(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년10월18일
(11) 등록번호 10-2313960
(24) 등록일자 2021년10월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29C 70/48 (2018.01) *B29C 39/42* (2006.01)
B29C 39/44 (2006.01) *B29C 45/14* (2006.01)
B29C 70/02 (2006.01) *B29C 70/88* (2018.01)
(52) CPC특허분류
B29C 70/48 (2013.01)
B29C 39/42 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0147330
(22) 출원일자 2020년11월06일
심사청구일자 2020년11월06일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020140117043 A*
KR1020180129351 A*
KR1020190072976 A
KR1020190075567 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박영빈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
노형도
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
이다훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
전용준

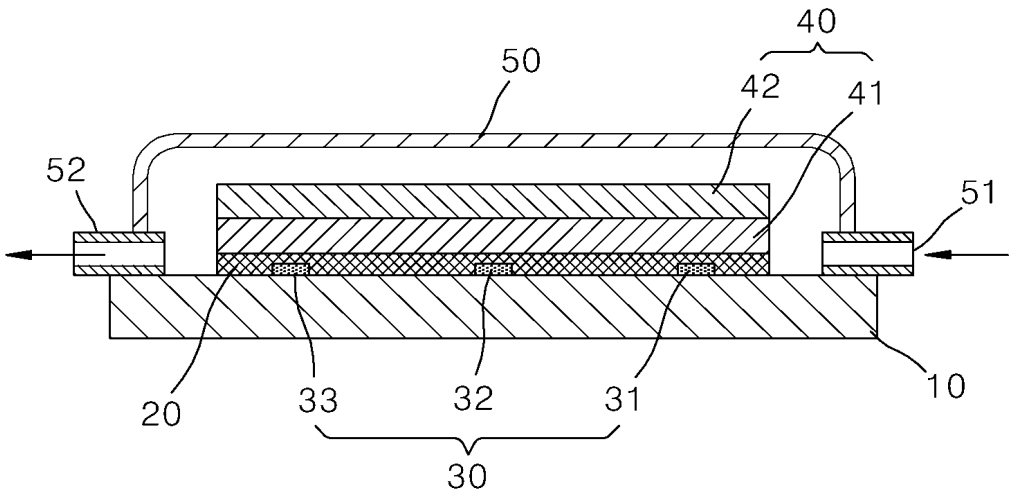
전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 신상훈

(54) 발명의 명칭 **브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 시스템 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은, 섬유 시트와 별도로 그래핀 시트를 삽입하고, 그래핀 시트에 연결된 복수의 전극 쌍들에서 측정된 전기 저항값의 편차, 전기 저항 변화율의 편차에 따라 함침 시점, 기공율, 경화 시점 및 경화율을 모두 도출할 수 있기 때문에, 그래핀 시트의 구조가 간단하여 적용이 용이하면서도 수지의 함침 시점, 기공율 및 경화율을 한번에 보다 정확하게 모니터링할 수 있는 이점이 있다. 또한, 섬유 시트의 전기 전도도에 무관하므로, 비도전성 섬유 시트를 이용한 복합재의 제조시에도 적용 가능한 이점이 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B29C 39/44 (2013.01)
B29C 45/14 (2013.01)
B29C 70/021 (2013.01)
B29C 70/88 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 220045901
과제번호 2.200459.01
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 나노 · 소재원천기술개발사업
연구과제명 계면제어를 통한 산화그래핀-열가소성 수지 중간재 및 탄소섬유 복합재 기계적 물성 향상 연구
기 여 율 1/1
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2020.01.01 ~ 2020.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

베이스 위에 그래핀 시트를 배치하는 그래핀 시트 배치단계와;

상기 그래핀 시트의 길이방향을 따라 소정간격 이격된 복수의 위치에 전극 쌍들을 구비하는 전극 연결단계와;

상기 그래핀 시트 위에 적어도 하나의 섬유 시트를 적층하는 섬유 시트 배치단계와;

상기 그래핀 시트와 상기 섬유 시트를 밀봉부재로 밀봉시키는 밀봉 단계와;

상기 밀봉부재의 일측 단부에 형성된 유입구를 통해 수지를 공급하고, 상기 밀봉부재의 타측 단부에 형성된 유출구를 통해 내부 공기를 진공 흡입하여, 상기 수지를 상기 그래핀 시트의 길이방향으로 유동시키는 수지 공급 단계와;

상기 수지를 공급하는 동안 상기 전극 쌍들의 전기 저항값을 실시간으로 측정하고, 전기 저항 변화율을 계산하는 저항 측정단계와;

상기 저항 측정단계에서 측정된 상기 복수의 전극 쌍들의 각 전기 저항 변화율의 편차에 따라 상기 전극 쌍의 각 위치에서 함침 시점을 도출하고, 상기 전극 쌍들의 전기 저항값의 편차에 따라 상기 전극 쌍의 각 위치에서 기공율을 도출하고, 상기 전극 쌍들의 전기 저항값의 편차에 따라 경화시점과 경화율을 도출하는 모니터링 단계를 포함하고,

상기 복수의 전극 쌍들은,

상기 그래핀 시트에서 상기 유입구측에 배치되고, 상기 유입구로부터 소정간격 이격된 위치에 배치된 2개의 전극들이 이루는 입구 전극 쌍과,

상기 그래핀 시트에서 상기 유입구와 상기 유출구 사이에 배치되고, 상기 입구 전극 쌍과 소정 간격 이격된 위치에 배치된 2개의 전극들이 이루는 적어도 하나의 중간 전극 쌍과,

상기 그래핀 시트에서 상기 유출구측에 배치되고, 상기 유출구로부터 소정간격 이격된 위치에 배치된 2개의 전극들이 이루는 출구 전극 쌍을 포함하고,

상기 모니터링 단계에서는,

상기 전기 저항값의 편차는, 현재 시점에 측정된 전기 저항값과 상기 현재 시점 이전에 측정된 설정 개수의 전기 저항값의 평균값의 차이로 산출하고,

상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 최소 설정 시간이 경과한 이후, 상기 전극 쌍들에서 각각 측정된 상기 전기 저항값의 편차가 미리 설정된 제2설정값을 초과하면, 미리 구축된 데이터베이스로부터 상기 전기 저항값의 편차와 상기 제2설정값을 초과하는 초과 횟수에 따라 상기 기공율을 미리 설정된 단계별로 분류하여 도출하여,

상기 입구 전극 쌍의 위치에서 기공율, 상기 중간 전극 쌍의 위치에서 기공율, 상기 출구 전극 쌍의 위치에서 기공율로 각각 도출하는 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 모니터링 단계에서는,

상기 전기 저항 변화율의 편차는, 현재 시점에서 측정된 전기 저항 변화율과 상기 현재 시점 이전에 측정된 설정 개수의 전기 저항 변화율의 평균값의 차이로 산출하고,

상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 최소 설정 시간이 경과한 이후, 상기 전극 쌍들에서 각각 측정된 전기 저항 변화율의 편차가 미리 설정된 제1설정값을 초과하는 각 시점들을 상기 전극 쌍들의 각 위치에서

