(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0072976
(43) 공개일자 2019년06월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29C 70/48 (2018.01) *B29C 37/00* (2006.01)
B29C 70/44 (2018.01) *B29C 70/54* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B29C 70/48 (2013.01)
B29C 70/443 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0174172
(22) 출원일자 2017년12월18일
심사청구일자 2017년12월18일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박영빈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
정창윤
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
전용준

전체 청구항 수 : 총 8 항

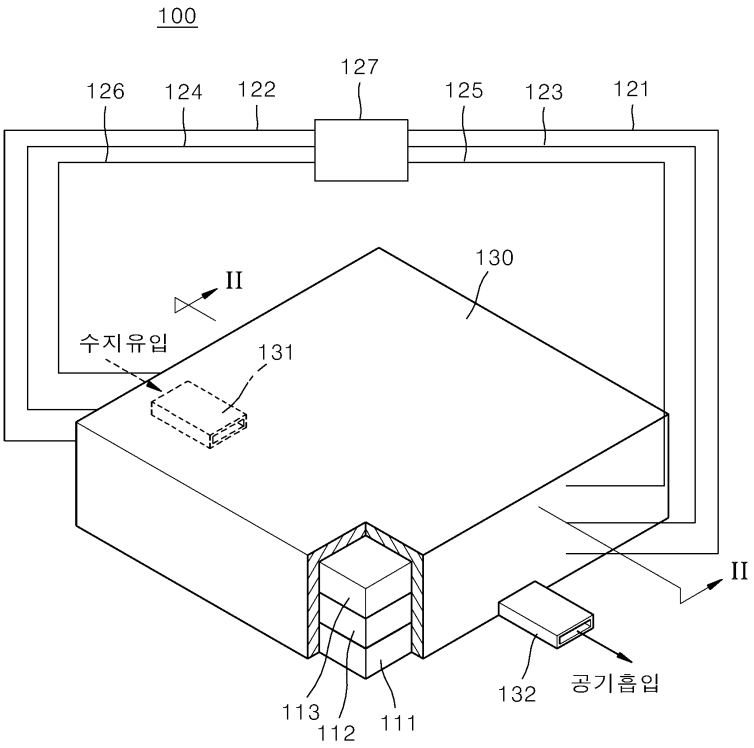
(54) 발명의 명칭 **브이에이알티엠(VARTM)에 의한 수지 복합체 제조 시, 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법**

(57) 요 약

본 발명은 상하 방향으로 적층된 구조를 가지며, 직조된 형태의 복수 개의 도전성 섬유시트들을 배치하는 단계, 상기 각 도전성 섬유 시트들의 전방 단부 및 후방 단부에 각각 전기적으로 연결되는 복수 개의 전극쌍들을 포함하고, 상기 복수 개의 전극쌍들을 이용하여 상기 각 도전성 섬유 시트의 저항 변화를 측정하는 저항측정 모듈을

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



연결하는 단계, 상기 도전성 섬유 시트들을 밀봉부재로 밀봉시키는 단계, 상기 도전성 섬유 시트들이 비도전성 수지에 함침되도록 상기 밀봉부재 내부로 상기 비도전성 수지를 공급하여, 상기 도전성 섬유 시트들의 전방 단부로부터 상기 도전성 섬유 시트들의 후방 단부를 향하도록 유동시키는 단계 및 상기 비도전성 수지에 상기 도전성 섬유 시트들이 함침되기 시작하면, 상기 쌍을 이루는 전극들 사이의 저항을 상기 저항측정 모듈을 이용하여 측정하는 단계를 포함하는, 브이에이알티엠(VARTM)에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법을 제공한다.

따라서, 도전성 섬유 시트 자체를 센서로 활용함으로써, 별도의 측정 센서를 필요로 하지 않으므로 센서 삽입 시 발생되는 기계적 특성 저하를 감소시키고 제조공정 모니터링 효과를 증가시킨다.

(52) CPC특허분류
B29C 70/54 (2013.01)
B29C 2037/90 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

상하 방향으로 적층된 구조를 가지며, 직조된 형태의 복수 개의 도전성 섬유시트들을 배치하는 단계;

상기 각 도전성 섬유 시트들의 전방 단부 및 후방 단부에 각각 전기적으로 연결되는 복수 개의 전극쌍들을 포함하고, 상기 복수 개의 전극쌍들을 이용하여 상기 각 도전성 섬유 시트의 저항 변화를 측정하는 저항측정 모듈을 연결하는 단계;

상기 도전성 섬유 시트들을 밀봉부재로 밀봉시키는 단계;

