(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년05월30일
(11) 등록번호 10-2671272
(24) 등록일자 2024년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*B29C 70/54* (2006.01) *B29C 37/00* (2006.01)
*B29C 70/18* (2018.01) *B29C 70/30* (2006.01)
*B29C 70/44* (2018.01) *B29C 70/46* (2018.01)
*B29C 70/48* (2018.01) *B29C 70/88* (2018.01)
*G01R 27/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*B29C 70/546* (2013.01)
*B29C 70/18* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0166453
(22) 출원일자 2023년11월27일
심사청구일자 2023년11월27일
(56) 선행기술조사문헌
JP2010094908 A
KR1020140117043 A
KR1020190072976 A
KR102313960 B1

(73) 특허권자
**울산과학기술원**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
**박영빈**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
**이다훈**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
**이인용**
부산광역시 해운대구 양운로 59, 경동원츠타워오피스 210호
(74) 대리인
**전용준**

전체 청구항 수 : 총 16 항 심사관 : 이새봄

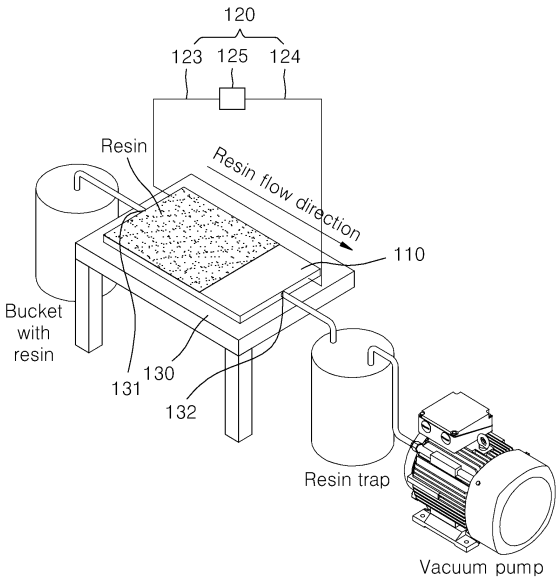
(54) 발명의 명칭 **전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법**

## (57) 요 약

본 발명은 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법에 있어서, 몰드 상에 적층된 구조를 갖도록 복수 개의 도전성 섬유시트들을 배치하는 도전성 섬유시트 배치단계, 상기 도전성 섬유시트들로 구성되는 시트 적층재의 길이 방향과 폭 방향과 높이 방향을 따라 이격되도록 배치되는 복수 개의 전극쌍들을 포함하고,

(뒷면에 계속)

*대 표 도* - 도1



상기 복수 개의 전극쌍들을 이용하여 상기 시트 적층재의 저항 변화를 측정하는 저항 측정모듈을 연결하는 저항 측정모듈 설치단계, 상기 몰드 및 시트 적층재를 밀봉부재로 덮어서 상기 시트 적층재를 밀봉시키는 밀봉 단계, 상기 몰드와 밀봉부재에 의해 밀봉된 밀봉 공간의 공기를 상기 밀봉 공간의 외부로 빼내어서 상기 밀봉 공간을 진공으로 만드는 프리포밍 단계, 상기 시트 적층재가 수지에 함침되도록 상기 밀봉부재 내부로 수지를 공급하고 유동시키는 수지 공급단계, 상기 시트 적층재가 함침된 수지를 건조시키는 수지 경화단계를 포함하고, 상기 프리포밍 단계에서, 상기 저항 측정모듈은, 상기 프리포밍 단계에서의 밀봉 공간의 압력을 제1파라미터로 하고, 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항이 상기 제1파라미터에 의해 변화되는 상관 관계를 이용하여 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항을 측정함으로써 상기 프리포밍 단계의 공정을 모니터링하는, 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법을 제공한다.

따라서 도전성 섬유시트들을 적층하여 형성한 시트 적층재에 설치된 복수 개의 전극쌍들에서 측정되는 저항 변화만을 이용하여 브이에이알티엠 공정의 각 단계를 모니터링할 수 있는 장점이 있다.

(52) CPC특허분류
***B29C 70/30*** (2023.05)
***B29C 70/443*** (2013.01)
***B29C 70/467*** (2013.01)
***B29C 70/48*** (2013.01)
***B29C 70/88*** (2013.01)
***G01R 27/02*** (2013.01)
*B29C 2037/90* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|---|---|
| 과제고유번호 | 1711202881 |
| 과제번호 | 2023-DD-UP-0026-01 |
| 부처명 | 과학기술정보통신부 |
| 과제관리(전문)기관명 | (재단)연구개발특구진흥재단 |
| 연구사업명 | 지역혁신메가프로젝트(R&D) |
| 연구과제명 | 수소연료전지 기반 하이브리드 분산 전기추진 시스템을 활용한 커뮤터기 기술 |
| 기 여 율 | 1/1 |
| 과제수행기관명 | 경상국립대학교산학협력단 |
| 연구기간 | 2023.04.01 ~ 2023.12.31 |

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법에 있어서,

몰드 상에 적층된 구조를 갖도록 복수 개의 도전성 섬유시트들을 배치하는 도전성 섬유시트 배치단계;

상기 도전성 섬유시트들로 구성되는 시트 적층재의 길이 방향과 폭 방향과 높이 방향을 따라 이격되도록 배치되는 복수 개의 전극쌍들을 포함하고, 상기 복수 개의 전극쌍들을 이용하여 상기 시트 적층재의 저항 변화를 측정하는 저항 측정모듈을 연결하는 저항 측정모듈 설치단계;

상기 몰드 및 시트 적층재를 밀봉부재로 덮어서 상기 시트 적층재를 밀봉시키는 밀봉 단계;

상기 몰드와 밀봉부재에 의해 밀봉된 밀봉 공간의 공기를 상기 밀봉 공간의 외부로 빼내어서 상기 밀봉 공간을 진공으로 만드는 프리포밍 단계;

상기 시트 적층재가 수지에 함침되도록 상기 밀봉 공간으로 수지를 공급하고 유동시키는 수지 공급단계;

상기 시트 적층재가 함침된 수지를 건조시키는 수지 경화단계를 포함하고,

상기 프리포밍 단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 프리포밍 단계에서의 밀봉 공간의 압력을 제1파라미터로 하고, 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항이 상기 제1파라미터에 의해 변화되는 상관 관계를 이용하여 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항을 측정함으로써 상기 프리포밍 단계의 공정을 모니터링하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 수지 공급단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 수지 공급단계에서의 밀봉 공간의 수지 압력을 제2파라미터로 하고, 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항이 상기 제2파라미터에 의해 변화되는 상관 관계를 이용하여 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항을 측정함으로써 상기 수지 공급단계의 공정을 모니터링 하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 수지 경화단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 수지 경화단계에서의 밀봉 공간의 온도를 제3파라미터로 하되, 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항이 상기 제3파라미터에 의해 변화되는 상관 관계를 이용하여 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항을 측정함으로써 상기 수지 경화단계의 공정을 모니터링 하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 수지 공급단계 및 수지 경화단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 수지 공급단계에서의 밀봉 공간의 수지 압력을 제2파라미터로 하며, 상기 수지 경

화단계에서의 밀봉 공간의 온도를 제3파라미터로 하되, 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항이 상기 제2파라미터 내지 제3파라미터 각각에 의해 변화되는 상관 관계를 이용하여 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항을 측정함으로써 상기 수지 공급단계와 상기 수지 경화단계 각각의 공정을 모니터링 하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

**청구항 5**

청구항 1에 있어서,

도전성 섬유시트 배치단계에서는,

탄소 섬유시트를 도전성 섬유시트로 배치하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

**청구항 6**

청구항 1에 있어서,

상기 복수 개의 도전성 섬유시트들 중 하나인 제1도전성 섬유시트는,

상기 수지가 상기 밀봉 공간으로 주입되는 부분과 인접한 상기 제1도전성 섬유시트의 전단부에 배치되는 제1도전성 섬유시트 제1전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제1도전성 섬유시트의 폭 방향으로 이격되어 배치되는 제1도전성 섬유시트 제2전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향으로 이격되어 배치되되, 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향의 중간 지점인 중단부에 배치되는 제1도전성 섬유시트 제3전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 상기 제1도전성 섬유시트의 폭 방향으로 이격되어 배치되는 제1도전성 섬유시트 제4전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향으로 이격되어 배치되되, 상기 수지가 상기 밀봉 공간으로부터 배출되는 부분과 인접한 상기 제1도전성 섬유시트의 후단부에 배치되는 제1도전성 섬유시트 제5전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제5전극과 상기 제1도전성 섬유시트의 폭 방향으로 이격되어 배치되는 제1도전성 섬유시트 제6전극을 포함하고,

상기 복수 개의 도전성 섬유시트들 중 다른 하나인 제2도전성 섬유시트는,

상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 마주보도록 높이 방향으로 일직선 상에 배치되는 제2도전성 섬유시트 제1전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제2전극과 마주보도록 높이 방향으로 일직선 상에 배치되는 제2도전성 섬유시트 제2전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 마주보도록 높이 방향으로 일직선 상에 배치되는 제2도전성 섬유시트 제3전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제4전극과 마주보도록 높이 방향으로 일직선 상에 배치되는 제2도전성 섬유시트 제4전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제5전극과 마주보도록 높이 방향으로 일직선 상에 배치되는 제2도전성 섬유시트 제5전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 마주보도록 높이 방향으로 일직선 상에 배치되는 제2도전성 섬유시트 제6전극을 포함하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

**청구항 7**

청구항 1에 있어서,

상기 프리포밍 단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 복수 개의 전극쌍들에서 측정되는 저항의 변화율이 프리포밍 단계 제1설정 변화율보다 큰 시점에 상기 밀봉 공간의 공기를 상기 밀봉 공간 외부로 빼내는 작업이 개시된 것으로 추정하고, 저항 변화율이 점차 감소되다가 일정해지면 상기 밀봉 공간의 공기를 상기 밀봉 공간 외부로 빼내는 작업이 완료된 것으로 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

**청구항 8**

청구항 6에 있어서,

상기 수지 공급단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극을 연결하여 저항을 측정할 때, 저항 변화율이 수지 공급단계 제1설정 변화율 보다 큰 두 시점에 상기 주입된 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극을 각각 함침한 상태인 것으로 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

**청구항 9**

청구항 6에 있어서,

상기 수지 공급단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극을 연결하여 저항을 측정할 때, 저항 변화율이 수지 공급단계 제2설정 변화율 보다 큰 두 시점에 상기 주입된 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극을 각각 함침한 상태인 것으로 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