함침 시점으로 도출하는 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 모니터링 단계에서는,

상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 설정 시간이 경과된 이후, 상기 전극 쌍들에서 각각 측정된 상기 전기 저항값의 편차가 미리 설정된 제3설정값을 초과하는 시점을 상기 전극 쌍들의 각 위치에서 경화 시점으로 도출하는 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 모니터링 단계에서는,

상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 설정 시간이 경과된 이후, 상기 전극 쌍들에서 각각 측정된 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값보다 높게 설정된 제3설정값을 초과하는 시점을 상기 전극 쌍들의 각 위치에서 경화 시점으로 도출하는 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 모니터링 단계에서는,

상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 설정 시간이 경과된 이후, 상기 전극 쌍들에서 각각 측정된 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값보다 높게 설정된 제3설정값을 초과하면, 상기 전기 저항값의 편차에 따라 상기 전극 쌍들의 각 위치에서 상기 경화율을 미리 설정된 단계별로 분류하여 도출하는 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 섬유 시트는, 비도전성 섬유 시트인 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

베이스 위에 그래핀 시트를 배치하는 그래핀 시트 배치단계와;

상기 그래핀 시트의 길이방향을 따라 소정간격 이격된 복수의 위치에 전극 쌍들을 구비하는 전극 연결단계와;

상기 그래핀 시트 위에 적어도 하나의 섬유 시트를 적층하는 섬유 시트 배치단계와;

상기 그래핀 시트와 상기 섬유 시트를 밀봉부재로 밀봉시키는 밀봉 단계와;

상기 밀봉부재의 일측 단부에 형성된 유입구를 통해 수지를 공급하고, 상기 밀봉부재의 타측 단부에 형성된 유출구를 통해 내부 공기를 진공 흡입하여, 상기 수지를 상기 그래핀 시트의 길이방향으로 유동시키는 수지 공급단계와;

상기 수지를 공급하는 동안 상기 전극 쌍들의 전기 저항값을 실시간으로 측정하고, 전기 저항 변화율을 계산하는 저항 측정단계와;

상기 저항 측정단계에서 측정된 상기 복수의 전극 쌍들의 각 전기 저항 변화율의 편차에 따라 상기 전극 쌍의 각 위치에서 함침 시점을 도출하고, 상기 전극 쌍들의 전기 저항값의 편차에 따라 상기 전극 쌍의 각 위치에서 기공율을 도출하고, 상기 전극 쌍들의 전기 저항값의 편차에 따라 경화시점을 도출하는 모니터링 단계를 포함하고,

상기 복수의 전극 쌍들은,

상기 그래핀 시트에서 상기 유입구측에 배치되고, 상기 유입구로부터 소정간격 이격된 위치에 배치된 2개의 전극들이 이루는 입구 전극 쌍과,

상기 그래핀 시트에서 상기 유입구와 상기 유출구 사이에 배치되고, 상기 입구 전극 쌍과 소정 간격 이격된 위치에 배치된 2개의 전극들이 이루는 적어도 하나의 중간 전극 쌍과,

상기 그래핀 시트에서 상기 유출구측에 배치되고, 상기 유출구로부터 소정간격 이격된 위치에 배치된 2개의 전극들이 이루는 출구 전극 쌍을 포함하고,

상기 모니터링 단계에서는,

상기 전기 저항값의 편차는, 현재 시점에 측정된 전기 저항값과 상기 현재 시점 이전에 측정된 설정 개수의 전기 저항값의 평균값의 차이로 산출하고,

상기 전기 저항 변화율의 편차는, 현재 시점에서 측정된 전기 저항 변화율과 상기 현재 시점 이전에 측정된 상기 설정 개수의 전기 저항 변화율의 평균값의 차이로 산출하고,

상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 최소 설정 시간이 경과된 이후, 상기 전극 쌍들에서 각각 측정된 상기 전기 저항 변화율의 편차가 미리 설정된 제1설정값을 초과하는 시점을 상기 전극 쌍들의 각 위치에서 함침 시점으로 도출하고,

상기 전극 쌍들에서 각각 측정된 상기 전기 저항값의 편차가 미리 설정된 제2설정값을 초과하면, 미리 구축된 데이터베이스로부터 상기 전기 저항값의 편차에 따라 상기 전극 쌍들의 각 위치에서 상기 기공율을 미리 설정된 단계별로 분류하여 도출하고,

상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 설정 시간이 경과된 이후, 상기 전극 쌍들에서 각각 측정된 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값보다 높게 설정된 제3설정값을 초과하는 시점을 상기 전극 쌍들의 각 위치에서 경화 시점으로 도출하는 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 방법.

청구항 11

베이스 위에 설치된 그래핀 시트와;

상기 그래핀 시트의 길이방향을 따라 소정간격 이격되게 복수의 위치에 연결된 전극 쌍들과;

상기 복수의 전극 쌍들의 전기 저항값을 실시간으로 측정하는 저항측정모듈과;

상기 그래핀 시트 위에 적어도 하나 이상 적층된 섬유 시트와;

상기 그래핀 시트와 상기 섬유 시트를 밀봉하도록 형성되고, 일측에 수지를 공급하기 위한 유입구가 형성되고, 타측에 내부 공기를 진공 흡입하여 배출하기 위한 유출구가 형성된 밀봉부재와;

상기 저항측정모듈이 측정한 상기 복수의 전극 쌍들의 각 전기 저항 변화율의 편차에 따라 상기 전극 쌍의 각 위치에서 함침 시점을 도출하고, 상기 전극 쌍들의 전기 저항값의 편차에 따라 상기 전극 쌍의 각 위치에서 기공율을 도출하고, 상기 전극 쌍들의 전기 저항값의 편차에 따라 경화시점과 경화율을 도출하는 모니터링부를 포함하고,

상기 복수의 전극 쌍들은,

상기 그래핀 시트에서 상기 유입구측에 배치되고, 상기 유입구로부터 소정간격 이격된 위치에 배치된 2개의 전극들이 이루는 입구 전극 쌍과,

상기 그래핀 시트에서 상기 유입구와 상기 유출구 사이에 배치되고, 상기 입구 전극 쌍과 소정 간격 이격된 위

치에 배치된 2개의 전극들이 이루는 적어도 하나의 중간 전극 쌍과,

상기 그래핀 시트에서 상기 유출구측에 배치되고, 상기 유출구로부터 소정간격 이격된 위치에 배치된 2개의 전극들이 이루는 출구 전극 쌍을 포함하고,

