 여 율 1/5
과제수행기관명 경상국립대학교 산학협력단
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345370810
과제번호 2021RIS-003
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 지자체-대학 협력기반지역혁신사업
연구과제명 (울산경남지역혁신플랫폼)경상국립대학교
기 여 율 1/5
과제수행기관명 경상국립대학교 산학협력단
연구기간 2020.08.01 ~ 2025.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711194132
과제번호 00211944
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D) 우수연구-신진연구/우수신진
연구과제명 전기저항 측정법을 이용한 구조용 복합재료의 실시간 진단기술 연구
기 여 율 1/5
과제수행기관명 경상국립대학교 산학협력단
연구기간 2023.03.01 ~ 2027.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

수산기 이황화물(hydroxyl disulfide)과, 에피클로로히드린(epichlorohydrin)과, 수산화 나트륨(sodium hydroxide), 및 테트라부틸암모늄 브롬화물(tetrabutylammnonium bromide)을 합성하여 제조되는 이황화 결합 에폭시; 및

상기 이황화 결합 에폭시와 배합되는 상용 에폭시;를 포함하는, 비트리머 에폭시 수지.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 이황화 결합 에폭시는,

상기 수산기 이황화물과 상기 에피클로로히드린과 상기 수산화 나트륨 및 상기 테트라부틸암모늄 브롬화물이, 1 : 2.2 : 2.5 : 0.05 의 몰(mol)비로 합성되는, 비트리머 에폭시 수지.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 상용 에폭시와 상기 이황화 결합 에폭시는, 1 : 0.4~0.5 의 중량비(g)로 배합되는, 비트리머 에폭시 수지.

청구항 4

청구항 1의 비트리머 에폭시 수지; 및

상기 비트리머 에폭시 수지와 혼합되는 첨가제;를 포함하는, 복합재료.

청구항 5

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항의 비트리머 에폭시 수지의 제조방법으로서,

상기 수산기 이황화물과 상기 수산화 나트륨 및 상기 테트라부틸암모늄 브롬화물을 증류수에 녹여 알코올기를 활성화하여 제1 물질을 형성하는 단계;

상기 제1 물질에 상기 에피클로로히드린을 적가한 후 교반하여 제2 물질을 형성하는 단계;

상기 제2 물질로부터 유기용제로 에폭시를 분리하는 단계;

상기 분리된 에폭시로부터 용매를 제거한 후 건조하여, 이황화 결합 에폭시를 형성하는 단계; 및

상기 이황화 결합 에폭시와 상용 에폭시를 배합하는 단계;를 포함하는, 비트리머 에폭시 수지의 제조방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 제1 물질을 형성하는 단계에서, 상기 수산기 이황화물과 상기 수산화 나트륨 및 상기 테트라부틸암모늄 브롬화물은 1 : 2.5 : 0.05 의 몰(mol)비로 상기 증류수에 혼합되며,

상기 제2 물질을 형성하는 단계에서, 상기 에피클로로히드린은 2.2 의 몰비로 상기 제1 물질에 적가되는, 비트리머 에폭시 수지의 제조방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 제1 물질을 형성하는 단계에서,

상기 수산기 이황화물과 상기 수산화 나트륨 및 상기 테트라부틸암모늄 브롬화물의 총량 10wt% 대비 상기 증류수는 90wt%로 이루어지는, 비트리머 에폭시 수지의 제조방법.

청구항 8

청구항 5에 있어서,

상기 이황화 결합 에폭시와 사용 에폭시를 배합하는 단계에서,

상기 상용 에폭시와 상기 이황화 결합 에폭시는, 1 : 0.4~0.5 의 중량비(g)로 배합되는, 비트리머 에폭시 수지의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예는 자가 치유성을 가짐으로써 내구성 및 수명을 증가시킬 수 있고 재가공 및 재활용이 가능한 비트리머 에폭시 수지와 그 제조방법 및 이를 포함하는 복합재료에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 전 세계적으로 환경문제로 인하여 탄소 규제가 엄격해지고 있고, 대기 중 탄소를 감소시키기 위한 사회적 노력이 이루어지고 있다.

[0004] 이에, 모빌리티 분야에서는 전기 자동차화, 수소 자동차화 및 자동차 차체의 경량화 등을 달성하기 위해 노력하고 있으며, 특히 자동차 차체의 경량화를 위하여 고분자 복합재료를 도입하고 있는데, 기존 알루미늄 철 등 금속 재료와 새로 도입된 고분자 복합재료의 이종계면 접착 시 열팽창계수의 차이로 인하여 접착력이 감소함으로써 접합부가 파괴되어 복구가 쉽지 않다는 문제점이 발생되고 있다.