**청구항 10**

청구항 6에 있어서,

상기 수지 공급단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극을 연결하여 저항을 측정할 때, 저항 변화율이 수지 공급단계 제3설정 변화율 보다 큰 두 시점에 상기 주입된 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극을 각각 함침한 상태인 것으로 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

**청구항 11**

청구항 6에 있어서,

상기 수지 공급단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극을 연결하여 저항을 측정할 때, 저항 변화율이 수지 공급단계 제1설정 변화율보다 큰 두 번째 시점에 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극이 함침된 상태인 것으로 추정하고,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극을 연결하여 저항을 측정할 때, 저항 변화율이 수지 공급단계 제3설정 변화율보다 큰 두 번째 시점에 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극이 함침된 상태인 것으로 추정하며,

상기 제2도전성 섬유시트 제1전극이 함침된 두 번째 시점과, 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극이 함침된 두 번째 시점의 시간 차이로부터 상기 밀봉 공간으로 주입되는 수지가 상기 도전성 섬유 시트들의 길이 방향과 높이

방향 중 어느 방향으로 더 빠르게 이동하는지 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

**청구항 12**

청구항 6에 있어서,

상기 수지 경화단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극을 연결하여 저항을 측정할 때, 저항 변화율이 수지 경화단계 제1설정 변화율보다 큰 시점에 수지가 액체 상태에서 젤(GEL) 상태가 되기 시작한 것으로 추정하고, 상기 젤 상태가 되기 시작한 것으로 추정된 이후에 저항 변화율이 수지 경화단계 제2설정 변화율을 벗어나지 않을 때 수지가 모두 젤 상태가 된 것으로 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

**청구항 13**

청구항 12에 있어서,

상기 수지 경화단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 수지가 모두 젤 상태가 된 것으로 추정된 이후에 저항 변화율이 설정 시간 동안 수지 경화단계 제3설정 변화율을 벗어나지 않을 때 수지가 모두 고체화 된 것으로 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

**청구항 14**

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법에 있어서,

몰드 상에 적층된 구조를 갖도록 복수 개의 도전성 섬유시트들을 배치하는 도전성 섬유시트 배치단계;

상기 도전성 섬유시트들로 구성되는 시트 적층재의 길이 방향과 폭 방향과 높이 방향을 따라 이격되도록 배치되는 복수 개의 전극쌍들을 포함하고, 상기 복수 개의 전극쌍들을 이용하여 상기 시트 적층재의 저항 변화를 측정하는 저항 측정모듈을 연결하는 저항 측정모듈 설치단계;

상기 몰드 및 시트 적층재를 밀봉부재로 덮어서 상기 시트 적층재를 밀봉시키는 밀봉 단계;

상기 몰드와 밀봉부재에 의해 밀봉된 밀봉 공간의 공기를 상기 밀봉 공간의 외부로 빼내어서 상기 밀봉 공간을 진공으로 만드는 프리포밍 단계;

상기 시트 적층재가 수지에 함침되도록 상기 밀봉 공간으로 수지를 공급하고 유동시키는 수지 공급단계;

상기 시트 적층재가 함침된 수지를 건조시키는 수지 경화단계를 포함하고,

상기 수지 공급단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 수지 공급단계에서의 밀봉 공간의 수지 압력을 제2파라미터로 하고, 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항이 상기 제2파라미터에 의해 변화되는 상관 관계를 이용하여 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항을 측정함으로써 상기 수지 공급단계의 공정을 모니터링 하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

**청구항 15**

청구항 14에 있어서,

상기 수지 경화단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 수지 경화단계에서의 밀봉 공간의 온도를 제3파라미터로 하되, 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항이 상기 제3파라미터에 의해 변화되는 상관 관계를 이용하여 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항을 측정함으로써 상기 수지 경화단계의 공정을 모니터링 하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

**청구항 16**

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법에 있어서,

몰드 상에 적층된 구조를 갖도록 복수 개의 도전성 섬유시트들을 배치하는 도전성 섬유시트 배치단계;

상기 도전성 섬유시트들로 구성되는 시트 적층재의 길이 방향과 폭 방향과 높이 방향을 따라 이격되도록 배치되는 복수 개의 전극쌍들을 포함하고, 상기 복수 개의 전극쌍들을 이용하여 상기 시트 적층재의 저항 변화를 측정하는 저항 측정모듈을 연결하는 저항 측정모듈 설치단계;

상기 몰드 및 시트 적층재를 밀봉부재로 덮어서 상기 시트 적층재를 밀봉시키는 밀봉 단계;

상기 몰드와 밀봉부재에 의해 밀봉된 밀봉 공간의 공기를 상기 밀봉 공간의 외부로 빼내어서 상기 밀봉 공간을 진공으로 만드는 프리포밍 단계;

상기 시트 적층재가 수지에 함침되도록 상기 밀봉 공간으로 수지를 공급하고 유동시키는 수지 공급단계;

상기 시트 적층재가 함침된 수지를 건조시키는 수지 경화단계를 포함하고,

상기 수지 경화단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 수지 경화단계에서의 밀봉 공간의 온도를 제3파라미터로 하되, 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항이 상기 제3파라미터에 의해 변화되는 상관 관계를 이용하여 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항을 측정함으로써 상기 수지 경화단계의 공정을 모니터링 하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 도전성 섬유시트들을 적층하여 형성한 시트 적층재에 설치된 복수 개의 전극쌍들에서 측정되는 저항 변화를 이용하여 브이에이알티엠 공정의 각 단계를 모니터링 할 수 있는 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 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 상압으로 유지하고 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.

[0004] 이와 관련하여 종래에는 액상 고분자의 함침 정도나 경화 정도에 대해서만 주로 모니터링 하는 방안이 제시될 뿐 프리포밍 단계에 대한 모니터링에 대한 방안은 제시된 바가 없는 문제가 있다. 또한 종래의 방법에 의할 때는 브이에이알티엠 공정의 프리포밍 단계, 수지 공급단계(함침 단계) 및 수지 경화단계 각각을 모니터링 하기 위해서 각 단계의 상태를 모니터링 하기에 적합한 파라미터들을 측정할 수 있는 장치, 예를 들어 압력이나 온도를 측정할 수 있는 장치를 각각 설치해야 하는 문제가 있다.

### *선행기술문헌*

## 특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국공개특허 제10-2009-0051628호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 도전성 섬유시트들을 적층하여 형성한 시트 적층재에 설치된 복수 개의 전극쌍들에서 측정되는 저항 변화를 이용하여 브이에이알티엠 공정의 각 단계를 모니터링 할 수 있는 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법에 있어서, 몰드 상에 적층된 구조를 갖도록 복수 개의 도전성 섬유시트들을 배치하는 도전성 섬유시트 배치단계, 상기 도전성 섬유시트들로 구성되는 시트 적층재의 길이 방향과 폭 방향과 높이 방향을 따라 이격되도록 배치되는 복수 개의 전극쌍들을 포함하고, 상기 복수 개의 전극쌍들을 이용하여 상기 시트 적층재의 저항 변화를 측정하는 저항 측정모듈을 연결하는 저항 측정모듈 설치단계, 상기 몰드 및 시트 적층재를 밀봉부재로 덮어서 상기 시트 적층재를 밀봉시키는 밀봉 단계, 상기 몰드와 밀봉부재에 의해 밀봉된 밀봉 공간의 공기를 상기 밀봉 공간의 외부로 빼내어서 상기 밀봉 공간을 진공으로 만드는 프리포밍 단계, 상기 시트 적층재가 수지에 함침되도록 상기 밀봉부재 내부로 수지를 공급하고 유동시키는 수지 공급단계, 상기 시트 적층재가 함침된 수지를 건조시키는 수지 경화단계를 포함하고, 상기 프리포밍 단계에서, 상기 저항 측정모듈은, 상기 프리포밍 단계에서의 밀봉 공간의 압력을 제1파라미터로 하고, 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항이 상기 제1파라미터에 의해 변화되는 상관 관계를 이용하여 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항을 측정함으로써 상기 프리포밍 단계의 공정을 모니터링하는, 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법을 제공한다.

[0008] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명은 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법에 있어서, 몰드 상에 적층된 구조를 갖도록 복수 개의 도전성 섬유시트들을 배치하는 도전성 섬유시트 배치단계, 상기 도전성 섬유시트들로 구성되는 시트 적층재의 길이 방향과 폭 방향과 높이 방향을 따라 이격되도록 배치되는 복수 개의 전극쌍들을 포함하고, 상기 복수 개의 전극쌍들을 이용하여 상기 시트 적층재의 저항 변화를 측정하는 저항 측정모듈을 연결하는 저항 측정모듈 설치단계, 상기 몰드 및 시트 적층재를 밀봉부재로 덮어서 상기 시트 적층재를 밀봉시키는 밀봉 단계, 상기 몰드와 밀봉부재에 의해 밀봉된 밀봉 공간의 공기를 상기 밀봉 공간의 외부로 빼내어서 상기 밀봉 공간을 진공으로 만드는 프리포밍 단계, 상기 시트 적층재가 수지에 함침되도록 상기 밀봉 공간으로 수지를 공급하고 유동시키는 수지 공급단계, 상기 시트 적층재가 함침된 수지를 건조시키는 수지 경화단계를 포함하고, 상기 수지 공급단계에서, 상기 저항 측정모듈은, 상기 수지 공급단계에서의 밀봉 공간의 수지 압력을 제2파라미터로 하고, 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항이 상기 제2파라미터에 의해 변화되는 상관 관계를 이용하여 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항을 측정함으로써 상기 수지 공급단계의 공정을 모니터링 하는 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법을 제공한다.

[0009] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명은 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법에 있어서, 몰드 상에 적층된 구조를 갖도록 복수 개의 도전성 섬유시트들을 배치하는 도전성 섬유시트 배치단계, 상기 도전성 섬유시트들로 구성되는 시트 적층재의 길이 방향과 폭 방향과 높이 방향을 따라 이격되도록 배치되는 복수 개의 전극쌍들을 포함하고, 상기 복수 개의 전극쌍들을 이용하여 상기 시트 적층재의 저항 변화를 측정하는 저항 측정모듈을 연결하는 저항 측정모듈 설치단계, 상기 몰드 및 시트 적층재를 밀봉부재로 덮어서 상기 시트 적층재를 밀봉시키는 밀봉 단계, 상기 몰드와 밀봉부재에 의해 밀봉된 밀봉 공간의 공기를 상기 밀봉 공간의 외부로 빼내어서 상기 밀봉 공간을 진공으로 만드는 프리포밍 단계, 상기 시트 적층재가 수지에 함침되도록 상기 밀봉 공간으로 수지를 공급하고 유동시키는 수지 공급단계, 상기 시트 적층재가 함침된 수지를 건조시키는 수지 경화단계를 포함하고, 상기 수지 경화단계에서, 상기 저항 측정모듈은, 상기 수지 경화단계에서의 밀봉 공간의 온도를 제3파라미터로 하되, 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항이 상기 제3파라미터에 의해 변화되는 상관 관계를 이용하여 상기 저항 측정모듈에서 측정되는 저항을 측정함으로써 상기 수지 경화단계의 공정을 모니터링 하는 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법을 제공한다.