상기 모니터링부는,

상기 전기 저항값의 편차는 현재 시점에 측정된 전기 저항값과 상기 현재 시점 이전에 측정된 설정 개수의 전기 저항값의 평균값의 차이로 산출하고,

상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 최소 설정 시간이 경과한 이후, 상기 전극 쌍들에서 각각 측정된 상기 전기 저항값의 편차가 미리 설정된 제2설정값을 초과하면, 미리 구축된 데이터베이스로부터 상기 전기 저항값의 편차와 상기 제2설정값을 초과하는 초과 횟수에 따라 상기 기공율을 미리 설정된 단계별로 도출하는 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 섬유 시트와 별도로 그래핀 패드를 삽입하고 그래핀 패드에 연결된 전극간 전기 저항값에 따라 수지의 함침 시점, 기공율 및 경화율을 한번에 측정할 수 있는 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 고분자 섬유강화 복합재는 비강도 및 비강성이 매우 우수하여 금속 소재의 대체 소재로서 많은 분야에서 활용되고 있다. 이러한 특징을 가지는 고분자 섬유강화 복합재를 제조하는 공정은 매우 다양하게 제안되고 있지만, 특히 공정 단가가 낮으며, 고품질과 대량 생산 등이 가능한 공정법으로 브이에이알티엠(VARTM, Vaccum Assisted Resin Transfer Molding)이 널리 사용되고 있다. 브이에이알티엠은 진공 포장된 강화 섬유에 액상 고분자를 침투시켜 섬유를 모두 함침시킨 후, 고분자를 경화시키는 과정을 거친다. 이 때, 액상 고분자의 침투는 유출구쪽의 진공 압력과 유입구쪽의 상압 액상 고분자 사이의 기압차를 이용하게 되며, 이 기압차는 제품의 두께 균일도에 영향을 주는 문제점이 있다.

[0003] 최근에는 액상 고분자의 주입 압력을 상압 유지하고 함침 속도를 유지하면서 두께 균일도도 향상시킬 수 있는 방법이 제안되고 있다. 그러나, 액상 고분자의 경화 정도, 흐름 및 함침 정도를 측정하여 조절하는 것에는 어려움이 따르는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

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

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은, 수지의 함침 시점, 기공율 및 경화율을 한번에 모니터링할 수 있는 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 시스템 및 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명에 따른 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 방법은, 베이스 위에 그래핀 시트를 배치하는 그래핀 시트 배치단계와; 상기 그래핀 시트의 길이방향을 따라 소정간격 이격된 복수의 위치에 전극 쌍들을 구비하는 전극 연결단계와; 상기 그래핀 시트 위에 적어도 하나의 섬유 시트를 적층하는 섬유 시트 배치단계와; 상기 그래핀 시트와 상기 섬유 시트를 밀봉부재로 밀봉시키는 밀봉 단계와; 상기 밀봉부재의 일측 단부

에 형성된 유입구를 통해 수지를 공급하고, 상기 밀봉부재의 타측 단부에 형성된 유출구를 통해 내부 공기를 진공 흡입하여, 상기 수지를 상기 그래핀 시트의 길이방향으로 유동시키는 수지 공급단계와; 상기 수지를 공급하는 동안 상기 전극 쌍들의 전기 저항값을 실시간으로 측정하고, 전기 저항 변화율을 계산하는 저항 측정단계와; 상기 저항 측정단계에서 측정된 상기 복수의 전극 쌍들의 각 전기 저항 변화율의 편차에 따라 상기 전극 쌍의 각 위치에서 함침 시점을 도출하고, 상기 전극 쌍들의 전기 저항값의 편차에 따라 상기 전극 쌍의 각 위치에서 기공율을 도출하고, 상기 전극 쌍들의 전기 저항값의 편차에 따라 경화시점과 경화율을 도출하는 모니터링 단계를 포함한다.

[0007] 상기 모니터링 단계에서는, 상기 전기 저항 변화율의 편차는, 현재 시점에서 수집된 전기 저항 변화율과 상기 현재 시점 이전에 측정된 설정 개수의 전기 저항 변화율의 평균값의 차이로 산출하고, 상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 최소 설정 시간이 경과된 이후, 상기 전기 저항 변화율의 편차가 미리 설정된 제1설정값을 초과하는 시점을 함침 시점으로 도출한다.

[0008] 상기 모니터링 단계에서는, 상기 전기 저항값의 편차는, 현재 시점에 측정된 전기 저항값과 상기 현재 시점 이전에 측정된 설정 개수의 전기 저항값의 평균값의 차이로 산출하고, 상기 전기 저항값의 편차가 미리 설정된 제2설정값을 초과하면, 상기 전기 저항값의 편차에 따라 상기 기공율을 미리 설정된 단계별로 분류하여 도출한다.

[0009] 상기 모니터링 단계에서는, 상기 전기 저항값의 편차는, 현재 시점에 측정된 전기 저항값과 상기 현재 시점 이전에 측정된 설정 개수의 전기 저항값의 평균값의 차이로 산출하고, 상기 전기 저항값의 편차가 미리 설정된 제2설정값을 초과하면, 상기 전기 저항값의 편차와, 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값을 초과하는 초과 횟수에 따라 상기 기공율을 미리 설정된 단계별로 분류하여 도출한다.

[0010] 상기 모니터링 단계에서는, 상기 전기 저항값의 편차는, 현재 시점에 측정된 전기 저항값과 상기 현재 시점 이전에 측정된 설정 개수의 전기 저항값의 평균값의 차이로 산출하고, 상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 설정 시간이 경과된 이후, 상기 전기 저항값의 편차가 미리 설정된 제3설정값을 초과하는 시점을 경화 시점으로 도출한다.

[0011] 상기 모니터링 단계에서는, 상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 설정 시간이 경과된 이후, 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값보다 높게 설정된 제3설정값을 초과하는 시점을 경화 시점으로 도출한다.

[0012] 상기 모니터링 단계에서는, 상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 설정 시간이 경과된 이후, 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값보다 높게 설정된 제3설정값을 초과하면, 상기 전기 저항값의 편차에 따라 상기 경화율을 미리 설정된 단계별로 분류하여 도출한다.

[0013] 상기 섬유 시트는, 비도전성 섬유 시트이다.

[0014] 상기 복수의 전극 쌍들은, 상기 그래핀 시트에서 상기 유입구측에 구비된 입구 전극 쌍과, 상기 그래핀 시트에서 상기 유입구와 상기 유출구 사이에 구비된 적어도 하나의 중간 전극 쌍과, 상기 그래핀 시트에서 상기 유출구측에 구비된 출구 전극 쌍을 포함하는 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 방법.