[0005] 그리고, 구조용 복합재료의 경우 기계적 물성을 만족시키기 위하여 열경화성 고분자를 사용하는 경우가 많은데, 상기 열경화성 고분자를 포함하는 복합재료의 경우에는 구조물이 파괴되거나 수명이 다하면 재용융 및 재용해와 같은 재활용 방법이 제한적인 문제점이 있었다.

[0006] 또한, 상기 열경화성 복합재료의 재활용을 위하여 파쇄 후 필러로 이용하거나 화학적 처리 후 재성형을 할 때에는 2차적인 환경 오염이 발생할 수 있다.

[0007] 이에, 구조용 복합재료의 수명을 증가시킬 수 있고, 재가공 및 재사용 등이 가능하고 구조용 복합재료에 사용 가능한 비트리머 에폭시 수지의 개발이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-2310558호 (2021.10.01.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 실시예는 손상 시 자가 치유로 인하여 내구성 및 수명을 증가시킬 수 있는 자가 치유성을 갖는 비트리머 에폭시 수지와 그 제조방법 및 이를 포함하는 복합재료를 제공하기 위한 것이다.

[0011] 그리고, 본 발명의 실시예는 고온에서 재가공이 가능하고 재활용이 가능함으로써 경제적인 자가 치유성을 갖는 비트리머 에폭시 수지와 그 제조방법 및 이를 포함하는 복합재료를 제공하기 위한 것이다.

[0012] 또한, 본 발명의 실시예는 접착제 등에 적용 시 다수의 접착 및 제거가 가능한 자가 치유성을 갖는 비트리머 에폭시 수지와 그 제조방법 및 이를 포함하는 복합재료를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 수산기 이황화물(hydroxyl disulfide)과, 에피클로로히드린(epichlorohydrin)과, 수산화 나트륨(sodium hydroxide), 및 테트라부틸암모늄 브롬화물(tetrabutylammnonium bromide)을 합성하여 제조되는 이황화 결합 에폭시; 및 상기 이황화 결합 에폭시와 배합되는 상용 에폭시;를 포함하는, 비트리머 에폭시 수지가 제공된다.

[0015] 여기서, 상기 이황화 결합 에폭시는, 상기 수산기 이황화물과 상기 에피클로로히드린과 상기 수산화 나트륨 및 상기 테트라부틸암모늄 브롬화물이, 1 : 2.2 : 2.5 : 0.05 의 몰(mol)비로 합성될 수 있다.

[0016] 그리고, 상기 상용 에폭시와 상기 이황화 결합 에폭시는, 1 : 0.4~0.5 의 중량비(g)로 배합될 수 있다.

[0018] 본 발명의 다른 일 실시예에 따르면, 상기 비트리머 에폭시 수지의 제조방법으로서, 상기 수산기 이황화물과 상기 수산화 나트륨 및 상기 테트라부틸암모늄 브롬화물을 증류수에 녹여 알코올기를 활성화하여 제1 물질을 형성하는 단계; 상기 제1 물질에 상기 에피클로로히드린을 적가한 후 교반하여 제2 물질을 형성하는 단계; 상기 제2 물질로부터 유기용제로 에폭시를 분리하는 단계; 상기 분리된 에폭시로부터 용매를 제거한 후 건조하여, 이황화 결합 에폭시를 형성하는 단계; 및 상기 이황화 결합 에폭시와 상용 에폭시를 배합하는 단계;를 포함하는, 비트리머 에폭시 수지의 제조방법이 제공된다.

[0019] 여기서, 상기 제1 물질을 형성하는 단계에서, 상기 수산기 이황화물과 상기 수산화 나트륨 및 상기 테트라부틸암모늄 브롬화물은 1 : 2.5 : 0.05 의 몰(mol)비로 상기 증류수에 혼합될 수 있다.

[0020] 이때, 상기 제1 물질을 형성하는 단계에서, 상기 수산기 이황화물과 상기 수산화 나트륨 및 상기 테트라부틸암모늄 브롬화물의 총량 10wt% 대비 상기 증류수는 90wt%로 이루어질 수 있다.