상기 도전성 섬유 시트들이 비도전성 수지에 함침되도록 상기 밀봉부재 내부로 상기 비도전성 수지를 공급하여, 상기 도전성 섬유 시트들의 전방 단부로부터 상기 도전성 섬유 시트들의 후방 단부를 향하도록 유동시키는 단계; 및

상기 비도전성 수지에 상기 도전성 섬유 시트들이 함침되기 시작하면, 상기 쌍을 이루는 전극들 사이의 저항을 상기 저항측정 모듈을 이용하여 측정하는 단계를 포함하는, 브이에이알티엠(VARTM)에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 도전성 섬유시트들은 탄소섬유 시트들로 형성되는, 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 쌍을 이루는 전극들 사이의 저항을 저항측정 모듈을 이용하여 측정하는 단계에서,

상기 복수 개의 전극쌍들 중 일 전극쌍에서 측정된 저항의 변화가 최대인 최대값을 도출하고,

상기 최대값을 이용하여 상기 비도전성 수지의 점도를 예측하는, 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 쌍을 이루는 전극들 사이의 저항을 저항측정 모듈을 이용하여 측정하는 단계에서,

상기 복수 개의 전극쌍들 중 일 전극쌍에서 측정된 저항의 변화가 최대인 최대값일 때의 시간을 도출하고,

상기 도출된 시간을 이용하여 상기 비도전성 수지의 점도를 예측하는, 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 쌍을 이루는 전극들 사이의 저항을 저항측정 모듈을 이용하여 측정하는 단계에서,

상기 복수 개의 전극쌍들 중 일 전극쌍에서 측정된 저항의 변화가 최대인 최대값일 때의 시간을 도출하고,

상기 도출된 시간에서 상기 일 전극쌍이 설치된 상기 도전성 섬유시트의 경화가 시작되는 것으로 예측하는, 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 쌍을 이루는 전극들 사이의 저항을 저항측정 모듈을 이용하여 측정하는 단계에서,

상기 복수 개의 전극쌍들 중 일 전극쌍에서 측정된 저항의 변화가 최소인 최소값일 때의 시간을 도출하고,

상기 도출된 시간에서 상기 일 전극쌍이 설치된 상기 도전성 섬유시트의 경화가 완료되는 것으로 예측하는, 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 밀봉부재는, 상기 섬유시트들의 길이 방향을 따라 상호 마주하는 유입구와 유출구가 형성되며,

상기 유입구에는 상기 비도전성 수지를 공급하는 수지공급튜브가 연결되고,

상기 유출구에는 진공펌프와 연결된 진공흡입튜브가 연결되는, 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 저항측정 모듈로 측정된 저항값들을 모니터링하고 이에 근거하여 상기 비도전성 수지의 공급을 제어하는 단계를 더 포함하는, 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시, 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 과정에서, 비도전성 수지가 도전성 섬유 시트를 함침함에 따라, 도전성 섬유 시트의 저항이 변화하는 것을 측정함으로써 공급되는 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도를 측정할 수 있는, 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시, 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로, 고분자 섬유강화 복합재료는 비강도 및 비강성이 매우 우수하여 금속소재의 대체 소재로서 최근 많은 분야에서 응용되고 있다. 이러한 특징을 갖는 고분자 섬유강화 복합재료를 제작하는 공정방법은 매우 다양하게 제안되어 있지만, 특히 공정 단가가 낮으며, 품질과 대량 생산 등이 가능한 공정법으로 VARTM이 가장 널리 사용되고 있다. VARTM은 진공포장된 강화 섬유에 액상 고분자를 침투시켜 섬유를 모두 함침 시킨 후 고분자를 경화시키는 과정을 거치게 된다. 이때, 액상 고분자의 침투는 유출구(outlet) 쪽의 진공 압력과 유입구(inlet) 쪽의 상압 액상 고분자 사이의 기압차를 이용하게 되는데, 이 기압차는 제품의 두께 균일도에 영향을 주게 되는 문제점이 있다.

[0003] 최근에는 액상 고분자 주입 압력을 상압유지하고 함침 속도를 유지하면서 두께 균일도를 향상시킬 수 있는 방법이 제안되고 있다. 그러나 이러한 방법도 액상 고분자의 경화 정도, 흐름 및 함침 정도를 측정하여 조절함으로써 더 균일한 복합재료를 만드는 데는 미흡한 점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2009-0051628