[0015] 본 발명의 다른 측면에 따른 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 방법은, 베이스 위에 그래핀 시트를 배치하는 그래핀 시트 배치단계와; 상기 그래핀 시트의 길이방향을 따라 소정간격 이격된 복수의 위치에 전극 쌍들을 구비하는 전극 연결단계와; 상기 그래핀 시트 위에 적어도 하나의 섬유 시트를 적층하는 섬유 시트 배치단계와; 상기 그래핀 시트와 상기 섬유 시트를 밀봉부재로 밀봉시키는 밀봉 단계와; 상기 밀봉부재의 일측 단부에 형성된 유입구를 통해 수지를 공급하고, 상기 밀봉부재의 타측 단부에 형성된 유출구를 통해 내부 공기를 진공 흡입하여, 상기 수지를 상기 그래핀 시트의 길이방향으로 유동시키는 수지 공급단계와; 상기 수지를 공급하는 동안 상기 전극 쌍들의 전기 저항값을 실시간으로 측정하고, 전기 저항 변화율을 계산하는 저항 측정단계와; 상기 저항 측정단계에서 측정된 상기 복수의 전극 쌍들의 각 전기 저항 변화율의 편차에 따라 상기 전극 쌍의 각 위치에서 함침 시점을 도출하고, 상기 전극 쌍들의 전기 저항값의 편차에 따라 상기 전극 쌍의 각 위치에서 기공율을 도출하고, 상기 전극 쌍들의 전기 저항값의 편차에 따라 경화시점을 도출하는 모니터링 단계를 포함하고, 상기 모니터링 단계에서는, 상기 전기 저항값의 편차는, 현재 시점에 측정된 전기 저항값과 상기 현재 시점 이전에 측정된 설정 개수의 전기 저항값의 평균값의 차이로 산출하고, 상기 전기 저항 변화율의 편차는, 현재 시점에서 수집된 전기 저항 변화율과 상기 현재 시점 이전에 측정된 상기 설정 개수의 전기 저항 변화율의 평균값의 차이로 산출하고, 상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 최소 설정 시간이 경과된 이후, 상기 전기 저항 변화율의 편차가 미리 설정된 제1설정값을 초과하는 시점을 함침 시점으로 도출하고, 상기 전기 저항값의 편차가 미리 설정된 제2설정값을 초과하면, 상기 전기 저항값의 편차와, 상기 전기 저항값의 편

차가 상기 제2설정값을 초과하는 초과 횟수에 따라 상기 기공율을 미리 설정된 단계별로 분류하여 도출하고, 상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 설정 시간이 경과된 이후, 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값보다 높게 설정된 제3설정값을 초과하는 시점을 경화 시점으로 도출한다.

[0016] 본 발명에 따른 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 시스템은, 베이스 위에 설치된 그래핀 시트와; 상기 그래핀 시트의 길이방향을 따라 소정간격 이격되게 복수의 위치에 연결된 전극 쌍들과; 상기 복수의 전극 쌍들의 전기 저항값을 실시간으로 측정하는 저항측정모듈과; 상기 그래핀 시트 위에 적어도 하나 이상 적층된 섬유 시트와; 상기 그래핀 시트와 상기 섬유 시트를 밀봉하도록 형성되고, 일측에 수지를 공급하기 위한 유입구가 형성되고, 타측에 내부 공기를 진공 흡입하여 배출하기 위한 유출구가 형성된 밀봉부재와; 상기 저항측정모듈이 측정한 상기 복수의 전극 쌍들의 각 전기 저항 변화율의 편차에 따라 상기 전극 쌍의 각 위치에서 함침 시점을 도출하고, 상기 전극 쌍들의 전기 저항값의 편차에 따라 상기 전극 쌍의 각 위치에서 기공율을 도출하고, 상기 전극 쌍들의 전기 저항값의 편차에 따라 경화시점과 경화율을 도출하는 모니터링부를 포함한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명은, 섬유 시트와 별도로 그래핀 시트를 삽입하고, 그래핀 시트에 연결된 복수의 전극 쌍들에서 측정된 전기 저항값의 편차, 전기 저항 변화율의 편차에 따라 함침 시점, 기공율, 경화 시점 및 경화율을 모두 도출할 수 있기 때문에, 그래핀 시트의 구조가 간단하여 적용이 용이하면서도 수지의 함침 시점, 기공율 및 경화율을 한번에 보다 정확하게 모니터링할 수 있는 이점이 있다.

[0018] 또한, 섬유 시트의 전기 전도도에 무관하므로, 비도전성 섬유 시트를 이용한 복합재의 제조시에도 적용 가능한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 시스템을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 2는 도 1에 도시된 그래핀 시트를 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명에 따른 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 방법을 나타낸 순서도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 시스템의 전기 저항값과 온도 변화를 측정하는 실험 결과를 나타낸 그래프이다.

도 5는 도 4에 도시된 실험 결과에서 3000초 이내의 전기 저항값과 기 저항값의 편차(Deviation)를 나타낸 그래프이다.

도 6은 도 4에 도시된 실험 결과에서 8000초까지 전기 저항값과 상기 전기 저항값의 편차(Deviation)를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 설명하면 다음과 같다.

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 시스템을 개략적으로 도시한 도면이다. 도 2는 도 1에 도시된 그래핀 시트를 나타낸 도면이다.

[0022] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 브이에이알티엠(VARTM)을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 시스템은, 베이스(10), 그래핀 시트(20), 전극 쌍들(30), 저항측정모듈(미도시), 섬유 시트(40), 밀봉부재(50), 데이터베이스(미도시) 및 모니터링부(미도시)를 포함한다.

[0023] 상기 베이스(10)는, 금형의 내측 바닥면을 형성하는 플레이트이다.

[0024] 상기 그래핀 시트(20)는, 상기 베이스(10) 위에 배치된다. 상기 그래핀 시트(20)는, 도전성 물질을 섞은 탄성중합체(ELASTOMER)를 이용하여 제조된다. 본 실시예에서는, 상기 그래핀 시트(20)는, xGnP(M-15)와 에코플렉스를 혼합한 혼합재를 쓰리 롤 밀(3-roll-mill)을 이용하여 시트 형상으로 형성한 것이다. 상기 xGnP의 중량비는 약 10wt.%인 것으로 예를 들어 설명한다.

[0025] 상기 그래핀 시트(20)는, 후술하는 상기 밀봉부재(50)의 유입구(51)로부터 유출구(52) 방향으로 길게 배치된다.

상기 그래핀 시트(20)의 폭은 상기 섬유 시트(40)의 폭보다 작게 형성된다. 상기 그래핀 시트(20)의 길이는 상기 섬유 시트(40)의 길이와 동일하게 형성된 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고 다양하게 변경가능하다.

[0026] 상기 전극 쌍들(30)은, 상기 그래핀 시트(20)의 길이 방향을 따라 소정 간격 이격되게 복수의 위치에 연결된다.

[0027] 상기 전극 쌍들(30)은, 상기 그래핀 시트(20)에서 상기 유입구(51)측에 구비된 입구 전극 쌍(31)과, 상기 그래핀 시트(20)에서 상기 유입구(51)와 유출구(52) 사이에 구비된 적어도 하나의 중간 전극 쌍(32)과, 상기 그래핀 시트(20)에서 상기 유출구(52)측에 구비된 출구 전극 쌍(33)을 포함한다.

[0028] 상기 입구 전극 쌍(31)은, 상기 그래핀 시트(20)에서 상기 유입구(51)로부터 소정간격 이격된 위치에 배치된 2개의 전극들이 이루는 쌍이다.

[0029] 상기 중간 전극 쌍(32)은, 상기 그래핀 시트(20)에서 상기 입구 전극 쌍(31)과 상기 출구 전극 쌍(33)사이에 배치된 2개의 전극들이 이루는 쌍이다. 본 실시예에서는 하나의 쌍인 것으로 예를 들어 설명한다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 중간 전극 쌍(32)은 복수개가 구비될 수 있으며, 상기 섬유 시트(40)의 크기나 길이에 따라 다양하게 변형하여 적용가능하다.

[0030] 상기 출구 전극 쌍(33)은, 상기 그래핀 시트(20)에서 상기 유출구(52)로부터 소정간격 이격된 위치에 배치된 2개의 전극들이 이루는 쌍이다.