## 발명의 효과

[0010] 본 발명에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0011] 첫째, 도전성 섬유시트들을 적층하여 형성한 시트 적층재에 설치된 복수 개의 전극쌍들에서 측정되는 저항 변화만을 이용하여 브이에이알티엠 공정의 각 단계를 모니터링할 수 있는 장점이 있다.

[0012] 둘째, 브이에이알티엠 공정을 프리포밍 단계, 수지 공급단계(수지 함침단계) 및 수지 경화단계로 구분하여 각각의 공정마다 그 상태를 구체적으로 모니터링할 수 있는 장점이 있다.

[0013] 셋째, 도전성 섬유시트들을 적층한 시트 적층재에 복수 개의 전극을 배치시키기만 하면 되므로 구성이 단순하고 제작이 편리한 장점이 있다.

[0014] 넷째, 기존에 브이에이알티엠 공정 각각을 모니터링 하기 위해서 필요로 한 압력 측정장치와 온도 측정 장치 등의 복수 개의 장치를 저항 측정 장치로 대체할 수 있으므로 장치 설치에 소요되는 비용을 절감할 수 있는 장점이 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법에 이용되는 장치의 모식도이다.

도 2는 도 1에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법에 이용되는 장치 중에서 시트 적층재를 구성하는 도선성 섬유시트들을 분리하여 나타낸 모식도이다.

도 3은 도 1에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법을 나타내는 순서도이다.

도 4는 도 1에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법에 이용되는 장치를 이용하여 도선성 섬유 시트들의 다양한 위치에서 측정한 저항의 변화를 나타내는 실험 자료이다.

도 5는 도 1에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법에 이용되는 각각의 파라미터와 저항과의 관계를 나타내는 모식도이다.

도 6은 도 1에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법 중에서 프리포밍 단계에서의 압력과 저항과의 관계를 나타내는 실험 자료이다.

도 7은 도 1에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법 중에서 수지 공급단계에서의 압력과 저항과의 관계를 나타내는 실험 자료이다.

도 8은 도 1에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법 중에서 수지 경화단계에서의 온도와 저항과의 관계, 수지의 경화정도와 저항과의 관계를 나타내는 실험 자료이다.

도 9는 도 1에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법과 관련된 프리포밍 단계, 수지 공급단계 및 수지 경화단계 각각에서의 저항 변화를 전체적으로 나타내는 실험 자료이다.

도 10은 도 1에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법에 이용되는 파라미터와 저항과의 관계를 매칭하여 나타낸 블록도이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0017] 도 1 내지 도 10을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠(Vacuum Assisted Resin Transfer Molding, VARTM) 공정을 모니터링 하는 방법(S100)은 도전성 섬유시트 배치단계(S110), 저항 측정 모듈 설치단계(S120), 밀봉 단계(S130), 프리포밍 단계(S140), 수지 공급(함침)단계(S150) 및 수지 경화단계(S160)를 포함한다. 본 실시예에 따른 방법(S100)으로 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하기 위해서는 브이에이알티엠 장치(100)가 필요하므로 상기 브이에이알티엠 장치(100)에 대해 먼저 설명한다.

[0018] 상기 브이에이알티엠 장치(100)는 시트 적층재(110), 저항 측정모듈(120) 및 밀봉부재(130)를 포함한다. 상기 브이에이알티엠 장치(100)는 베이스 부재 역할을 하는 몰드, 실란트 테이프, 필 플라이, 수지 공급 버킷, 진공 펌프 등 다른 구성들을 더 포함하지만 구체적인 설명은 생략한다. 상기 시트 적층재(110)는 상기 몰드 상에 적

층된 구조를 갖도록 배치되는 복수 개의 도전성 섬유시트들의 집합체이다. 본 실시예에서 상기 시트 적층재(110)는 도 2에서와 같이 20개의 도전성 섬유시트가 적층된 구조인 것을 예로 든다. 그리고 본 실시예에서 상기 도전성 섬유시트는 직사각형 형상의 탄소섬유시트인 것을 예로 든다. 그리고 본 실시예에서 상기 도전성 섬유시트는 길이가 1000㎜, 폭이 500㎜인 것을 예로 들지만 상기 도선성 섬유시트의 크기는 변경이 가능하다.

[0019] 그리고 본 실시에에서는 도 2에서와 같이 20개의 적층된 탄소섬유시트 중에서 열 아홉번째 적층된 탄소섬유시트를 제1탄소섬유시트(111)라 하고, 첫 번째 적층된 탄소섬유시트를 제2탄소섬유시트(112)라고 설정한다. 상기 제1탄소섬유시트(111) 및 제2탄소섬유시트(112)에는 저항 측정을 위한 전극들이 각각 배치된다.

[0020] 상기 탄소섬유시트들(110)은 도전성이 있으므로 적층된 상태에서 압착되거나, 비도전성 수지가 상기 탄소섬유시트들(110)을 흐르거나, 상기 탄소섬유시트들(110)에서 경화될 때 저항이 변화한다. 따라서 별도의 센서를 부착하지 않고도 상기 탄소섬유시트들(110)의 저항 변화를 측정함으로서 상기 탄소섬유시트들(110)에 영향을 미치는 온도나 압력 등과 같은 요소의 변화를 예측할 수 있다.

[0021] 그리고 상기 밀봉부재(130)에 대해 먼저 설명하면, 상기 밀봉부재(130)는 상기 몰드 및 상기 시트 적층재(110)를 덮어서 상기 시트 적층재(110)가 밀봉되도록 한다. 즉, 상기 밀봉부재(130)는 상기 시트 적층재(110)가 배치되어 있는 몰드를 덮어서 밀봉 공간을 형성함으로써, 상기 시트 적층재(110)가 상기 밀봉 공간에 배치된 상태가 된다. 상기 밀봉부재(130)는 상기 도전성 섬유시트(110)들을 밀봉시킬 때, 상기 도전성 섬유시트(110)들의 길이 방향을 따라 상호 마주하는 수지 유입구(131)와 수지 유출구(132)가 형성되도록 밀봉한다. 따라서 수지는 상기 밀봉부재(130)에 형성된 상기 수지 유입구(131)를 통해 공급된다. 상기 수지 유입구(131)에는 수지공급튜브가 연결될 수 있다. 그리고 상기 수지 유입구(131)를 통해 유입된 수지는 상기 시트 적층재(110)를 통해서 흐른 뒤 상기 수지 배출구(132)를 통해서 배출된다. 상기 수지 배출구(132)에는 수지배출튜브가 연결될 수 있다.

[0022] 상기 저항 측정모듈(120)은 제1도전성 섬유시트 전극(121), 제2도전성 섬유시트 전극(122), 제1도전성 라인(123), 제2도전성 라인(124) 및 제어부(125)를 포함한다. 본 실시예에서 상기 제1도전성 섬유시트 전극(121)은 도 2에서와 같이 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a), 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b), 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c), 제1도전성 섬유시트 제4전극(121d), 제1도전성 섬유시트 제5전극(121e) 및 제1도전성 섬유시트 제6전극(121f)을 포함하는 것을 예로 든다. 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)은 수지가 상기 밀봉 공간으로 주입되는 부분과 인접한 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 전단부에 배치된다. 본 실시예에서는 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)은 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 전측 단부로부터 후측 단부 방향으로 100㎜ 이격된 위치에 배치되는 것을 예로 들지만 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)의 배치 위치는 변경 가능하다.

[0023] 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)은 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제1도전성 섬유시트의 폭 방향으로 이격되어 배치된다. 본 실시예에서 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)과 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)을 연결한 직선은 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 전측 단부 모서리와 평행한 구조이다.

[0024] 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)은 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 길이 방향으로 이격되어 배치된다. 본 실시예에서 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)은 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 길이 방향의 중간 지점인 중단부에 배치된다. 본 실시예에서 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)과 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)의 이격된 길이는 400㎜인 것을 예로 든다. 그리고 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)과 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)을 연결한 직선은 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 측면의 길이 방향 모서리와 평행한 것을 예로 든다.

[0025] 상기 제1도전성 섬유시트 제4전극(121d)은 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)과 상기 제1도전성 섬유시트의 폭 방향으로 이격되어 배치된다. 본 실시예에서 상기 제1도전성 섬유시트 제4전극(121d)과 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)을 연결한 직선은 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 전측 단부 모서리와 평행한 구조이다.

[0026] 상기 제1도전성 섬유시트 제5전극(121e)은 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121a)과 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 길이 방향으로 이격되어 배치된다. 상기 제1도전성 섬유시트 제5전극(121e)은 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)을 중심으로 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)의 반대쪽에 배치된다. 상기 제1도전성 섬유시트 제5전극(121e)은 수지가 상기 밀봉 공간으로부터 배출되는 부분과 인접한 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 후단부에 배치된다. 본 실시예에서는 상기 제1도전성 섬유시트 제5전극(121e)은 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)과 400㎜ 이격되어 있다. 그리고 상기 제1도전성 섬유시트 제5전극(121e)은 상기 제1도전성 섬유시트

(111)의 후측 단부로부터 전측 단부 방향으로 100㎜ 이격된 위치에 배치되는 것을 예로 들지만 상기 제1도전성 섬유시트 제5전극(121e)의 배치 위치는 변경 가능하다.

[0027] 상기 제1도전성 섬유시트 제6전극(121f)은 상기 제1도전성 섬유시트 제5전극(121e)과 상기 제1도전성 섬유시트의 폭 방향으로 이격되어 배치된다. 본 실시예에서 상기 제1도전성 섬유시트 제6전극(121f)과 상기 제1도전성 섬유시트 제5전극(121f)을 연결한 직선은 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 전측 단부 모서리와 평행한 구조이다.