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 과정에서, 비도전성 수지가 도전성 섬유 시트를 함침함에 따라, 도전성 섬유 시트의 저항이 변화하는 것을 측정함으로써 공급되는 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도를 측정할 수 있는, 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시, 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명은 상하 방향으로 적층된 구조를 가지며, 직조된 형태의 복수 개의 도전성 섬유시트들을 배치하는 단계, 상기 각 도전성 섬유 시트들의 전방 단부 및 후방 단부에 각각 전기적으로 연결되는 복수 개의 전극쌍들을 포함하고, 상기 복수 개의 전극쌍들을 이용하여 상기 각 도전성 섬유 시트의 저항 변화를 측정하는 저항측정 모듈을 연결하는 단계, 상기 도전성 섬유 시트들을 밀봉부재로 밀봉시키는 단계, 상기 도전성 섬유 시트들이 비도전성 수지에 함침되도록 상기 밀봉부재 내부로 상기 비도전성 수지를 공급하여, 상기 도전성 섬유 시트들의 전방 단부로부터 상기 도전성 섬유 시트들의 후방 단부를 향하도록 유동시키는 단계 및 상기 비도전성 수지에 상기 도전성 섬유 시트들이 함침되기 시작하면, 상기 쌍을 이루는 전극들 사이의 저항을 상기 저항측정 모듈을 이용하여 측정하는 단계를 포함하는, 브이에이알티엠(VARTM)에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0007] 본 발명에 따른 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도 측정 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0008] 첫째, 도전성 섬유 시트 자체를 센서로 활용함으로써, 별도의 측정 센서를 필요로 하지 않으므로 센서 삽입 시 발생되는 기계적 특성 저하를 감소시키고 제조공정 모니터링 효과를 증가시킨다.

[0009] 둘째, 도전성 섬유 시트의 저항 변화를 측정하여 공급되는 수지의 함침 정도뿐 만아니라, 경화 거동 및 흐름도 측정할 수 있다.

[0010] 셋째, 측정된 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도를 통해서 수지의 공급을 적절하게 조절할 수 있으므로, 균일한 섬유 복합체 형성이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도를 측정하기 위한 장치의 개략적인 사시도이다.

도 2는 도 1에 도시된 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도를 측정하기 위한 장치의 Ⅱ-Ⅱ선을 취한 단면도이다.

도 3은 점도가 상이한 수지들을 밀봉부재 내부로 주입 후, 시간의 흐름에 따른 탄소 섬유 시트에서의 위치를 측정한 실험 자료이다.

도 4는 점도가 상이한 수지들을 밀봉부재 내부로 주입 후, 시간의 흐름에 따른 단일한 탄소 섬유 시트에서의 저항의 변화를 측정한 실험 자료이다.

도 5는 점도가 동일한 수지를 밀봉부재 내부로 주입 후, 시간의 흐름에 따른 단일한 탄소 섬유 시트에서의 저항 변화를 측정한 실험 자료이다.

도 6은 복수의 탄소 섬유 시트들을 적층하고, 점도가 상이한 수지들을 밀봉부재 내부로 주입 후, 시간의 흐름에 따른 복수의 탄소 섬유 시트들의 저항의 변화를 측정한 실험 자료이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0013] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 브이에이알티엠(VARTM)에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도를 측정하기 위해서는, 도전성 섬유 시트들(110), 제어모듈(120), 밀봉부재(130)를 포함하는 장치(100)를 필요로 한다.

[0014] 상기 도전성 섬유 시트들(110)은 제1도전성 섬유 시트(111), 제2도전성 섬유 시트(112) 및 제3도전성 섬유 시트(113)를 포함한다. 상기 제1도전성 섬유 시트(111), 상기 제2도전성 섬유 시트(112) 및 상기 제3도전성 섬유 시트(113)는 동일한 탄소 섬유 시트로 형성된다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 변경이 가능하다. 상기 도전성 시트들(110)은 세 개의 도전성 시트들로 형성되어 있지만 이는 일 실시예에 불과하다. 따라서 상기 도전성 섬유 시트들(110)은 이에 한정되지 않고 적어도 두 개 이상의 도전성 섬유 시트들이 적층되는 형태로 변경이 가능하다.

[0015] 상기 제1도전성 섬유 시트(111), 상기 제2도전성 섬유 시트(112) 및 제3도전성 섬유 시트(113)의 각 전방 단부 및 후방 단부에는 도면에는 도시되지 않았지만 각각 전기적으로 연결되는 전극쌍들이 연결된다. 상기 전극쌍들은 상기 제어모듈(120)과 연결되어 상기 도전성 섬유 시트들(110)을 상기 제어모듈(120)과 전기적으로 연결시킨다.