[0031] 상기 저항측정모듈(미도시)은, 상기 입구 전극 쌍(31)의 전기 저항값, 상기 중간 전극 쌍(32)의 전기 저항값 및 상기 출구 전극 쌍(33)의 전기 저항값을 실시간으로 측정한다.

[0032] 상기 섬유 시트(40)는, 상기 그래핀 시트 위에 적어도 하나 이상 적층된 시트이다. 상기 섬유 시트(40)의 전기 전도도는 비도전성 섬유 시트와 도전성 섬유 시트를 모두 사용할 수 있다. 즉, 본 발명에서는 상기 그래핀 시트(20)를 이용하여 제조 공정 중에 함침 정도, 기공율 및 경화도에 따라 변하는 전기 저항값을 측정할 수 있기 때문에, 상기 섬유 시트(40)의 전기 전도도는 무관한다.

[0033] 상기 밀봉부재(50)는, 상기 그래핀 시트(20)와 상기 섬유 시트(40)를 밀봉하도록 형성되고, 일측에 수지를 공급하기 위한 유입구(51)가 형성되고 타측에 내부 공기를 진공 흡입하여 배출하기 위한 유출구(52)가 형성된다.

[0034] 상기 유입구(51)에는 수지 공급 튜브가 연결되고, 상기 유출구(52)에는 진공 흡입 튜브가 연결된다. 상기 진공 흡입 튜브는 진공 펌프(미도시)와 연결된다.

[0035] 상기 진공 펌프(미도시)가 상기 밀봉부재(50)의 내부를 진공 흡입하면, 상기 유입구(51)를 통해 공급되는 수지가 진공 흡입에 의해 상기 유출구(52)를 향한 길이 방향으로 유동되어, 수지에 상기 섬유 시트(40)가 함침될 수 있다.

[0036] 상기 데이터베이스(미도시)는, 실험을 통해 전기 저항값의 편차와 기공율의 관계, 전기 저항값의 편차와 경화율의 관계에 대한 데이터가 구축되어 미리 저장될 수 있다. 상기 실험은 브이에이알티엠을 이용하여 복합재를 제조하여, 시간에 따른 온도 변화, 전기 저항값을 측정하고, 전기 저항값의 변화에 따른 함침 시점, 함침 정도, 기공율, 경화시점 및 경화율에 대한 데이터를 구축한 것이다.

[0037] 상기 모니터링부(미도시)는, 상기 저항측정모듈(미도시)이 측정한 상기 복수의 전극 쌍들(30)의 각 전기 저항값에 따라 전기 저항값의 편차, 전기 저항 변화율, 전기 저항 변화율의 편차를 계산한다. 또한, 상기 모니터링부(미도시)는, 상기 전극 쌍의 각 위치에서 상기 전기 저항 변화율의 편차에 따라 함침 시점과 함침 정도를 판단하고, 상기 전극 쌍들(30)의 전기 저항값의 편차에 따라 상기 전극 쌍의 각 위치에서 기공율을 판단하고, 상기 전극 쌍들(30)의 전기 저항값의 편차에 따라 상기 전극 쌍의 각 위치에서 경화시점과 경화율을 판단하는 단말기이다.

[0038] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 따른 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링 방법을 설명하면, 다음과 같다.

[0039] 도 3은 본 발명에 따른 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 방법을 나타낸 순서도이다.

[0040] 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 방법은, 그래핀 시트 배치단계(S1), 전극 연결단계(S2), 섬유시트 배치단계(S3), 밀봉단계(S4), 수지 공급단계(S5), 저항 측정단계(S6) 및 모니터링 단계(S7)를 포함한다.

[0041] 상기 그래핀 시트 배치단계(S1)는, 상기 베이스(10)위에 상기 그래핀 시트(20)를 배치한다. 상기 그래핀 시트(20)는, 상기 유입구(51)로부터 상기 유출구(52)를 향한 방향으로 길게 배치된다.

[0042] 상기 전극 연결단계(S2)는, 상기 그래핀 시트(20)에 상기 전극 쌍들(30)을 연결하는 단계이다.

[0043] 상기 복수의 전극 쌍들(30)은, 상기 입구 전극 쌍(31), 상기 중간 전극 쌍(32) 및 상기 출구 전극 쌍(33)을 포함한다. 상기 입구 전극 쌍(31), 상기 중간 전극 쌍(32) 및 상기 출구 전극 쌍(33)은 서로 동일한 간격으로 이격되게 배치된 것으로 예를 들어 설명한다. 다만, 이에 한정되지 않고, 사용자가 모니터링하고 싶은 위치에 연결할 수 있다.

[0044] 상기 입구 전극 쌍(31)은, 상기 그래핀 시트(20)에서 상기 유입구(51)측에 연결된다.

[0045] 상기 중간 전극 쌍(32)은, 상기 그래핀 시트(20)에서 상기 입구 전극 쌍(31)과 상기 출구 전극 쌍(32) 사이에 연결된다. 본 실시예에서는, 상기 중간 전극 쌍(32)은 하나인 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고 하나 이상을 포함하는 것도 물론 가능하다.

[0046] 상기 출구 전극 쌍(33)은, 상기 그래핀 시트(20)에서 상기 유출구(52)측에 연결된다.

[0047] 본 실시예에서는, 상기 베이스(10)에 상기 그래핀 시트(20)를 배치한 이후, 상기 전극 쌍들(30)을 연결하는 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고, 상기 그래핀 시트(20)에 전극 쌍들(30)을 먼저 연결한 후 상기 베이스(10)에 배치하는 것도 물론 가능하다.

[0048] 상기 섬유시트 배치단계(S3)는, 상기 그래핀 시트(20) 위에 상기 섬유 시트들(40)을 배치하는 단계이다. 상기 섬유 시트들(40)은 2개의 제1,2섬유 시트(41)(42)를 포함하는 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 제1,2섬유 시트(41)(42)는 상하방향으로 적층 배치된다.

[0049] 여기서, 상기 제1,2섬유 시트(41)(42)는 비도전성 섬유 시트인 것으로 예를 들어 설명한다. 본 발명에서는 상기 그래핀 시트(20)를 배치하기 때문에, 상기 섬유 시트(40)의 전기 전도도에 무관하게 모니터링이 가능하므로, 비도전성 섬유 시트로 제조된 복합재의 모니터링도 가능한 이점이 있다.

[0050] 상기 섬유 시트(40)와 상기 그래핀 시트(20)의 길이는 동일한 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고 서로 다른 크기로 형성될 수 있다. 상기 섬유 시트(40)와 상기 그래핀 시트(20)의 길이가 다를 경우, 상기 입구 전극 쌍(31)과 상기 출구 전극 쌍(32)은 상기 섬유 시트(40)에 대향되는 위치에 배치되어야 한다.

[0051] 상기 밀봉단계(S4)는, 상기 그래핀 시트(20)와 상기 섬유 시트(40)를 상기 밀봉부재(50)로 밀봉하는 단계이다.