[0028] 상기 제2도전성 섬유시트 전극(122)은 도 2에서와 같이 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a), 제2도전성 섬유시트 제2전극(122b), 제2도전성 섬유시트 제3전극(122c), 제2도전성 섬유시트 제4전극(122d), 제2도전성 섬유시트 제5전극(122e) 및 제2도전성 섬유시트 제6전극(122f)을 포함하는 것을 예로 든다. 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a)은 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 마주보도록 상기 시트 적층재(110)의 높이 방향으로 일직선 상에 배치된다. 상기 제2도전성 섬유시트 제2전극(122b)은 상기 제2도전성 섬유시트 제2전극(121b)과 마주보도록 상기 시트 적층재(110)의 높이 방향으로 일직선 상에 배치된다. 상기 제2도전성 섬유시트 제3전극(122c)은 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)과 마주보도록 상기 시트 적층재(110)의 높이 방향으로 일직선 상에 배치된다. 상기 제2도전성 섬유시트 제4전극(122d)은 상기 제1도전성 섬유시트 제4전극(121d)과 마주보도록 상기 시트 적층재(110)의 높이 방향으로 일직선 상에 배치된다. 상기 제2도전성 섬유시트 제5전극(122e)은 상기 제1도전성 섬유시트 제5전극(121e)과 마주보도록 상기 시트 적층재(110)의 높이 방향으로 일직선 상에 배치된다. 상기 제2도전성 섬유시트 제6전극(122f)은 상기 제1도전성 섬유시트 제6전극(121f)과 마주보도록 상기 시트 적층재(110)의 높이 방향으로 일직선 상에 배치된다.

[0029] 제1도전성 라인(123)은 상기 시트 적층재(110)의 전측 단부에 연결되고, 상기 제2도전성 라인(124)은 상기 시트 적층재(110)의 후측 단부에 연결되는 것을 예로 든다. 도 1에서는 도시의 편의 상 제1도전성 라인(123)과 제2도전성 라인(124)만 나타낸디. 하지만 이는 상기 제어부(125)와 상기 시트 적층재(110)가 전기적으로 연결되어 있다는 것을 간략하게 나타내기 위한 것이므로, 상기 제1탄소섬유시트(111)에 배치되는 상기 제1도전성 섬유시트 전극(121)들과 상기 제2탄소섬유시트(112)에 배치되는 제2도전성 섬유시트 전극(122)은 상기 제1도전성 라인(121) 또는 상기 제2도전성 라인(122)에 각각 연결될 수 있다. 물론 상기 제1도전성 섬유시트 전극(121)들과 상기 제2도전성 섬유시트 전극(121)들도 별도의 도전성 라인을 통해서 서로 연결될 수 있다.

[0030] 상기 제어부(125)는 상기 제1도전성 라인(123) 및 상기 제2도전성 라인(124)과 각각 연결되어 있다. 상기 제어부(125)는 상기 제1도전성 섬유시트 전극(121)과 상기 제2도전성 섬유시트 전극(122)을 이용하여 상기 시트 적층재(110)의 저항 변화를 측정한다. 그리고 상기 제어부(125)는 상기 제1도전성 섬유시트 전극(121)과 상기 제2도전성 섬유시트 전극(122)으로부터 측정된 저항 변화로부터 상기 프리포밍 단계(S140), 상기 수지 공급단계(S150) 및 상기 수지 경화단계(S160) 각각에서의 압력이나 온도나 수지의 함침 정도나 수지의 경화 정도 등을 추정한다. 그리고 상기 제어부(125)는 측정된 저항을 시각적으로 확인 가능하도록 디스플레이 장치를 포함할 수 있다.

[0031] 이하에서는 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법에 대해 설명한다.

[0032] 상기 도전성 섬유시트 배치단계(S110)는 상기 몰드 상에 적층된 구조를 갖도록 복수 개의 도전성 섬유시트(110)들을 배치하는 과정이다. 본 실시예에서는 위에서 예시한 것과 같이 직사각형 형상의 탄소섬유시트 20개를 적층하여 시트 적층재(110)를 구성한다.

[0033] 상기 저항 측정모듈 설치단계(S120)는 상기 시트 적층재(110)의 길이 방향과 폭 방향과 높이 방향을 따라서 이격되도록 배치되는 복수 개의 전극쌍들을 포함하는 저항 측정모듈(120)을 상기 시트 적층재(110)에 연결하는 과정이다. 본 실시예에서는 상기 시트 적층재(110)를 상기 몰드 상에 배치한 후에 상기 저항 측정모듈(120)을 상기 시트 적층재(110)에 연결하는 것을 예로 들지만, 상기 시트 적층재(110)에 상기 저항 측정모듈(120)을 먼저 연결한 상태로 상기 몰드 상에 상기 시트 적층재(110)를 배치할 수도 있다.

[0034] 상기 밀봉 단계(S130)는 상기 몰드 및 상기 시트 적층재(110)를 상기 밀봉 부재(130)로 덮어서 상기 시트 적층재(110)를 밀봉시키는 과정이다. 본 실시예에서 상기 밀봉 단계(S130)는 상기 밀봉 부재(130)로 상기 몰드 및 상기 시트 적층재(110)를 덮어서 단단히 붙여 봉한 상태를 의미한다.

[0035] 상기 프리포밍 단계(S140)는 상기 몰드와 상기 밀봉 부재(130)에 의해 밀봉된 밀봉 공간의 공기를 상기 밀봉 공간의 외부로 빼내어서 상기 밀봉 공간을 진공으로 만드는 과정이다. 이를 위해 도 1에 도시된 바와 같이 상기 수지 유출구(132)와 연통되도록 진공펌프가 설치되어 있다. 즉, 진공펌프를 이용해서 상기 밀봉 공간의 공기를

수지 유출구(132) 방향으로 빼내어서 상기 밀봉 공간을 진공 상태로 만든다.

[0036] 상기 프리포밍 단계(S140)에서 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 밀봉 공간의 압력을 제1파라미터로 하고, 상기 저항 측정모듈(120)에서 측정되는 저항이 상기 제1파라미터에 의해 변화되는 상관 관계를 이용하여 상기 프로포밍 단계(S140)를 실시간으로 모니터링 한다. 즉, 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 프리포밍 단계(S140)에서의 상기 도전성 섬유시트(110)들의 저항을 측정함으로써 상기 제1파라미터(밀봉 공간의 압력)를 추정하여 상기 프리포밍 단계(S140)의 공정을 모니터링 한다.

[0037] 구체적으로 상기 프리포밍 단계(S140)에서 상기 밀봉 공간은 상기 진공 펌프의 진공 압력에 의해서 공기가 제거된다. 이러한 상태에서 상기 도전성 섬유시트(110)들은 높이 방향으로 서로 압축되면서 밀착된다. 상기 도전성 섬유시트(110)들이 적당한 상태로 압축되도록 하기 위해서 50kPa 내지 80kPa 압력이 필요하다. 도전성 섬유시트(110)들에 작용하는 압력이 50kPa 보다 작은 경우에는 도전성 섬유시트(110)들이 적당한 상태로 압축되기에 부족할 수 있고, 80kPa 보다 큰 경우에는 도전성 섬유시트(110)들이 적당한 상태보다 과하게 압축될 수 있다.

[0038] 이렇듯 상기 도전성 섬유시트(110)들이 적당한 상태로 압축되어 있는지를 판단하기 위해서는 압력 측정을 위한 별도의 장치가 필요하다. 하지만 본 실시예에서는 상기 도전성 섬유시트(110)들 사이에 작용하는 압력의 변화에 따라 상기 도전성 섬유시트(110)들 사이에 작용하는 저항이 변화한다는 상관 관계에 착안하여 상기 도전성 섬유시트(110)들 사이에 작용하는 저항을 측정한다. 즉, 저항을 측정함으로써 별도의 압력 측정 장치를 설치하지 않고도 상기 도전성 섬유시트(110)들 사이에 작용하는 압력의 적정성(진공 압력의 적정성)을 판단할 수 있는 것이다. 이러한 판단은 상기 저항 측정모듈(120)의 제어부(125)에 의해 자동적으로 수행된다. 이를 위해 상기 제어부(125)에는 압력의 변화에 따라 저항 변화가 어떻게 나타나는지에 관한 데이터베이스가 미리 구축되어 있을 수 있다. 이를 통해 상기 제어부(125)는 상기 밀봉 공간의 저항변화로부터 상기 밀봉 공간의 압력변화를 빠르게 계산하여 진공 압력의 적정을 빠르게 판단할 수 있다.

[0039] 예를 들어 상기 프리포밍 단계(S140)에서 상기 제어부(125)는 압력의 변화율이 가장 클 때 저항의 변화율도 가장 크다는 상관 관계를 이용하여 저항 변화율이 제1설정 변화율(P1) 보다 크게 증가하는 시점(저항이 급격하게 감소하는 시점)에 상기 밀봉 공간의 공기를 빼내는 작업이 개시된 것으로 추정한다. 그리고 상기 제어부(125)는 저항 변화율이 점차 감소되다가 제2설정 변화율(P2)을 벗어나지 않으면 상기 밀봉 공간의 공기를 빼내는 작업이 완료된 것으로 추정한다. 도 6을 참조하면, 진공 펌프가 밀봉 공간의 공기를 흡입하기 시작한 시점에 저항이 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있다. 본 실시예에서 상기 저항 변화율은 상기 제1도전성 섬유시트(111)에 설치되어 있는 전극 및 상기 제2도전성 섬유시트(112)에 설치되어 있는 전극 중 적어도 둘 이상의 전극을 연결하여 측정한 저항 변화율을 의미한다. 이하에서 저항 변화율이란 단위 시간 동안 저항이 변화한 정도를 의미하되, 절대값을 의미한다.

[0040] 상기 수지 공급단계(S150)는 상기 시트 적층재(110)가 수지에 함침되도록 상기 밀봉 공간으로 수지를 공급하고 유동시키는 과정이다. 본 실시예에서는 상기 진공펌프가 상기 수지 유출구(132)를 통해서 상기 밀봉 공간 내부를 진공 흡입하면, 상기 수지 유입구(131)를 통해서 공급되는 수지도 진공 흡입에 의해 상기 도전성 섬유시트(110)들의 길이 방향을 따라 유동되면서 상기 도전성 섬유시트(110)들을 함침시킨다.

[0041] 상기 수지 공급단계(S150)에서 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 수지 공급단계(S150)에서의 밀봉 공간의 수지 압력을 제2파라미터로 하고, 상기 저항 측정모듈(120)에서 측정되는 저항이 상기 제2파라미터에 의해 변화되는 상관 관계를 이용하여 상기 수지 공급단계(S150)를 실시간으로 모니터링 한다. 즉, 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 수지 공급단계(S150)에서의 상기 도전성 섬유시트(110)들의 저항을 측정함으로써 상기 제2파라미터(수지 압력)를 추정하여 상기 수지 공급단계(S150)의 공정을 모니터링 한다.