[0016] 상기 도전성 섬유 시트들(110)은 도전성이 있으므로 상기 도전성 섬유 시트들(110)에 비도전성 수지가 공급되어 상기 비도전성 수지가 상기 도전성 섬유 시트들(110)에 흐르거나, 상기 도전성 섬유 시트들(110) 상에서 경화되거나, 상기 도전성 섬유 시트들(110)에 함침되면 저항이 변화되어, 상기 도전성 섬유 시트들(110) 자체가 센서 역할을 한다. 따라서 별도의 센서를 부착하지 않고도 상기 도전성 섬유 시트들(110)의 저항 변화를 측정함으로써, 상기 도전성 섬유 시트들(110) 상에서 상기 수지가 어느 정도까지 흐르고 있는지, 어느 정도 경화된 상태인지 및 어느 정도 함침된 상태인지를 측정할 수 있다. 그러므로 별도의 센서를 삽입할 필요가 없어서, 센서 삽입 시 발생되는 기계적 특성 저하를 감소시키고, 제조공정 모니터링 시 센서에 의한 시야 방해를 방지하는 효과를 얻을 수 있다.

[0017] 상기 제어모듈(120)은 제1도전성 라인(121), 제2도전성 라인(122), 제3도전성 라인(123), 제4도전성 라인(124), 제5도전성 라인(125), 제6도전성 라인(126) 및 제어부(127)를 포함한다.

[0018] 상기 제1도전성 라인(121)은 상기 제1도전성 섬유 시트(111)의 후방 단부에 연결되고, 상기 제2도전성 라인(122)은 상기 제1도전성 섬유 시트(111)의 전방 단부에 연결된다. 상기 제3도전성 라인(123)은 상기 제2도전성 섬유 시트(112)의 후방 단부에 연결되고, 상기 제4도전성 라인(124)은 상기 제2도전성 섬유 시트(112)의 전방 단부에 연결된다. 상기 제5도전성 라인(125)은 상기 제3도전성 섬유 시트(113)의 후방 단부에 연결되고, 상기 제6도전성 라인(126)은 상기 제3도전성 섬유 시트(113)의 전방 단부에 연결된다. 상기 제어부(127)는 상기 제1도전성 라인(121), 상기 제2도전성 라인(122), 상기 제3도전성 라인(123), 상기 제4도전성 라인(124), 상기 제5도전성 라인(125) 및 상기 제6도전성 라인(126)과 각각 연결된다.

[0019] 상기 제어부(127)는 공급되는 비도전성 수지들이 상기 도전성 섬유 시트들(110) 상을 흐르거나, 상기 도전성 섬유 시트들(110) 상에서 경화되거나, 상기 도전성 섬유 시트들(110에 함침될 때, 상기 도전성 섬유 시트들(110)의 저항이 변화하는 것을 측정함으로써, 상기 비도전성 수지의 흐름, 경화 정도, 함침 정도를 측정한다.

[0020] 상기 수지의 흐름 또는 경화 정도는 단일한 도전성 섬유 시트 내에서 측정이 가능하다. 상기 제1도전성 섬유 시트(111)를 예로 들면, 상기 비도전성 수지가 상기 제1도전성 섬유 시트(111)의 전방 단부 방향으로부터 공급되어 들어와서 후방 단부 쪽으로 흘러갈 때, 상기 전방 단부부터 상기 비도전성 수지가 채워지게 됨으로써 상기 제1도전성 섬유 시트(111)의 전방 단부의 저항이 먼저 변화한다. 이러한 저항 변화를 측정함으로써 상기 비도전성 수지가 상기 제1도전성 섬유 시트(111)의 전방 단부로부터 어느 정도까지 흘렀는지 측정할 수 있다. 또한 상기 비도전성 수지가 경화되면서 수축하면 저항이 감소하게 되므로, 이러한 저항 변화를 측정함으로써 상기 비도전성 수지의 경화 거동을 알 수 있다.

[0021] 상기 밀봉부재(130)는 상기 도전성 섬유 시트들(110)을 밀봉시킬 때, 상기 도전성 섬유 시트들(110)의 길이 방향을 따라 상호 마주하는 유입구와 유출구가 형성되도록 밀봉한다. 따라서 상기 비도전성 수지는 상기 밀봉부재(130)에 형성된 상기 유입구를 통해 공급되는데, 상기 비도전성 수지가 상기 밀봉부재(130) 내부로 공급되기 위해서 상기 유입구에 수지공급튜브(131)가 연결되어 있다. 즉, 상기 비도전성 수지는 상기 수지공급튜브(131)를

통해 상기 밀봉부재(130)의 내부로 공급되는 것이다. 또한 상기 저항측정 모듈(120)로 측정된 저항값들을 모니터링하고 이에 근거하여 상기 비도전성 수지의 공급을 늘리거나 줄이는 방식으로 제어할 수 있다.