[0021] 그리고, 상기 제2 물질을 형성하는 단계에서, 상기 에피클로로히드린은 2.2 의 몰비로 상기 제1 물질에 적가될 수 있다.

[0022] 또한, 상기 이황화 결합 에폭시와 상기 사용 에폭시를 배합하는 단계에서, 상기 상용 에폭시와 상기 이황화 결합 에폭시는, 1 : 0.4~0.5 의 중량비(g)로 배합될 수 있다.

[0024] 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따르면, 상기 비트리머 에폭시 수지; 및 상기 비트리머 에폭시 수지와 혼합되는 첨가제;를 포함하는, 복합재료가 제공된다.

발명의 효과

[0026] 본 발명의 실시예에 따르면, 손상 시 자가 치유로 인하여 내구성 및 수명을 증가시킬 수 있는 이점이 있다.

[0027] 그리고, 본 발명의 실시예에 따르면, 고온에서 재가공이 가능하고 재활용이 가능함으로써 경제적인 이점이 있다.

[0028] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 접착제 등에 적용 시 다수의 재접착 및 제거가 가능하는 등과 같이 다른 재료에 적용 시 재료의 특성을 활용할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 비트리머 에폭시 수지의 자가치유 반응 매커니즘을 나타낸 도면

도 2는 도 1의 비트리머 에폭시 수지에서 이황화 결합 에폭시의 자가치유를 나타낸 도면

도 3은 도 1의 비트리머 에폭시 수지에서 이황화 결합 에폭시와 상용 에폭시의 배합별 인장시험 결과를 나타낸 그래프

도 4는 도 1의 비트리머 에폭시 수지에서 자가치유후 인장시험 결과를 이황화 결합 에폭시와 상용 에폭시의 배합별로 나타낸 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 이하의 상세한 설명은 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 개시되는 실시예들은 이에 제한되지 않는다.

[0032] 실시예들을 설명함에 있어서, 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 개시되는 실시예들의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 개시되는 실시예들에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 실시예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 비트리머 에폭시 수지의 자가치유 반응 매커니즘을 나타낸 도면이고, 도 2는 도 1의 비트리머 에폭시 수지에서 이황화 결합 에폭시의 자가치유를 나타낸 도면이다. 그리고, 도 3은 도 1의 비트리머 에폭시 수지에서 이황화 결합 에폭시와 상용 에폭시의 배합별 인장시험 결과를 나타낸 그래프이고, 도 4는 도 1의 비트리머 에폭시 수지에서 자가치유후 인장시험 결과를 이황화 결합 에폭시와 상용 에폭시의 배합별로 나타낸 그래프이다.

[0035] 본 발명의 일 실시예에 따른 비트리머 에폭시 수지는, 수산기 이황화물(hydroxyl disulfide)과 에피클로로히드린(epichlorohydrin)과 수산화 나트륨(sodium hydroxide) 및 테트라부틸암모늄 브롬화물(tetrabutylammnonium bromide)을 합성하여 제조되는 이황화 결합 에폭시, 그리고 상기 이황화 결합 에폭시와 배합되는 상용 에폭시를 포함할 수 있다.

[0036] 보다 상세하게, 상기 이황화 결합 에폭시는, 상기 수산기 이황화물과 상기 에피클로로히드린과 상기 수산화 나트륨 및 상기 테트라부틸암모늄 브롬화물이, 1 : 2.2 : 2.5 : 0.05 의 몰(mol)비로 합성될 수 있다.

[0037] 상기와 같이 합성된 이황화 결합 에폭시는 상기 상용 에폭시와 배합될 수 있는데, 여기서 상기 상용 에폭시와 상기 이황화 결합 에폭시는, 하기 표 1에서와 같이 1 : 0.3~0.7 의 중량비(g)로 배합될 수 있다.

표 1

[0038]

	이황화 결합 에폭시(g)	상용 에폭시(KFR120V, g)
Neat	0	1
DS-0.3	0.3	1

Ds-0.4	0.4	1
DS-0.5	0.5	1
DS-0.7	0.7	1

[0039] 상기와 같이 상용 에폭시와 이황화 결합 에폭시의 배합으로 제조된 비트리머 에폭시 수지는, 도 1에서와 같이 손상이 가해지면 이황화 결합 에폭시의 이황화 결합의 교환에 의한 반응 메커니즘을 통해 자가 치유(회복)가 가능하다.