[0042] 구체적으로 상기 수지 공급단계(S150)에서 상기 밀봉 공간으로 수지가 공급되면, 상기 밀봉 공간에 작용하는 진공 압력은 상기 밀봉 공간을 수지가 채우는 만큼 감소한다. 이때 상기 도전성 섬유시트(110)들에 작용하는 압력이 감소하면서 저항은 증가하게 된다. 즉, 상기 수지 공급단계(S150)에서 상기 도전성 섬유시트(110)들에 작용하는 압력의 변화를 측정하면 상기 밀봉 공간으로 수지가 어느 정도 공급된 상태인지를 파악할 수 있다.

[0043] 이렇듯 수지가 어느 정도로 공급된 상태인지를 판단하기 위해서는 압력 측정을 위한 별도의 장치가 필요하다. 하지만 본 실시예에서는 상기 밀봉 공간으로 주입되는 수지의 양(압력)이 증가할수록 상기 도전성 섬유시트(110)에 가해지는 진공 압력은 감소하고, 감소된 진공 압력에 의한 상기 도전성 섬유시트(110)들 사이에 작용하는 압력의 변화에 따라 상기 도전성 섬유시트(110)들 사이에 작용하는 저항이 변화한다는 상관 관계에 착안하여 상기 도전성 섬유시트(110)들 사이에 작용하는 저항을 측정한다.

[0044] 즉, 상기 수지 공급단계(S150)에서의 상기 도전성 섬유시트(110)들의 저항을 측정함으로써 별도의 압력 측정 장치를 설치하지 않고도 상기 도전성 섬유시트(110)들 사이에 작용하는 압력을 추정할 수 있고, 이를 통해서 상기 밀봉 공간으로 수지가 어느 정도 공급된 상태인지를 판단할 수 있는 것이다. 이러한 판단은 상기 저항 측정모듈(120)의 제어부(125)에 의해 자동적으로 수행된다. 이를 위해 상기 제어부(125)에는 압력의 변화에 따라 저항 변화가 어떻게 나타나는지에 관한 데이터베이스가 미리 구축되어 있을 수 있다. 이를 통해 상기 제어부(125)는 상기 밀봉 공간의 저항변화로부터 상기 밀봉 공간의 압력변화를 빠르게 계산하고, 변화된 압력을 이용하여 상기 밀봉 공간에 공급된 수지의 양(압력)의 빠르게 추정할 수 있다.

[0045] 예를 들어 상기 수지 공급단계(S150)에서 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a)을 연결하여 저항을 측정한다. 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a) 사이의 저항 변화는 상기 시트 적층재(110)의 높이 방향으로의 수지 공급(주입) 정도에 대한 정보를 알 수 있도록 한다. 본 실시예에서 상기 제어부(125)는 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a)의 저항 변화율이 제1설정 변화율(I1)보다 큰 시점(저항이 급격하게 증가하는 시점)에 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a) 부분에 수지가 함침되기 시작한 것으로 추정한다. 본 실시예에서 수지는 상기 시트 적층재(110)의 상부에서 하부 방향으로 공급(주입)되는 것을 예로 든다. 따라서 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)이 설치된 부분에 수지가 먼저 함침되면 저항 변화율이 상기 제1설정 변화율(I1)보다 크게 나타난다. 그리고 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a)이 설치된 부분에 수지가 함침되면 저항 변화율이 다시 상기 제1설정 변화율(I1)보다 크게 나타난다. 즉, 상기 수지 공급단계(S150)에서는 두 시점에 저항 변화율이 상기 제1설정 변화율(I1)보다 크게 나타난다. 도 7을 참조하면, 도 7에서는 수지가 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)과 제2도전성 섬유시트 제2전극(122b)이 설치된 부분에 함침될 때 저항이 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있다.

[0046] 상기 수지 공급단계(S150)를 모니터링 하는 과정을 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a)이 설치된 부분만을 예로 들지만, 다른 전극들이 설치된 부분도 동일한 방법으로 모니터링이 가능하다. 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)을 연결하여 저항을 측정할 경우, 저항 변화율이 제2설정 변화율(I2)보다 큰 두 시점에 상기 밀봉 공간으로 공급되는 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b) 부분을 각각 함침한 것으로 볼 수 있다. 이를 통해서 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 폭 방향을 따라서 수지가 공급(함침)된 정도에 대한 정보를 알 수 있다. 이와 관련하여 도 7의 (c)를 참조하면, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 제1도전성 섬유시트 제2전극(122a) 부분에 수지가 함침될 때 저항 변화율이 크게 나타나고, 그 후에 함침되는 수지가 증가하면서 저항도 미세하게 증가하며, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 제1도전성 섬유시트 제2전극(122a) 사이에 수지가 완전히 함침되면 저항도 일정한 수준을 유지(Fully impregnation으로 지시되어 있는 부분)하는 것을 알 수 있다.

[0047] 또한 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)을 연결하여 저항을 측정할 경우, 저항 변화율이 제3설정 변화율(I3)보다 큰 두 시점에 상기 밀봉 공간으로 공급되는 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c) 부분을 각각 함침한 것으로 볼 수 있다. 이를 통해서 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 길이 방향을 따라서 수지가 공급(함침)된 정도에 대한 정보를 알 수 있다.

[0048] 본 실시예에서 상기 제어부(125)는 수지가 상기 밀봉 공간으로 공급된 후에, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)이 설치된 부분이 함침된 시점을 기준으로 상기 제2전극 섬유시트 제1전극(122a)과 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b) 및 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)이 함침된 시점을 각각 비교하여 상기 밀봉 공간에 공급되는 수지가 상기 시트 적층재(110)의 높이 방향과 폭방향과 길이 방향 중 어느 방향으로 더 빠르게 이동하는지를 도출할 수 있다. 이는 상기 밀봉 공간에 공급되는 수지가 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)보다 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)에 먼저 도달하는 것을 전제로 설명한 것이다. 따라서 상기 밀봉 공간에 공급되는 수지가 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)보다 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)에 먼저 도달할 경우에는 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)이 설치된 부분이 함침된 시점을 기준으로 상기 제2전극 섬유시트 제2전극(122b)과 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a) 및 제1도전성 섬유시트 제4전극(121d)이 함침된 시점을 각각 비교하여 상기 밀봉 공간에 공급되는 수지가 상기 시트 적층재(110)의 높이 방향과 폭방향과 길이 방향 중 어느 방향으로 더 빠르게 이동하는지를 도출할 수 있다.

[0049] 위에서 상기 시트 적층재(110)의 전단부에서 중단부까지의 수지의 이동 속도(함침 속도)에 대해 설명한 것을 적용하여, 상기 제어부(125)는 상기 시트 적층재(110)의 중단부에서 후단부까지의 수지의 이동 속도(함침 속도)에

대해서도 도출이 가능하다. 이를 통해서 상기 밀봉 공간으로 수지가 공급된 후 상기 시트 적층재(110)의 전단부로부터 후단부까지 이동하는 과정을 시간의 흐름에 따라 변화하는 저항을 측정하는 것만으로 도출 가능하다.

[0050] 상기 수지 경화단계(S160)는 상기 밀봉 공간으로 공급된 수지가 액체 상태에서 젤(GEL) 상태를 거쳐서 고체 상태가 되어 가는 과정을 의미한다. 즉, 상기 밀봉 공간으로 공급된 수지는 처음에 액체 상태로 상기 적층 시트재(110)에 함침되어 있다가, 시간이 점차 흐름에 따라 젤 상태로 변하고, 최종적으로 고체 상태가 된다.

[0051] 상기 수지 경화단계(S160)에서 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 수지 경화단계(S160)에서의 밀봉 공간의 온도를 제3파라미터로 하고, 상기 저항 측정모듈(120)에서 측정되는 저항이 상기 제3파라미터에 의해 변화되는 상관 관계를 이용하여 상기 수지 경화단계(S160)를 실시간으로 모니터링 한다. 즉, 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 수지 경화단계(S160)에서의 상기 도전성 섬유시트(110)들의 저항을 측정함으로써 상기 제3파라미터(밀봉 공간의 온도)를 추정하여 상기 수지 경화단계(S160)의 공정을 모니터링 한다.

[0052] 구체적으로 상기 수지 경화단계(S160)에서 상기 밀봉 공간에 공급된 수지는 액체 상태에서 시간의 흐름에 따라 젤(GEL) 상태로 변화한 후 최종적으로 고체 상태로 변화한다. 이때 수지가 액체 상태에서 젤 상태로 변화하는 과정에서는 발열 반응이 일어난다. 따라서 탄소섬유시트로 형성되어 있는 도전성 섬유시트(110)의 전기 전도도는 증가하고 저항은 감소하게 된다. 또한 수지가 젤 상태에서 고체 상태로 변화하게 되면 저항이 일정하게 유지된다. 물론 저항이 일정하게 유지된다고 하는 의미는 저항이 완전하게 하나의 수치(값)를 일정하게 유지한다기보다는 저항 변화가 설정 범위 내를 벗어나지 않는 상태를 의미할 수 있다. 예를 들면 저항이 미세하게 변화하지만 그 변화 정도를 고려할 때 어느 특정 수치(값)으로 수렴하게 되는 것을 포함하는 의미일 수 있다. 즉, 상기 수지 경화단계(S160)에서 상기 도전성 섬유시트(110)들에 작용하는 온도의 변화를 측정하면 상기 밀봉 공간으로 수지가 어느 정도 공급된 상태인지를 파악할 수 있다.

[0053] 예를 들어 상기 수지 경화단계(S160)에서 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a)을 연결하여 저항을 측정한다. 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a) 사이의 저항 변화는 상기 시트 적층재(110)의 높이 방향으로의 경화 진행 정도에 대한 정보를 알 수 있도록 한다. 본 실시예에서 상기 제어부(125)는 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a)의 저항 변화율이 제1설정 변화율보다 큰 시점(저항이 급격하게 감소하는 시점)에 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a) 부분에 함침되어 있는 수지가 액체 상태에서 젤 상태가 되기 시작한 것으로 추정한다. 도 8을 참조하면, 수지가 액체 상태에서 젤 상태가 되면서 저항이 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있다.