[0022] 상기 밀봉부재(130)에 형성된 상기 유출구에는 진공흡입튜브(132)가 연결되어 있고, 상기 진공흡입튜브(132)는 도면에는 도시되지 않았지만 진공펌프와 연결되어 있다. 상기 유입구를 통해 공급되는 상기 비도전성 수지는 상기 밀봉부재(130) 내부를 유동하여 상기 도전성 섬유 시트들(110)을 함침시켜야 하는데, 상기 비도전성 수지가 상기 밀봉부재(130) 내부를 유동하기 위해서는 상기 수지를 유동시킬 수 있는 외력이 있어야 한다. 즉, 상기 진공펌프가 상기 진공흡입튜브(132)를 통해 상기 밀봉부재(130) 내부를 진공 흡입하면, 상기 유입구를 통해 공급되는 상기 비도전성 수지도 진공 흡입에 의해 상기 도전성 섬유 시트들(110)의 길이 방향을 따라 유동되면서 상기 도전성 섬유 시트들(110)을 함침시키는 것이다. 도면상으로는 상기 유입구와 유출구가 상기 밀봉부재(130)의 하측에 형성되어 있지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 다양한 위치에 상기 유입구 및 유출구가 형성될 수 있다.

[0023] 상기 진공펌프는 상기 진공흡입튜브(132)를 통해 진공 흡입하면 상기 비도전성 수지를 유동시킬 수도 있지만, 상기 밀봉부재(130)의 내부를 진공 상태로 만들 수 있다. 상기 밀봉부재(130)의 내부가 진공 상태가 되면, 상기 수지공급튜브(131)를 통해 공급되어 유동되는 상기 비도전성 수지가 상기 도전성 섬유 시트들(110)의 전 면적에 고루 퍼져 상기 도전성 섬유 시트들(110)을 함침시킬 수 있다.

[0024] 상기 도 1에 도시된 장치(100)를 이용하여 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도를 측정하는 방법은 다음과 같다.

[0025] 먼저 상하 방향으로 적층된 구조를 가지도록 직조된 형태의 복수 개의 도전성 섬유 시트들(110)을 배치한다. 그리고 상기 각 도전성 섬유 시트들(110)의 전방 단부 및 후방 단부에 각각 전기적으로 연결되는 복수 개의 전극쌍들을 포함하고, 상기 복수 개의 전극 쌍들은 이용하여 상기 각 도전성 섬유시트들(110)의 저항 변화를 측정하는 저항측정 모듈(120)을 연결한다. 다음으로 상기 각 도전성 섬유 시트들(110)을 밀봉부재(130)로 밀봉시킨 후, 상기 도전성 섬유 시트들(110)이 상기 비도전성 수지에 함침되도록 상기 밀봉부재(130) 내부로 상기 비도전성 수지를 공급하고 유동시킨다. 상기 비도전성 수지에 상기 도전성 섬유 시트들(110)이 함침되기 시작하면, 상기 도전성 섬유 시트들(110) 내부에 존재하는 전기적 네트워크들이 단절되기 시작하면서 상기 도전성 섬유 시트들(110)의 저항값이 변하게 된다. 상기 저항측정 모듈(120)은 이러한 상기 도전성 섬유 시트들(110)의 저항 변화와 상기 비도전성 수지를 공급하기 시작한 후 경과된 시간과의 관계를 도출하여 공급되는 상기 비도전성 수지의 흐름, 경화 정도 및 함침 정도를 측정한다.

[0026] 이하에서는 도 3 내지 도 6을 참조하여 브이에이알티엠에 의한 수지 복합체 제조 시 수지의 경화 거동, 흐름 및 함침 정도를 구체적인 실험자료를 통해서 설명하도록 한다. 상기 실험자료에서 상기 도전성 섬유 시트들은 상기 탄소 섬유 시트들로 형성된다. 또한 SH3, SH4 및 SH6는 공급되는 비도전성 수지를 나타낸다. 상기 SH3, SH4 및 SH6는 SH3<SH4<SH6 순서로 점도를 갖는 비도전성 수지에 해당된다.

[0027] 도 3 및 도 4를 참조하면, 도 3 및 도 4는 공급되는 비도전성 수지의 점도를 달리하여 시간의 흐름에 따라 탄소 섬유 시트의 저항 변화를 측정함으로써, 상기 공급된 비도전성 수지가 흘러간 위치를 알 수 있도록 한다. 도 4를 참조하면 상기 비도전성 수지를 공급한 후 200초 정도 지났을 때 SH3>SH4>SH6 순으로 저항 변화가 크다. 이는 상기 SH3 수지가 상기 SH4 수지나 상기 SH6 수지에 비해 점도가 낮아서 유동성이 높아 상기 탄소 섬유 시트에 더욱 빨리 흡수되었기 때문으로 볼 수 있다. 또한 도 3을 참조하면 도 4에서의 결과와 같이 상기 SH3가 가장 빠른 시간에 가장 먼 거리를 유동한 것을 볼 수 있다. 이렇듯 공급되는 상기 비도전성 수지의 점도는 상기 비도전성 수지의 흐름이나 이하 설명할 상기 비도전성 수지의 함침 정도에 영향을 미친다.