[0052] 상기 수지 공급단계(S5)는, 상기 유입구(51)를 통해 상기 밀봉부재(50)의 내부로 수지를 공급하고, 상기 유출구(52)를 통해 내부 공기를 진공 흡입하는 단계이다.

[0053] 상기 수지 공급단계(S5)에서 상기 유입구(51)를 통해 수지를 공급하면서 상기 유출구(52)를 통해 내부 공기를 진공 흡입하면, 상기 유입구(51)로 공급된 수지는 상기 유출구(52)를 향한 방향으로 유동하게 된다. 상기 수지의 유동방향은 상기 그래핀 시트(20)의 길이방향과 같다.

[0054] 상기 저항 측정단계(S6)는, 상기 수지를 공급하기 시작한 시점으로부터 상기 복수의 전극 쌍들(30)의 전기 저항값을 실시간으로 측정한다.

[0055] 상기 저항 측정단계(S6)에서 측정된 상기 입구 전극 쌍(31)의 전기 저항값, 상기 중간 전극 쌍(32)의 전기 저항값 및 상기 출구 전극 쌍(33)의 전기 저항값은 각각 상기 모니터링부(미도시)로 전송된다.

[0056] 상기 모니터링 단계(S7)에서는, 상기 모니터링부(미도시)가 상기 전기 저항값에 따라 전기 저항값의 편차, 전기 저항 변화율, 전기 저항 변화율의 편차를 산출한다. 상기 전극 쌍들(30)이 각각 측정된 실시간 전기 저항값은 시간에 따른 전기 저항값, 시간에 따른 전기 저항 변화율, 시간에 따른 전기 저항값의 편차, 시간에 따른 전기 저항 변화율의 편차에 대한 측정 데이터로 구축된다. 상기 측정 데이터에 따라 함침 시점, 기공율, 경화 시점 및 경화율을 도출하여, 복합재 제조 공정을 모니터링할 수 있다.

[0057] 상기 전기 저항값의 편차는, 현재 시점에서 측정된 전기 저항값과 상기 현재 시점 이전에 측정된 설정 개수의 전기 저항값의 평균값의 차이로 산출한다.

[0058] 상기 전기 저항 변화율의 편차는, 현재 시점에서 수집된 전기 저항 변화율과 상기 현재 시점 이전에 측정된 설정 개수의 전기 저항 변화율의 평균값의 차이로 산출한다.

[0059] 여기서, 상기 설정 개수는, 10개인 것으로 예를 들어 설명한다.

[0060] 상기 전극 쌍(40)의 각 위치에서 함침 시점을 도출하는 방법은 다음과 같다.

[0061] 상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 최소 설정 시간이 경과한 이후, 상기 전극 쌍들(40)의 전기 저항 변화율의 편차가 미리 설정된 제1설정값을 초과하는 시점을 함침 시점으로 도출한다. 상기 최소 설정 시간은 오류를 방지하기 위해 설정된다.

[0062] 상기 함침 시점은, 상기 입구 전극 쌍(31)의 위치에서 함침 시점, 상기 중간 전극 쌍(32)의 위치에서 함침 시점, 상기 출구 전극 쌍(33)의 위치에서 함침 시점으로 각각 도출된다.

[0063] 예를 들어, 상기 입구 전극 쌍(31)의 위치에서 상기 섬유 시트(40)가 함침되면, 상기 수지가 상기 그래핀 시트(20)에 가하는 압력이 증가하게 되므로, 상기 입구 전극 쌍(31)에서 측정되는 전기 저항 변화율이 증가하게 된다.

[0064] 여기서, 상기 전기 저항 변화율의 크기에 따라 함침 시점을 판단하지 않고, 상기 전기 저항 변화율을 이전 10개의 전기 저항 변화율의 평균값과의 차이를 계산하고, 그 차이인 전기 저항 변화율의 편차가 상기 제1설정값을 초과하는 시점을 상기 함침 시점으로 도출한다.

[0065] 따라서, 상기 전기 저항 변화율의 변화가 많이 측정되더라도 보다 정확하게 함침 시점을 도출할 수 있다.

[0066] 한편, 상기 전극 쌍(40)의 각 위치에서 기공율을 도출하는 방법은 다음과 같다.

[0067] 상기 기공율은, 상기 입구 전극 쌍(31)의 위치에서 기공율, 상기 중간 전극 쌍(32)의 위치에서 기공율, 상기 출구 전극 쌍(33)의 위치에서 기공율로 각각 도출될 수 있다.

[0068] 상기 기공율은, 상기 전기 저항값의 편차가 미리 설정된 제2설정값을 초과하는 지 여부, 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값을 초과하는 초과 횟수에 따라 도출할 수 있다.

[0069] 상기 기공율은, 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값을 초과하고, 상기 전기 저항값의 편차가 클수록 크다고 판단할 수 있다. 또한, 상기 기공율은, 상기 초과 횟수가 많을수록 크다고 판단할 수 있다.

[0070] 상기 기공율은, 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값을 초과하고, 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값을 초과하는 초과 횟수에 따라 단계별로 분류하여 도출할 수 있다.

[0071] 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값을 초과하면, 상기 경화율은 상기 전기 저항값의 편차와 상기 초과 횟수에 비례한다.

[0072] 상기 전기 저항값의 편차와 상기 초과 횟수에 따른 기공율의 관계에 대한 기준 데이터는 데이터베이스에 미리 구축될 수 있다. 상기 전기 저항값의 편차와 상기 초과 횟수를 알면 상기 기공율의 단계를 도출할 수 있다. 예를 들어, 상기 기공율의 단계는 기공의 정도에 따라 여러 단계로 구분될 수 있다. 상기 기공율이 크면, 수지의 함침율이 낮다고 판단할 수 있다.

[0073] 상기 기공율은, 상기 전기 저항값의 크기에 따라 판단하지 않고, 상기 전기 저항값을 이전 10개의 전기 저항값의 평균값과의 차이를 계산하고, 그 차이인 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값을 초과시 기공이 있다고 판단하고, 상기 제2설정값을 초과하는 초과 횟수에 따라 기공율을 단계별로 도출한다. 따라서, 보다 정확한 기공율을 판단할 수 있다.

[0074] 한편, 상기 전극 쌍(40)의 각 위치에서 경화시점과 경화율을 도출하는 방법은 다음과 같다.

[0075] 상기 경화 시점은, 상기 입구 전극 쌍(31)의 위치에서 경화 시점, 상기 중간 전극 쌍(32)의 위치에서 경화 시점, 상기 출구 전극 쌍(33)의 위치에서 경화 시점으로 각각 도출된다.

[0076] 상기 경화 시점은, 상기 수지의 공급 시작 시점으로부터 미리 설정된 설정 시간이 경과한 이후, 상기 전극 쌍들(40)의 전기 저항값의 편차가 미리 설정된 제3설정값을 초과하는 시점으로 도출한다.

[0077] 여기서, 상기 설정 시간은, 상기 수지의 가사 시점으로 설정된다. 상기 수지의 가사 시점은 수지에 대해 제공되는 기본 정보이다.