[0040] 특히, 상기 상용 에폭시와 상기 이황화 결합 에폭시는, 1 : 0.4 또는 1 : 0.5 의 중량비(g)로 배합될 시 모듈러스 값은 유지하며 자가 치유 효과를 줄 수 있어 바람직하다.

[0041] 이때, 상기 상용 에폭시와 상기 이황화 결합 에폭시의 배합 시, 아민 질량(g)=에폭시 질량(g)×아민당량(g/aq)/에폭시 당량(g/eq) 식을 이용하여 배합비를 설정하였다.

[0042] 그리고, 일 예로, 상기 사용 에폭시와 상기 이황화 결합 에폭시의 배합 후에는 대략 80℃에서 4시간 정도 경화시킨 후 2시간 정도의 안정화 시간을 가진다. 상기 경화 시 2차, 3차 아민계 촉매를 첨가함으로써 상온 또는 고온에서 자가 치유 및 재가공이 가능하다.

[0043] 즉, 도 2에서와 같이, 상기 이황화 결합 에폭시를 함유하고 있을 경우, 손상이 되더라도 이황화 결합의 교환에 의해 손상된 부위에 재결합이 일어나며 이에 자가 치유 및 재가공이 가능하다.

[0044] 한편, 도 3은 상기 표 1에서 언급한 상용 에폭시와 이황화 결합 에폭시의 중량비로 배합된 비트리머 에폭시 수지의 배합비 별 인장시험 결과를 나타낸 그래프로서, 상기 상용 에폭시와 상기 이황화 결합 에폭시가 1 : 0.4로 배합되어 비트리머 에폭시 수지 시편을 제조하여 인장강도를 테스트한 결과를 예를 들면, 인장강도는 20.475 MPa로 이황화 결합 에폭시가 혼합되지 않은 기존 에폭시(Neat)가 인장강도 75.77 MPa 였던 것에서 72.90% 저하가 있었고, 도 4에서와 같이 모듈러스 값은 1380.465 MPa로 기존 에폭시(Neat)가 2314.06 MPa로 40%dml 저하가 있었으나, 파단신율은 85.619%로 기존의 에폭시(Neat)가 4.786%로 5.589배 향상된 것을 알 수 있으며, 아울러 파단 후 1회의 자가 치유가 가능한 것을 확인하였다.

[0046] 한편, 상기 비트리머 에폭시 수지는, 종류에 상관없이 다양한 첨가제와 혼합되어 특성을 강화시키는 다양한 복합재료를 구성할 수 있다.

[0047] 일 예로, 상기 비트리머 에폭시 수지는 나노 섬유 또는 나노 입자 등의 첨가제와 혼합되어 특성이 강화된 구조용 복합재료로 제작될 수 있으며, 이와 같이 제작된 복합재료는 대략 120℃의 고온에서 전술한 바와 같이 이황화 결합의 교환에 의해 자가 치유 및 재가공이 가능하다.

[0048] 다른 일 예로, 상기 비트리머 에폭시 수지는 접착성을 갖는 첨가제와 혼합되어 비트리머 에폭시 접착제로 적용될 수 있으며, 이와 같이 제조된 비트리머 에폭시 접착제는 대략 120℃의 고온에서 전술한 바와 같이 이황화 결합의 교환에 의해 자가 치유성을 통해 재접착 등 재가공이 가능하다.

[0050] 다음으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 비트리머 에폭시 수지의 제조방법을 설명하면 다음과 같다.

[0051] 본 발명의 일 실시예에 따른 비트리머 에폭시 수지의 제조방법은, 상기 수산기 이황화물과 상기 수산화 나트륨 및 상기 테트라부틸암모늄 브롬화물을 증류수에 녹여 알코올기를 활성화하여 제1 물질을 형성하는 단계와, 상기 제1 물질에 상기 에피클로로히드린을 적가한 후 교반하여 제2 물질을 형성하는 단계와, 상기 제2 물질로부터 유기용제로 에폭시를 분리하는 단계와, 상기 분리된 에폭시로부터 용매를 제거한 후 건조하여 이황화 결합 에폭시를 형성하는 단계, 및 상기 이황화 결합 에폭시와 상용 에폭시를 배합하는 단계를 포함할 수 있다.

[0052] 여기서, 상기 제1 물질을 형성하는 단계에서, 상기 수산기 이황화물과 상기 수산화 나트륨 및 상기 테트라부틸암모늄 브롬화물은 1 : 2.5 : 0.05 의 몰(mol)비로 상기 증류수에 혼합되어 대략 70℃에서 녹여질 수 있다.