[0028] 도 5를 참조하면, 도 5는 공급되는 동일한 점도의 비도전성 수지의 시간의 흐름에 따른 경화 거동을 측정한 실험자료이다. 상기 실험자료에 의하면 상기 비도전성 수지의 공급 완료 후 경화 과정에서 상대 저항이 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 상기 비도전성 수지와 상기 탄소 섬유 시트 사이의 고분자 가교(crosslinking of polymers)가 진행되면 상기 비도전성 수지의 용적 수축이 상기 탄소 섬유 시트의 정렬과 고정화를 가져와서 상기 탄소 섬유 시트만 존재할 때보다 안정한 도전성 네트워크를 형성하기 때문이다. 결과적으로 상기 탄소 섬유 시트의 상대 저항은 응고 동안 감소하다가 상기 비도전성 수지가 완전히 경화되면 일정한 값으로 수렴한다. 따라서 상기 비도전성 수지가 공급된 후 저항이 최대값인 때의 시간을 측정함으로써 경화가 시작되는 시점을 알 수 있고, 저항이 최소값인 때의 시간을 측정함으로써 경화가 완료되는 시점을 알 수 있다.

[0029] 도 6을 참조하면, 도 6은 적층된 탄소 섬유 시트들에 상이한 점도를 가지는 비도전성 수지를 공급할 때, 시간의

흐름에 따른 상기 비도전성 수지의 함침 정도를 측정한 실험 자료이다. 상기 실험 자료에서 11-13 electrode(도 1의 장치와 비교하면 11electrode는 상기 제1탄소 섬유 시트의 전극과, 13electrode는 상기 제3탄소 섬유 시트의 전극과 각각 대응된다.)는 상기 적층된 탄소 섬유 시트들 중에서 가장 하층에 적층된 탄소 섬유 시트와 가장 상층에 적층된 탄소 섬유 시트를 전기적으로 연결한 것을 나타낸다. 상기 실험 자료에서 SH3 수지를 공급했을 때는 250초 정도까지 저항이 급격하게 증가한다. 이는 상기 SH3 수지가 다른 수지들보다 점도가 낮아 상기 적층된 탄소 섬유 시트들을 쉽게 투과하여 저항을 급격하게 증가시킨 것으로 볼 수 있다. 반면 SH4 수지나 SH6 수지를 공급했을 때는 저항의 변화가 거의 없는데, 이로부터 상기 SH4 수지나 상기 SH6수지의 점도가 커서 상기 적층된 탄소 섬유 시트들을 잘 투과하지 못한다는 것을 알 수 있다. 이를 통해 저항값이 극대치가 될 때까지 함침이 일어나다가 경화가 시작되는 시점부터 저항값이 감소하는 것을 알 수 있다.

부호의 설명

[0030]