[0078] 상기 제3설정값은, 상기 제2설정값보다 크게 설정된다. 즉, 상기 경화 시점은 상기 함침 시점의 전기 저항값보다 크기 때문에, 상기 경화시점을 판단하기 이한 기준값이 상기 제3설정값은 상기 함침 시점을 판단하기 위한

상기 제2설정값보다 크게 설정된다.

[0079] 상기 경화율은, 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제3설정값을 초과시, 상기 전기 저항값의 편차에 따라 미리 설정된 단계별로 분류하여 도출할 수 있다. 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제3설정값을 초과하면, 상기 경화율은 상기 전기 저항값의 편차에 비례한다.

[0080] 상기 전기 저항값의 편차와 상기 경화율의 관계에 대한 기준 데이터는 데이터베이스에 미리 구축될 수 있다. 상기 전기 저항값의 편차를 알면, 상기 데이터베이스로부터 상기 경화율의 단계를 도출할 수 있다.

[0081] 상기 경화율은, 상기 입구 전극 쌍(31)의 위치에서 경화율, 상기 중간 전극 쌍(32)의 위치에서 경화율, 상기 출구 전극 쌍(33)의 위치에서 경화율로 각각 도출될 수 있다.

[0082] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 브이에이알티엠을 이용한 복합재 제조 공정을 모니터링하는 시스템의 전기 저항값과 온도 변화를 측정하는 실험 결과를 나타낸 그래프이다. 도 5는 도 4에 도시된 실험 결과에서 3000초 이내의 전기 저항값과 기 저항값의 편차(Deviation)를 나타낸 그래프이다. 도 6은 도 4에 도시된 실험 결과에서 8000초까지 전기 저항값과 상기 전기 저항값의 편차(Deviation)를 나타낸 그래프이다.

[0083] 상기 실험에서는, 각 전극 쌍의 위치에 온도 센서를 설치하여 온도 변화를 함께 측정하였다.

[0084] 도 4a, 도 5a 및 도 6a는 상기 입구 전극 쌍(31)에서 측정된 값을 나타내고, 도 4b, 도 5b 및 도 6b는 상기 중간 전극 쌍(32)에서 측정된 값을 나타내고, 도 4c, 도 5c 및 도 6c는 상기 출구 전극 쌍(33)에서 측정된 값을 나타낸다.

[0085] 도 4a 및 도 5a를 참조하면, 상기 입구 전극 쌍(31)에서 측정된 값 중에서 약 300 내지 500초 구간인 A구간에서 전기 저항값과 상기 전기 저항값의 편차가 크게 나타는 것을 알 수 있다. 또한, 수지의 함침이 시작되어 온도 변화가 크게 증가하는 지점에서 전기 저항값의 변화도 큰 것을 알 수 있다.

[0086] 따라서, 상기 입구 전극 쌍(31)의 위치가 함침이 시작된 함침 시점은 약 300 내지 500초 구간임을 확인할 수 있다.

[0087] 또한, 도 4b 및 도 5b를 참조하면, 상기 중간 전극 쌍(32)의 위치에서는 주변 수지의 함침 정도에 영향을 받아서 시간에 따른 전기 저항값의 편차가 비슷하게 나타날 수 있기 때문에, 전기 저항값의 편차가 아닌 전기 저항 변화율의 편차를 이용함으로써, 보다 정확하게 함침 시점을 도출할 수 있다.

[0088] 즉, 상기 중간 전극 쌍(32)에서 측정된 값 중에서 약 500 내지 700초 구간인 B구간에서 전기 저항 변화율의 편차가 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

[0089] 따라서, 상기 중간 전극 쌍(32)의 위치가 함침이 시작된 함침 시점은 약 500 내지 700초구간임을 확인할 수 있다.

[0090] 또한, 도 4c 및 도 5c를 참조하면, 상기 출구 전극 쌍(33)에서 측정된 값 중에서 약 900 내지 1200초 구간인 C구간에서 전기 저항값과 상기 전기 저항값의 편차가 크게 나타는 것을 알 수 있다.

[0091] 따라서, 상기 출구 전극 쌍(33)의 위치에서 위치가 함침이 시작된 함침 시점은 약 900 내지 1200초 구간임을 확인할 수 있다.

[0092] 한편, 도 6a를 참조하면, 상기 입구 전극 쌍(31)에서 측정된 값 중에서 약 5500 내지 6900초 구간인 D구간에서 전기 저항값과 상기 전기 저항값의 편차(Deviation)가 크게 나타는 것을 알 수 있다.

[0093] 따라서, 상기 입구 전극 쌍(31)의 위치에서 경화가 시작되는 경화 시점은 약 5500 내지 6900초 구간임을 확인할 수 있다. 또한, 상기 경화 시점의 전기 저항값의 편차는 상기 함침 시점의 전기 저항값보다 큰 것을 알 수 있다.

[0094] 또한, 상기 D구간에서 전기 저항값의 피크가 2번 나타난 것을 알 수 있으며, 전기 저항값의 피크가 나타나는 횟수는 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값을 초과하는 초과 횟수이며, 상기 초과 횟수에 따라 기공율도 도출할 수 있다. 즉, 상기 입구 전극 쌍(31)의 위치에서 상기 D구간에서는 소량의 기공이 유입된 상태라고 판단할 수 있다.

[0095] 도 6b를 참조하면, 상기 중간 전극 쌍(32)에서 측정된 값 중에서 약 5800 내지 7000초 구간인 E구간에서 전기 저항값과 상기 전기 저항값의 편차(Deviation)가 크게 나타는 것을 알 수 있다.

[0096] 즉, 상기 중간 전극 쌍(32)의 위치에서 경화가 시작되는 경화 시점은 약 5800 내지 7000초 구간임을 확인할 수 있다.

[0097] 또한, 상기 E구간에서 전기 저항값의 피크가 1번 나타난 것을 알 수 있으며, 전기 저항값의 피크가 나타나는 횟수는 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값을 초과하는 초과 횟수이므로, 상기 중간 전극 쌍(32)의 위치에서 기공율이 낮다고 판단할 수 있다. 즉, 상기 E구간에서는 수지가 거의 완벽하게 함침되었다고 판단할 수 있다.

[0098] 도 6c를 참조하면, 상기 출구 전극 쌍(33)에서 측정된 값 중에서 약 6000 내지 7000초 구간인 F구간에서 전기 저항값과 상기 전기 저항값의 편차(Deviation)가 크게 나타는 것을 알 수 있다.

[0099] 즉, 상기 출구 전극 쌍(33)의 위치에서 경화가 시작되는 경화 시점은 약 6000 내지 7000초 구간임을 확인할 수 있다.

[0100] 또한, 약 4000초 내지 7000초에서 전기 저항값의 피크가 약 3번 나타난 것을 알 수 있으며, 전기 저항값의 피크가 나타나는 횟수는 상기 전기 저항값의 편차가 상기 제2설정값을 초과하는 초과 횟수이므로, 상기 출구 전극 쌍(33)의 위치에서 상기 약 4000초 내지 7000초일 때 기공율이 매우 높다고 판단할 수 있다.