[0053] 이때, 상기 제1 물질을 형성하는 단계에서, 상기 수산기 이황화물과 상기 수산화 나트륨 및 상기 테트라부틸암모늄 브롬화물의 총량 10wt% 대비 상기 증류수는 90wt%로 이루어질 수 있다.

[0054] 그리고, 상기 제2 물질을 형성하는 단계에서, 상기 에피클로로히드린은 2.2 의 몰비로 대략 0℃에서 상기 제1

물질에 적가된 후 8시간 정도 교반될 수 있다.

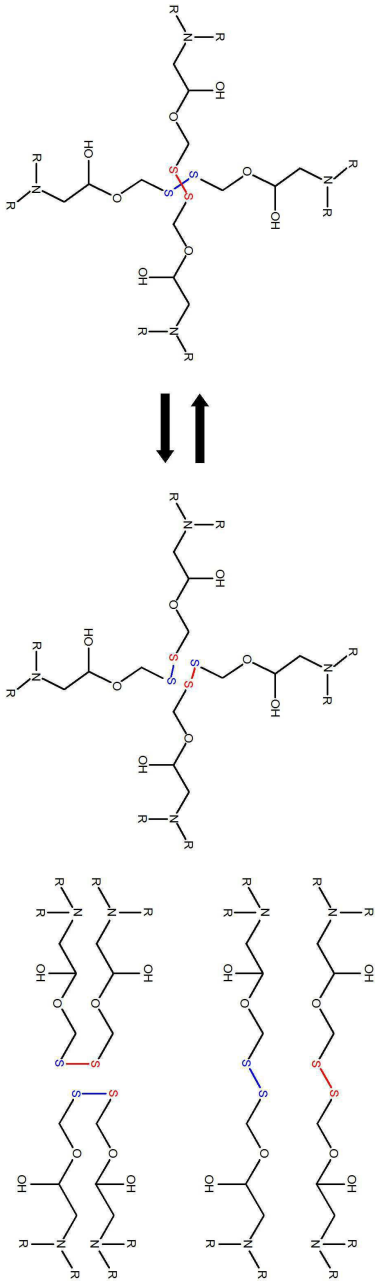
[0055] 또한, 상기 이황화 결합 에폭시와 상기 사용 에폭시를 배합하는 단계에서, 상기 상용 에폭시와 상기 이황화 결합 에폭시는, 1 : 0.3~0.7 의 중량비(g)로 배합될 수 있다.

[0056] 특히, 상기 상용 에폭시와 상기 이황화 결합 에폭시는, 1 : 0.4 또는 1 : 0.5 의 중량비(g)로 배합될 시 모듈러스 값은 유지하며 자가 치유 효과를 줄 수 있어 바람직하다.

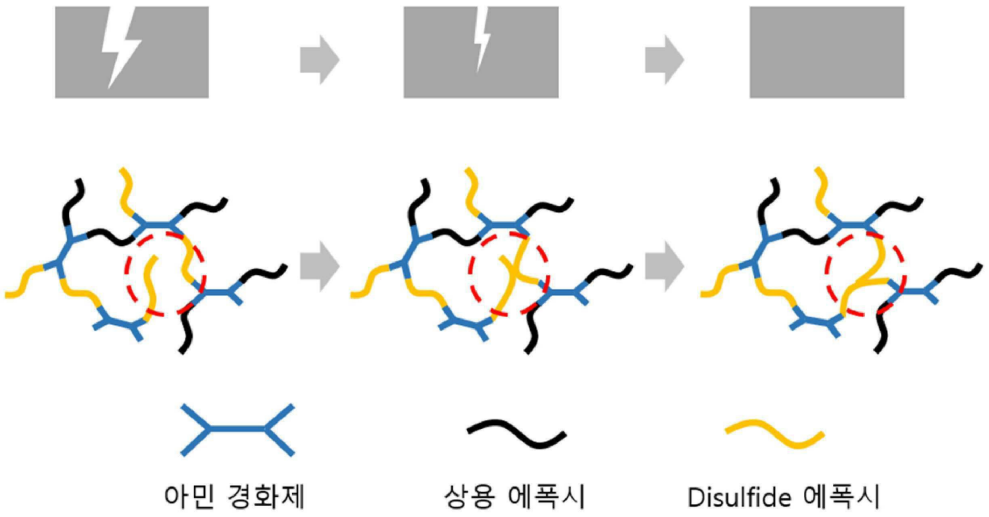
[0058] 이상에서 본 발명의 대표적인 실시예들을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