[0054] 그리고 상기 수지 경화단계(S160)에서 상기 제어부(125)는 수지가 젤 상태가 되기 시작한 이후에 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a) 사이의 저항 변화율이 감소되면서 더 이상 저항 변화율이 제2설정 변화율(저항 변화율이 거의 0에 수렴하는 정도)를 벗어나지 않을 때 수지가 모두 젤 상태가 된 것으로 추정한다. 또한 상기 제어부(125)는 수지가 모두 젤 상태가 된 것으로 추정된 이후에 저항 변화율이 제3설정 변화율을 벗어나지 않을 때 수지가 모두 고체화된 것으로 추정한다. 이때 상기 제2설정 변화율 및 제3설정 변화율은 저항 변화율이 진동하는 폭(범위)를 의미할 수 있다. 상기 수지 경화단계(S150)를 모니터링 하는 과정을 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(121a)이 설치된 부분만을 예로 들지만, 다른 전극들이 설치된 부분도 동일한 방법으로 모니터링이 가능하다.

[0055] 이렇듯 본 실시예에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정을 모니터링 하는 방법(S100)은 브이에이알티엠 공정을 프리포밍 단계(140)와 수지 공급단계(S150)와 수지 경화단계(S160)로 세분화한다. 그리고 프리포밍 단계(140)에서는 진공 압력을 시트 적층재(110)의 저항 변화로부터 모니터링하고, 수지 공급단계(S150)에서는 수지의 공급 정도(공급 량, 공급된 위치 등)를 시트 적층재(110)의 저항 변화로부터 모니터링하며, 수지 경화단계(S160)에서는 경화 과정에서의 온도 변화를 시트 적층재(110)의 저항 변화로부터 모티터링한다. 즉 본 발명의 시트 적층재(110)의 저항 변화를 측정하는 것만으로 위의 세 가지 단계 각각을 간편하게 모니터링 할 수 있는 장점이 있다.

[0056] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허 청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

## *부호의 설명*

[0057] 100: 브이에이알티엠 장치

110: 시트 적층재

111: 제1도전성 섬유시트

112: 제2도전성 섬유시트

120: 저항 측정모듈

121: 제1도전성 섬유시트 전극

121a: 제1도전성 섬유시트 제1전극

121b: 제1도전성 섬유시트 제2전극

121c: 제1도전성 섬유시트 제3전극

121d: 제1도전성 섬유시트 제4전극

121e: 제1도전성 섬유시트 제5전극

121f: 제1도전성 섬유시트 제6전극

122: 제2도전성 섬유시트 전극

122a: 제2도전성 섬유시트 제1전극

122b: 제2도전성 섬유시트 제2전극

122c: 제2도전성 섬유시트 제3전극

122d: 제2도전성 섬유시트 제4전극

122e: 제2도전성 섬유시트 제5전극

122f: 제2도전성 섬유시트 제6전극

123: 제1도전성 라인

124: 제2도전성 라인

125: 제어부

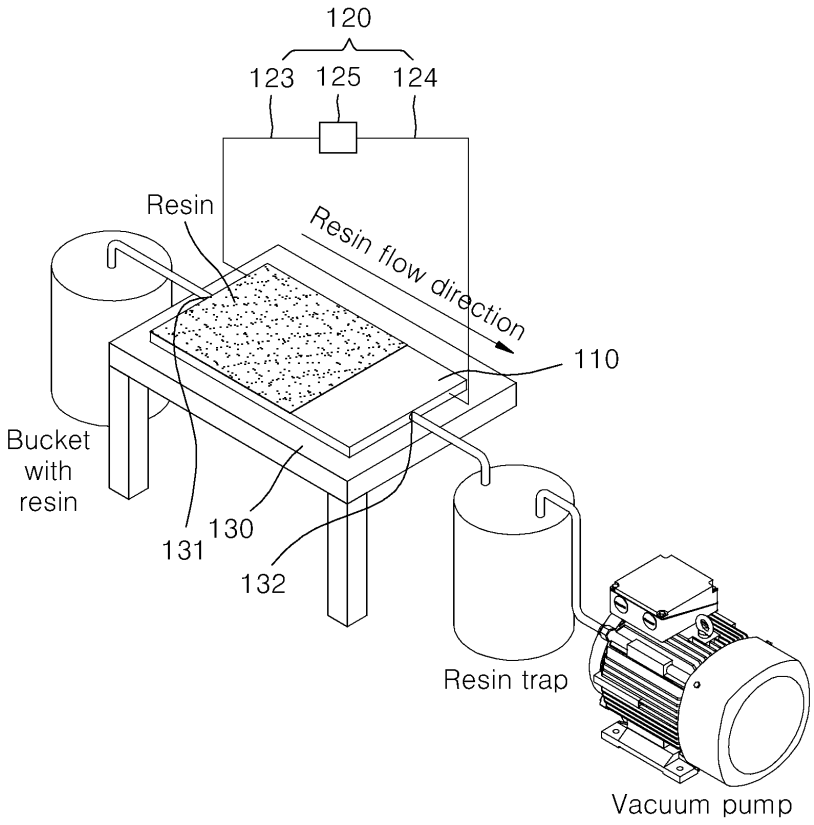
130: 밀봉부재

131: 수지 유입구

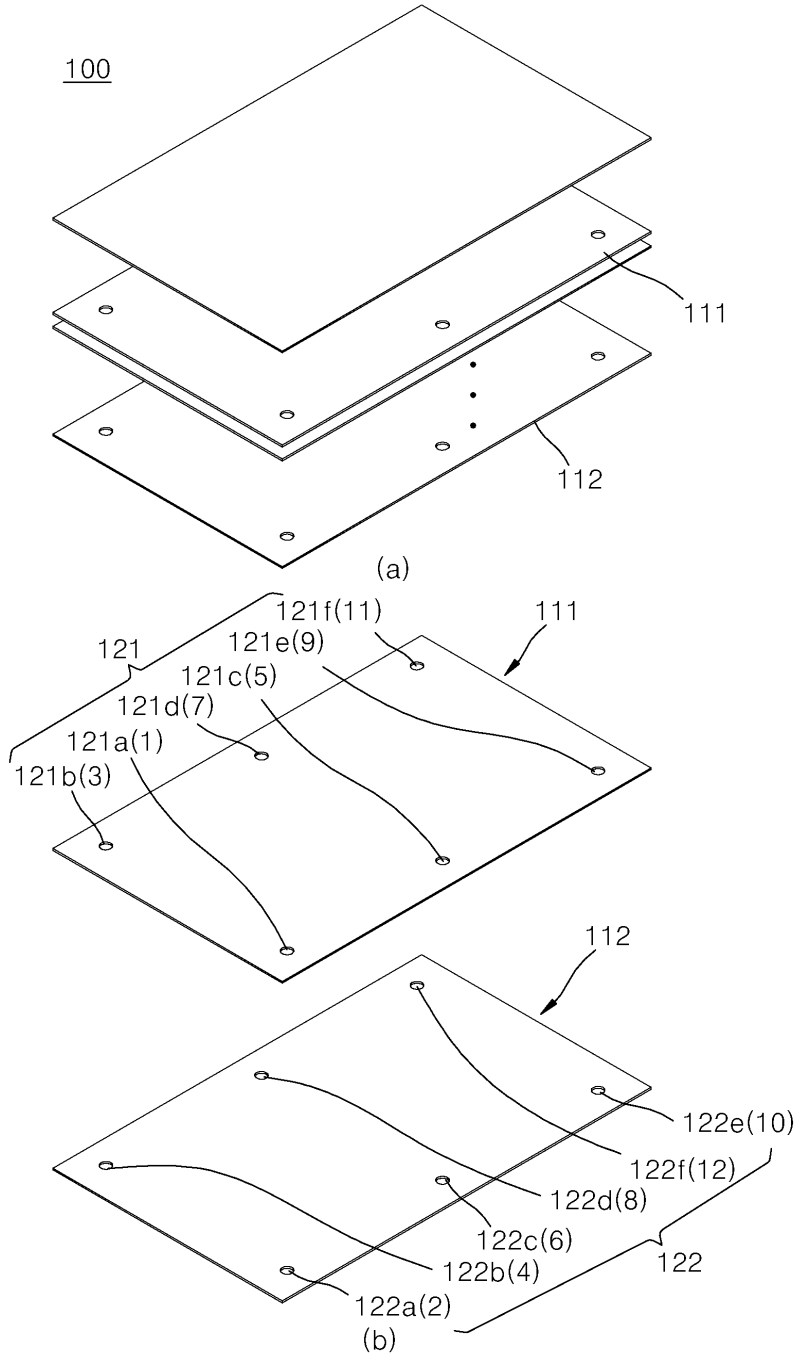
132: 수지 유출구

## 도면

### 도면1

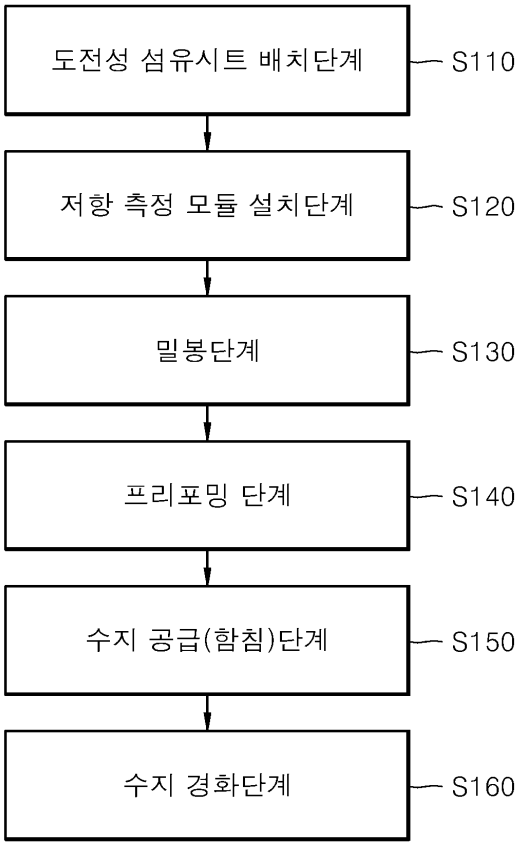

120
123
125
124
Resin
Resin flow direction
110
Bucket
with
resin
131
130
132
Resin trap
Vacuum pump