[0101] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

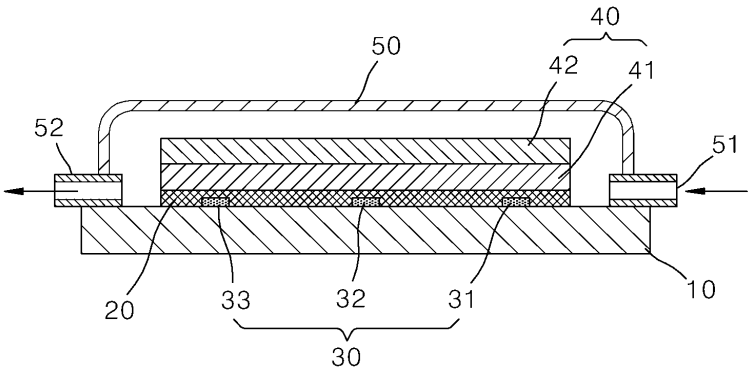
부호의 설명

[0102]

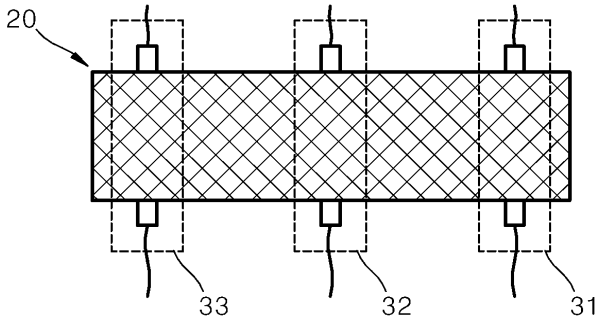
10: 베이스	20: 그래핀 시트
30: 전극 쌍	31: 입구 전극 쌍
32: 중간 전극 쌍	33: 출구 전극 쌍
40: 섬유 시트	50: 밀봉 부재

도면

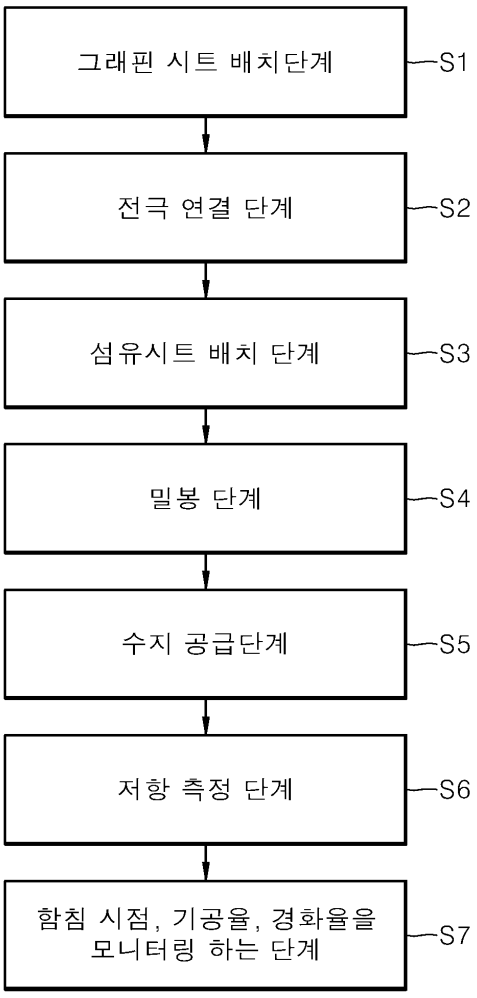
도면1



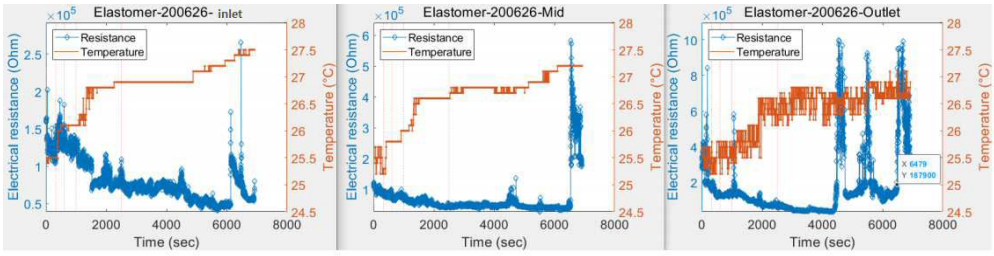
도면2


20
33
32
31

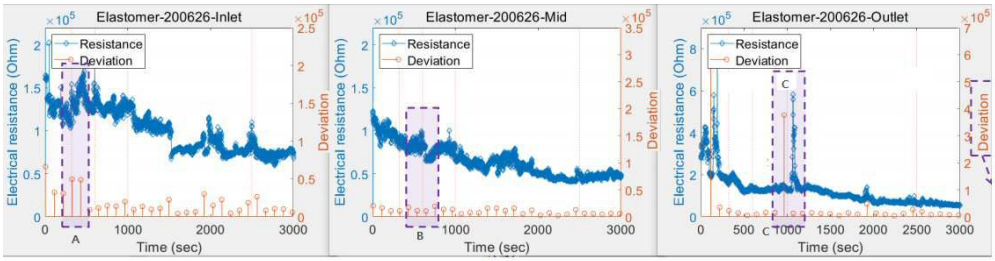
도면3


그래핀 시트 배치단계
S1
전극 연결 단계
S2
섬유시트 배치 단계
S3
밀봉 단계
S4
수지 공급단계
S5
저항 측정 단계
S6
함침 시점, 기공율, 경화율을 모니터링 하는 단계
S7

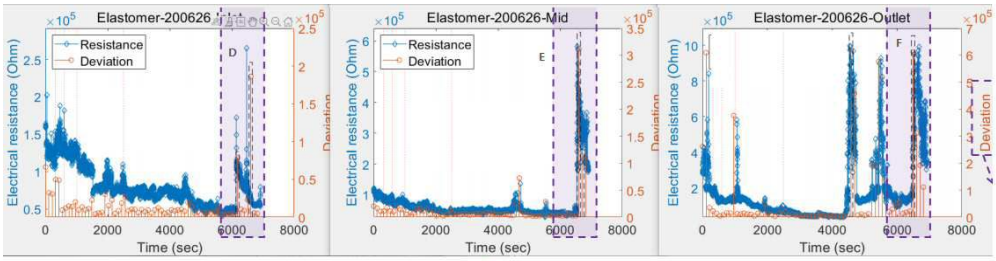
도면4


Elastomer-200626- inlet
Elastomer-200626-Mid
Elastomer-200626-Outlet
Resistance
Temperature
Electrical resistance (Ohm)
Temperature (°C)
Time (sec)
(a)
(b)
(c)

도면5


Elastomer-200626-Inlet
Elastomer-200626-Mid
Elastomer-200626-Outlet
Resistance
Deviation
Electrical resistance (Ohm)
Time (sec)
A
B
C
(a)
(b)
(c)

도면6


Elastomer-200626-Mid
Elastomer-200626-Outlet
Resistance
Deviation
Electrical resistance (Ohm)
Time (sec)
D
E
F
(a)
(b)
(c)