110: 도전성 섬유 시트　　111: 제1도전성 섬유 시트

112: 제2도전성 섬유 시트　　113: 제3도전성 섬유 시트

120: 제어모듈　　121: 제1도전성 라인

122: 제2도전성 라인　　123: 제3도전성 라인

124: 제4도전성 라인　　125: 제5도전성 라인

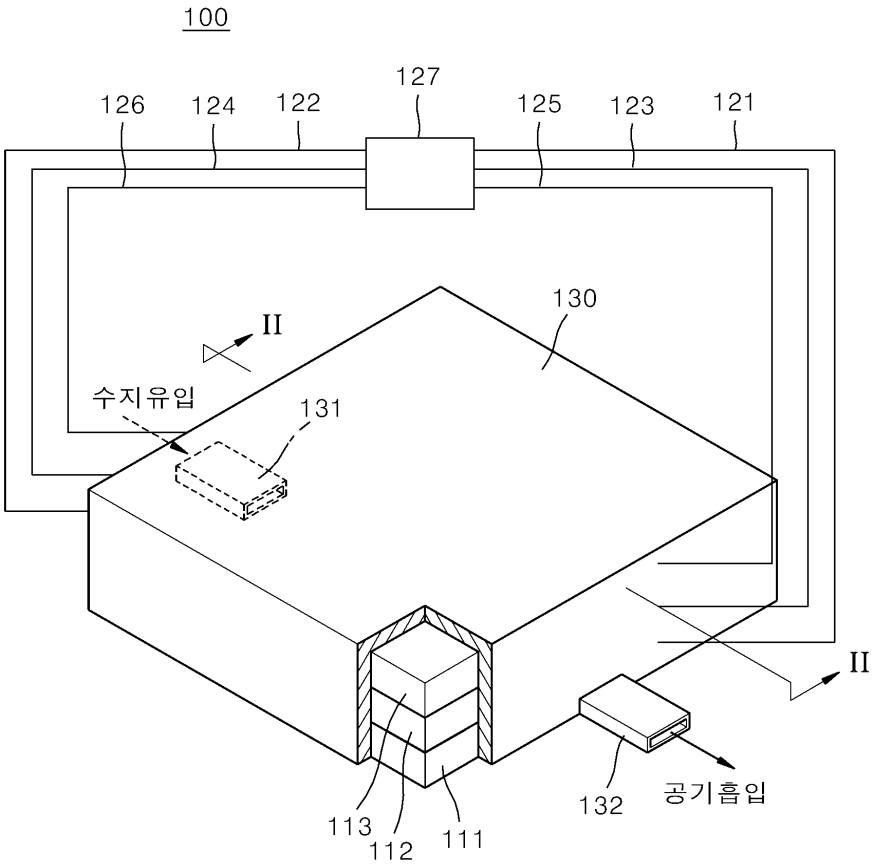
126: 제6도전성 라인　　127: 제어부

130: 밀봉 부재　　131: 수지공급튜브

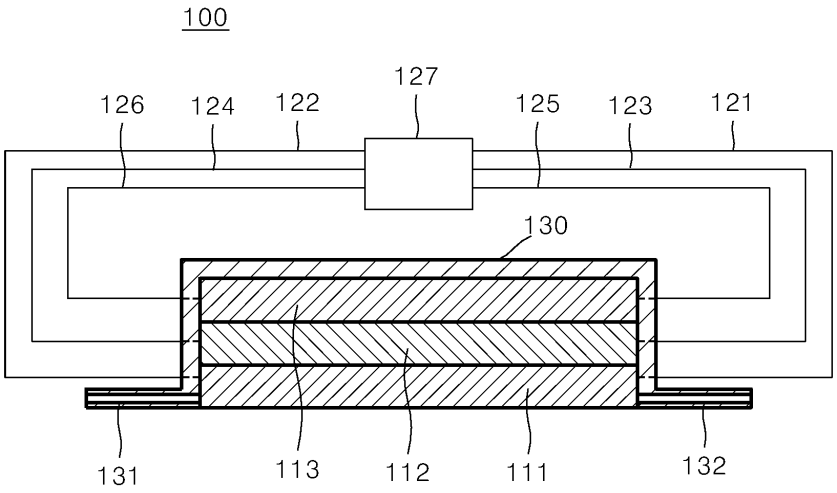
132: 진공흡입튜브

도면

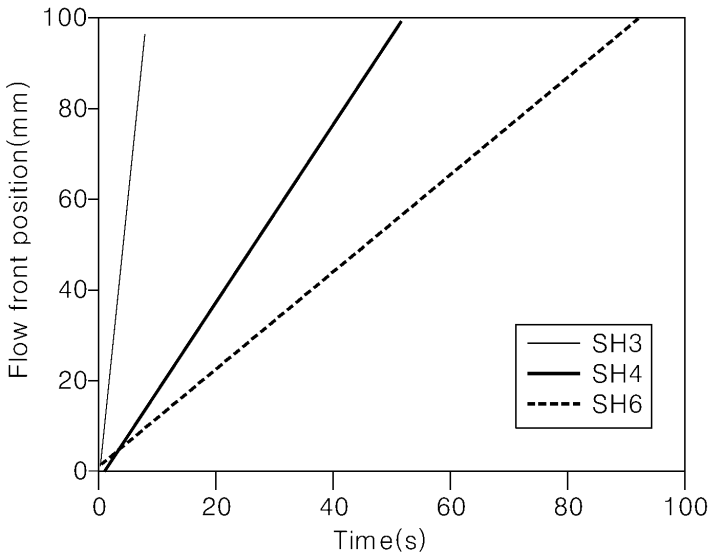
도면1



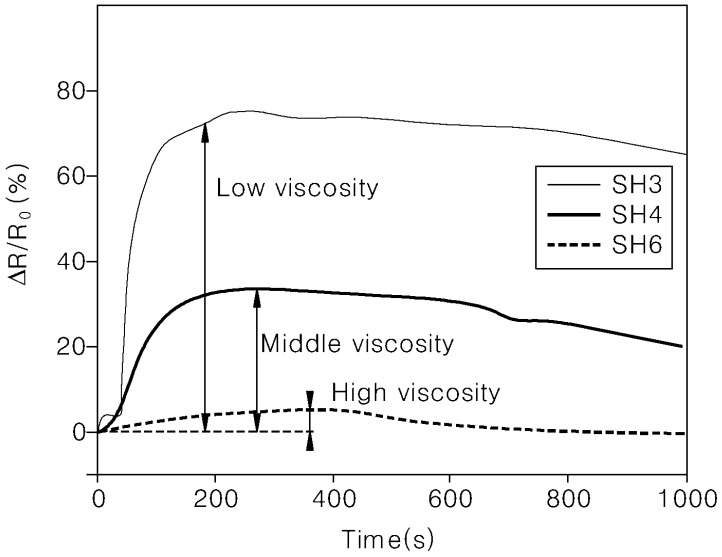
도면2


100
126
124
122
127
125
123
121
130
131
113
112
111
132

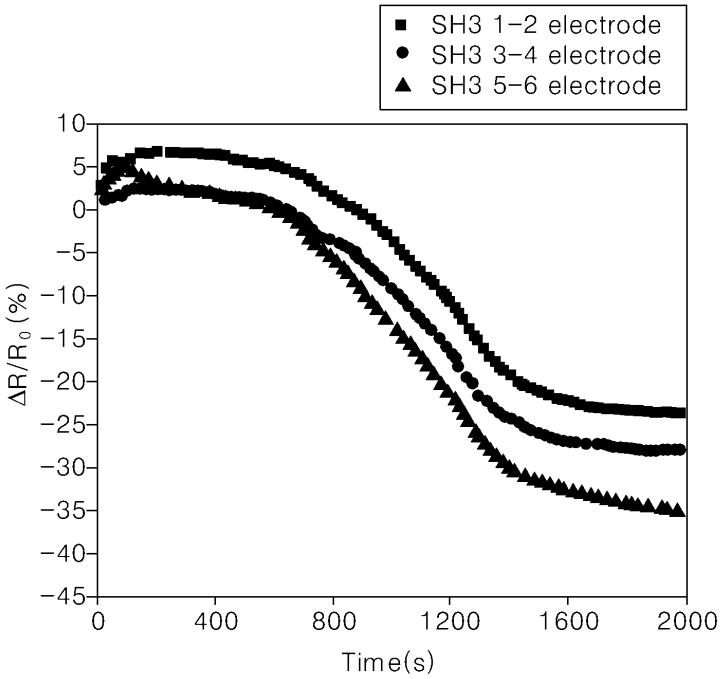
도면3


Flow front position(mm)