도면2

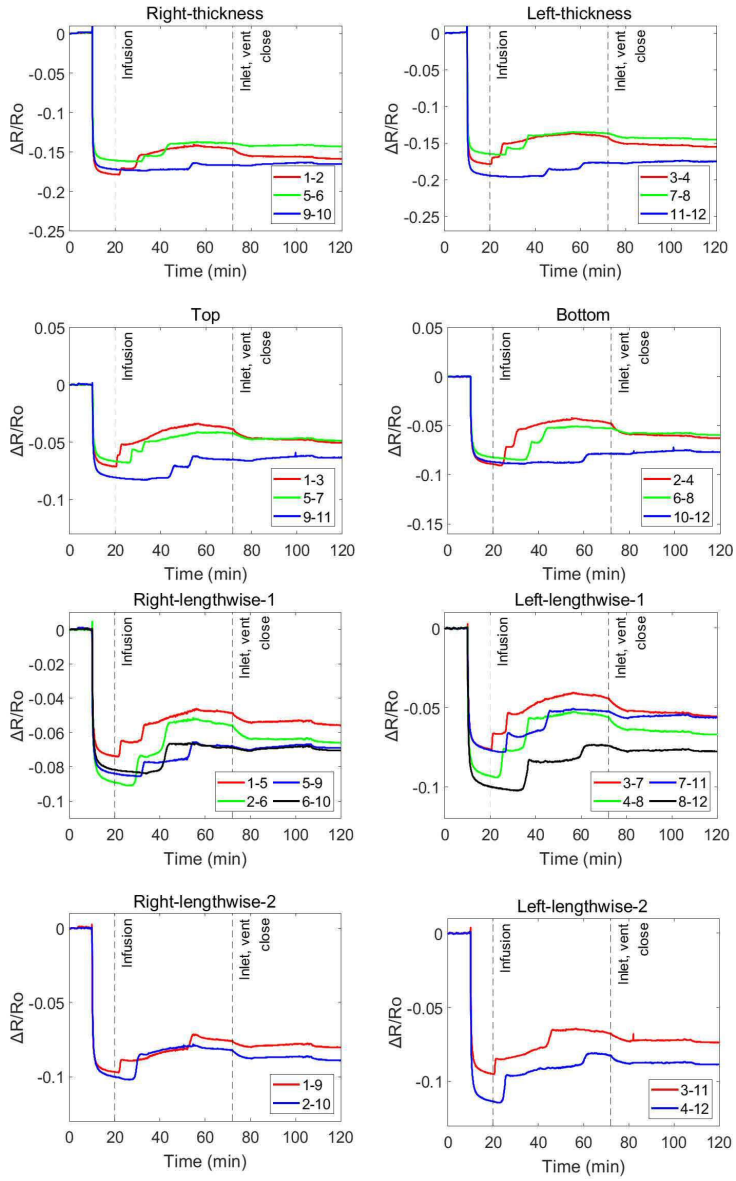

100
111
112
(a)
121f(11)
111
121
121e(9)
121c(5)
121d(7)
121a(1)
121b(3)
112
122e(10)
122f(12)
122d(8)
122c(6)
122b(4)
122
122a(2)
(b)

도면3

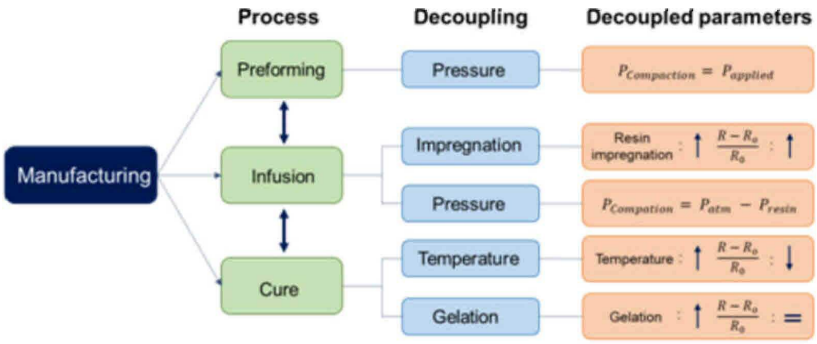
S100


도전성 섬유시트 배치단계
S110
저항 측정 모듈 설치단계
S120
밀봉단계
S130
프리포밍 단계
S140
수지 공급(함침)단계
S150
수지 경화단계
S160

도면4


Right-thickness
Left-thickness
Top
Bottom
Right-lengthwise-1
Left-lengthwise-1
Right-lengthwise-2
Left-lengthwise-2
ΔR/Ro
Time (min)
Infusion
Inlet, vent close
1-2
5-6
9-10
3-4
7-8
11-12
1-3
5-7
9-11
2-4
6-8
10-12
1-5
5-9
2-6
6-10
3-7
7-11
4-8
8-12
1-9
2-10
3-11
4-12

도면5




**Pressure : Leveling**

Level 1: Under 500 MPa (Insufficient)

Level 2: 500 ~ 800 MPa (Appropriate)

Level 3: Over 800 MPa (Sufficient)

**Infusion : Impregnation & flow front**

$P_{Compation} = P_{atm} - P_{resin}$

Resin impregnation → $P_r$ ↑ → $P_{Comp}$ ↓ → Electrical resistance ↑

→ **Detect resin impregnation & flow front**

**Cure :**

Resin cure → Temperature change

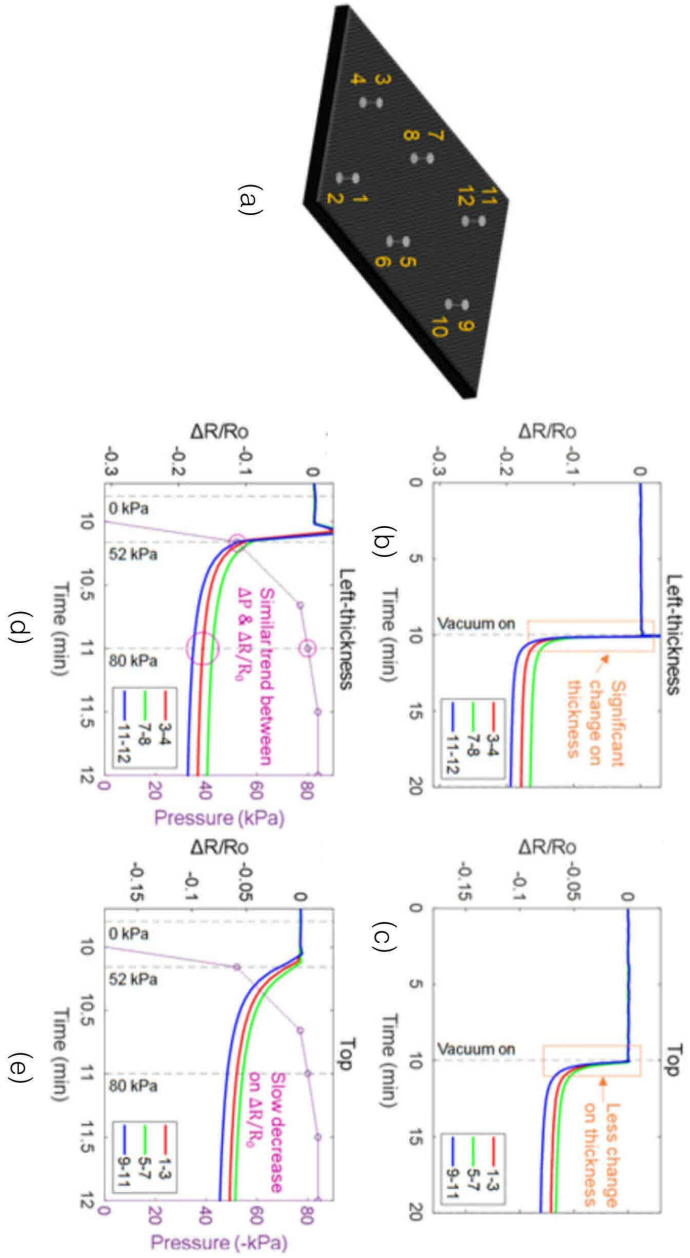
Temperature ↑ → fiber conductivity ↑ → **Electrical resistance** ↓

Resin cure → Resin resistivity($\rho$) change ↓

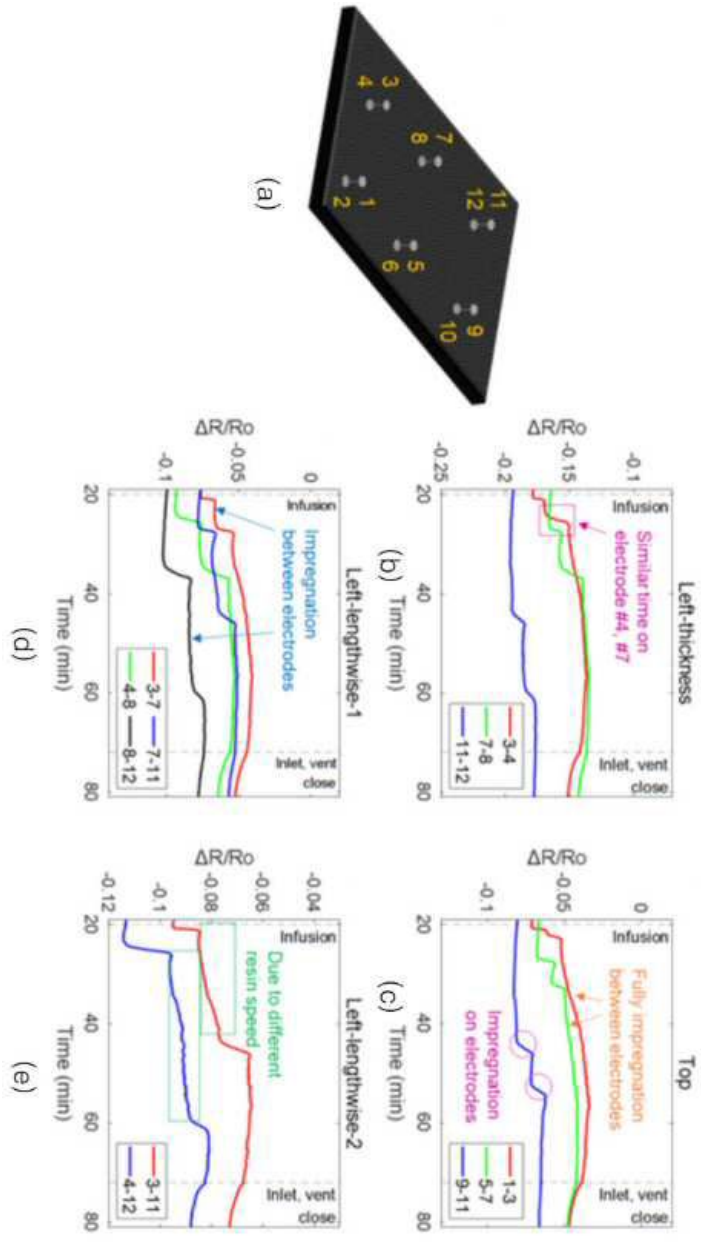
$\rho_{liquid} < \rho_{gel} < \rho_{solid}$ → **Electrical resistance** =