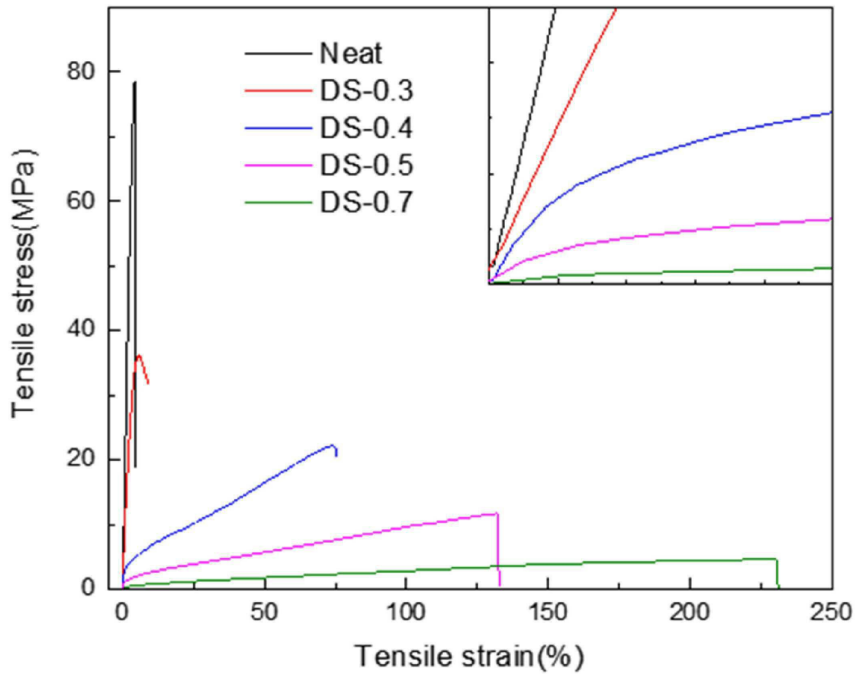
도면1



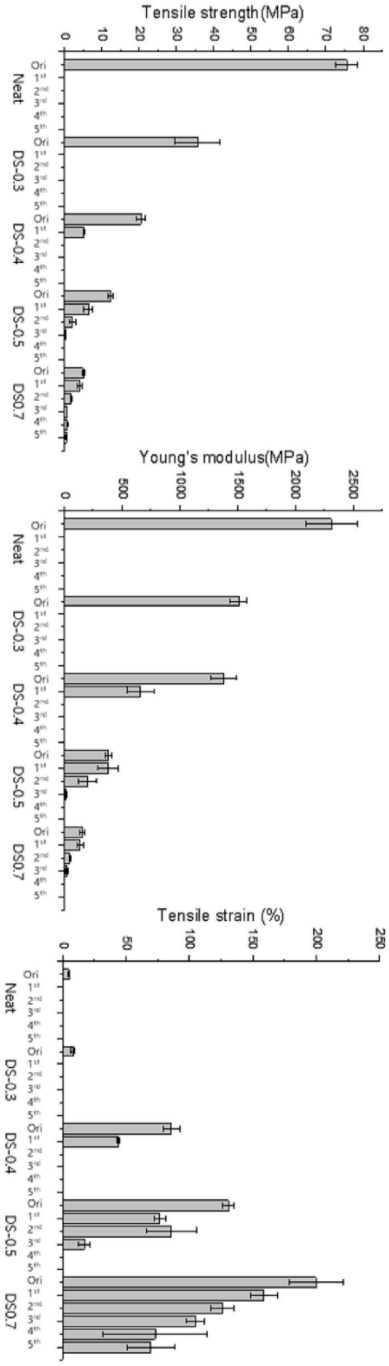
도면2


아민 경화제
상용 에폭시
Disulfide 에폭시

도면3


Neat
DS-0.3
DS-0.4
DS-0.5
DS-0.7
Tensile stress(MPa)
Tensile strain(%)
0
20
40
60
80
0
50
100
150
200
250

도면4


Tensile strength(MPa)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
Neat
DS-0.3
DS-0.4
DS-0.5
DS0.7
Ori
1st
2nd
3rd
4th
5th
Young's modulus(MPa)
0
500
1000
1500
2000
2500
Tensile strain (%)
0
50
100
150
200
250