Time(s)
SH3
SH4
SH6
0
20
40
60
80
100

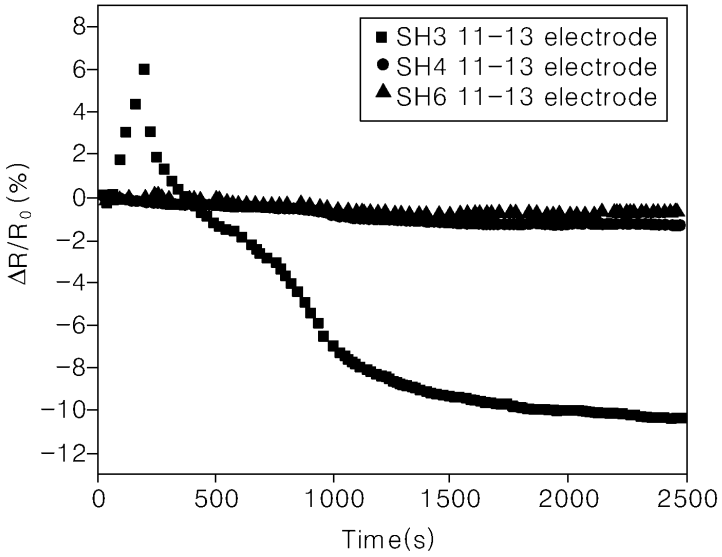
도면4


80
60
40
20
0
ΔR/R0 (%)
Low viscosity
Middle viscosity
High viscosity
SH3
SH4
SH6
0
200
400
600
800
1000
Time(s)

도면5


SH3 1-2 electrode
SH3 3-4 electrode
SH3 5-6 electrode
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
ΔR/R0 (%)
0
400
800
1200
1600
2000
Time(s)

도면6


SH3 11-13 electrode
SH4 11-13 electrode
SH6 11-13 electrode
ΔR/R0 (%)
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
0
500
1000
1500
2000
2500
Time(s)