→ **Detect resin temperature change & cure detection**

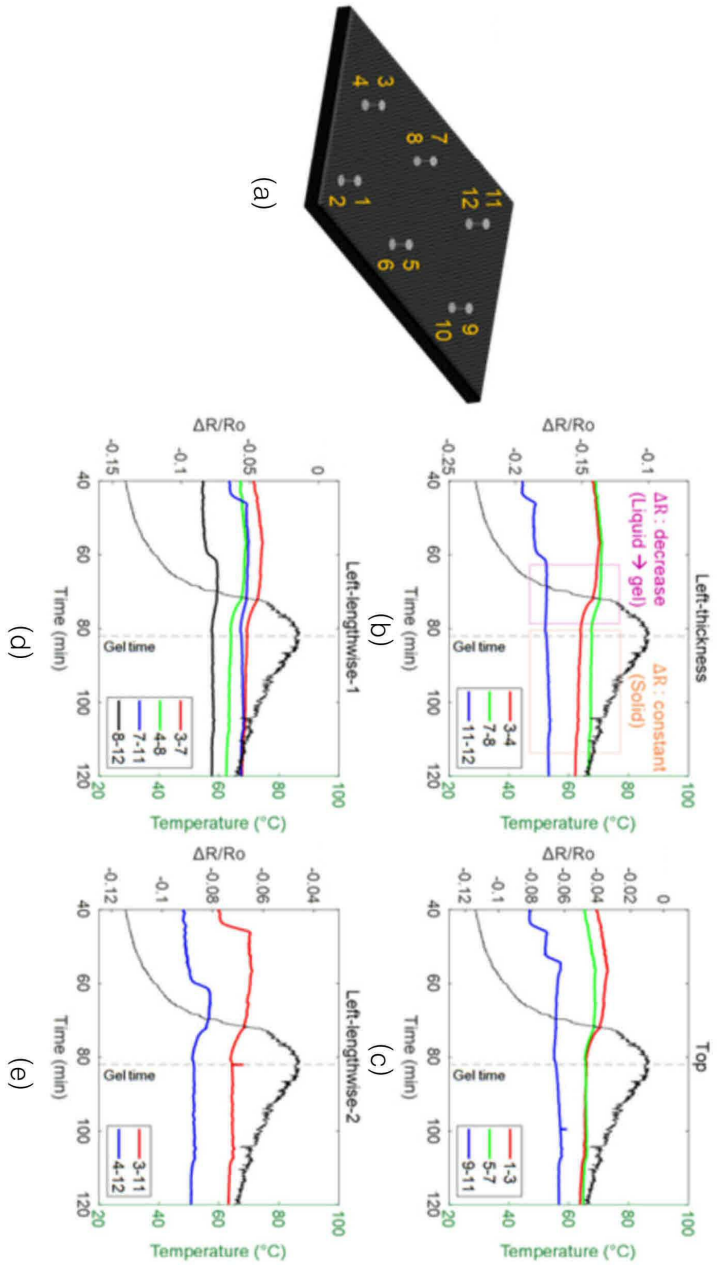
도면6


(a)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
(b)
ΔR/Ro
Time (min)
Left-thickness
Vacuum on
Significant change on thickness
3-4
7-8
11-12
(c)
ΔR/Ro
Time (min)
Top
Vacuum on
Less change on thickness
1-3
5-7
9-11
(d)
ΔR/Ro
Time (min)
Pressure (kPa)
Left-thickness
0 kPa
52 kPa
80 kPa
Similar trend between ΔP & ΔR/R0
3-4
7-8
11-12
(e)
ΔR/Ro
Time (min)
Pressure (-kPa)
Top
0 kPa
52 kPa
80 kPa
Slow decrease on ΔR/R0
1-3
5-7
9-11

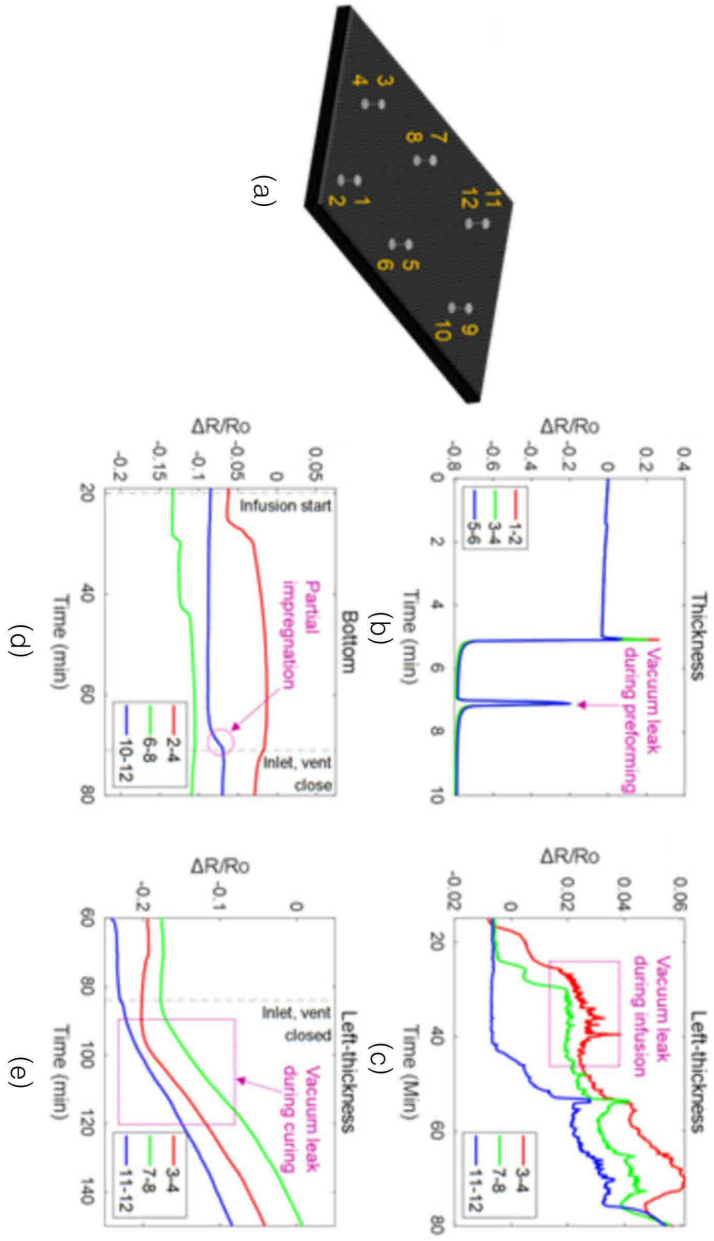
도면7


(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
ΔR/Ro
Time (min)
Infusion
Inlet, vent close
Left-thickness
Similar time on electrode #4, #7
3-4
7-8
11-12
Top
Fully impregnation between electrodes
Impregnation on electrodes
1-3
5-7
9-11
Left-lengthwise-1
Impregnation between electrodes
3-7
7-11
4-8
8-12
Left-lengthwise-2
Due to different resin speed
3-11
4-12

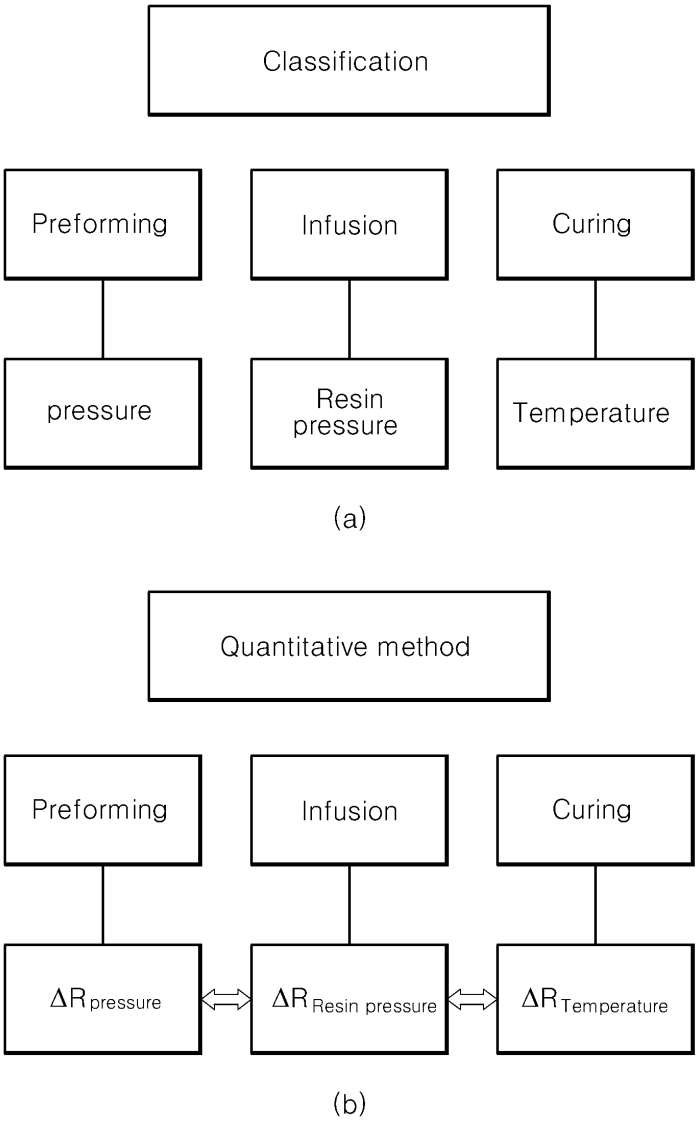
도면8


(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
ΔR/Ro
Time (min)
Temperature (°C)
Gel time
Left-thickness
Top
Left-lengthwise-1
Left-lengthwise-2
ΔR : decrease
(Liquid → gel)
ΔR : constant
(Solid)
3-4
7-8
11-12
1-3
5-7
9-11
3-7
4-8
7-11
8-12
3-11
4-12

도면9


(a)
(b)
Thickness
ΔR/Ro
Time (min)
1-2
3-4
5-6
Vacuum leak
during preforming
(c)
Left-thickness
ΔR/Ro
Time (Min)
3-4
7-8
11-12
Vacuum leak
during infusion
(d)
Bottom
ΔR/Ro
Time (min)
2-4
6-8
10-12
Infusion start
Partial
impregnation
Inlet, vent
close
(e)
Left-thickness
ΔR/Ro
Time (min)
3-4
7-8
11-12
Inlet, vent
closed
Vacuum leak
during curing

도면10


Classification
Preforming
Infusion
Curing
pressure
Resin pressure
Temperature
(a)
Quantitative method
Preforming
Infusion
Curing
ΔR pressure
ΔR Resin pressure
ΔR Temperature
(b)