(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년09월30일
(11) 등록번호 10-2712527
(24) 등록일자 2024년09월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29C 70/48 (2018.01) *B29C 37/00* (2006.01)
B29C 70/30 (2006.01) *B29C 70/46* (2018.01)
B29C 70/54 (2006.01) *B29C 70/88* (2018.01)
G01N 11/00 (2020.01)
(52) CPC특허분류
B29C 70/48 (2013.01)
B29C 70/30 (2023.05)
(21) 출원번호 10-2023-0179027
(22) 출원일자 2023년12월11일
심사청구일자 2023년12월11일
(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 19 항 심사관 : 이새봄

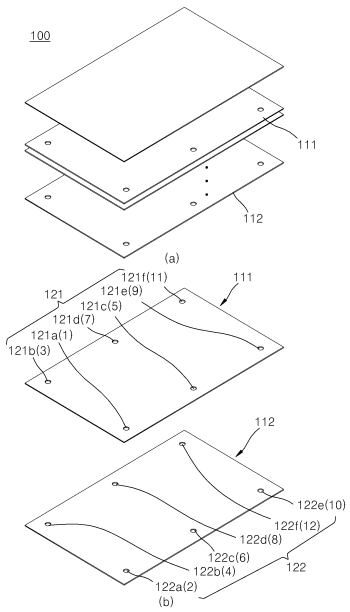
(54) 발명의 명칭 **전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법**

(57) 요 약

본 발명은 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 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

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



전극쌍들을 포함하고, 상기 복수 개의 전극쌍들을 이용하여 상기 시트 적층재의 저항 변화를 측정하는 저항 측정 모듈을 연결하는 저항 측정모듈 설치단계, 상기 몰드 및 시트 유닛을 밀봉부재로 덮어서 상기 시트 유닛을 밀봉시키는 밀봉 단계, 상기 섬유 시트들이 수지에 함침되도록 상기 밀봉부재 내부로 수지를 공급하고 유동시키는 수지 공급단계를 포함하고, 상기 수지 공급단계는, 상기 저항 측정 모듈이 상기 복수 개의 전극쌍들로부터 측정되는 저항값으로부터, 상기 전극쌍들이 설치된 위치에 수지의 유동이 도착한 것인지 여부를 시간에 따라 파악하는 정보 수집단계 및 상기 저항 측정 모듈이 상기 정보 수집단계에서 파악된 정보를 이용하여 상기 도전성 섬유시트의 중심부와 가장자리부 각각에서의 수지의 유동속도를 도출하고, 상기 도출된 수지의 유동속도를 이용하여 수지가 공급되기 시작한 시점으로부터 동일한 시간이 경과한 이후에 상기 도전성 섬유시트의 중심부와 가장자리부에서의 수지의 예상 위치를 도출하여 연결함으로써 시간에 따른 상기 시트 적층재의 전체 영역에서의 수지 유동 상태를 해석하는 유동 해석단계를 포함하는 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법을 제공한다.

따라서 복수 개의 전극쌍들로부터 측정되는 저항값으로부터 파악되는 정보를 수지 유동 해석 프로그램의 경계조건으로 하여 시트 적층재의 전체 영역에서의 수지 유동 상태를 해석할 수 있는 장점이 있다.

(52) CPC특허분류
B29C 70/465 (2013.01)
B29C 70/54 (2023.05)
B29C 70/882 (2013.01)
B29C 2037/90 (2013.01)
G01N 2011/0066 (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 1/2
과제수행기관명 경상국립대학교산학협력단
연구기간 2023.04.01 ~ 2023.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711188764
과제번호 2017R1A5A1015311
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 집단연구지원
연구과제명 산업수요기반 고효율·안전 항공핵심기술 연구센터
기 여 율 1/2
과제수행기관명 경상국립대학교
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 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 유닛을 밀봉부재로 덮어서 상기 시트 유닛을 밀봉시키는 밀봉 단계;

상기 섬유 시트들이 수지에 함침되도록 상기 밀봉부재 내부로 수지를 공급하고 유동시키는 수지 공급단계를 포함하고,

상기 수지 공급단계는,

상기 저항 측정 모듈이 상기 복수 개의 전극쌍들로부터 측정되는 저항값으로부터, 상기 전극쌍들이 설치된 위치에 수지의 유동이 도착한 것인지 여부를 시간에 따라 파악하는 정보 수집단계; 및

상기 저항 측정 모듈이 상기 정보 수집단계에서 파악된 정보를 이용하여 상기 도전성 섬유시트의 중심부와 가장자리부 각각에서의 수지의 유동속도를 도출하고, 상기 도출된 수지의 유동속도를 이용하여 수지가 공급되기 시작한 시점으로부터 동일한 시간이 경과한 이후에 상기 도전성 섬유시트의 중심부와 가장자리부에서의 수지의 예상 위치를 도출하여 연결함으로써 시간에 따른 상기 시트 적층재의 전체 영역에서의 수지 유동 상태를 해석하는 유동 해석단계를 포함하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

도전성 섬유시트 배치단계에서는,

탄소 섬유시트를 도전성 섬유시트로 배치하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 복수 개의 도전성 섬유시트들 중 하나인 제1도전성 섬유시트는,

상기 수지가 상기 밀봉 공간으로 주입되는 전측 단부로부터 길이 방향으로 설정 길이 이격되어 있는 상기 제1도전성 섬유시트의 전단부 중에서 상기 수지가 주입되는 부분을 기준으로 우측에 배치되는 제1도전성 섬유시트 제1전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제1도전성 섬유시트의 폭 방향으로 이격되어 상기 수지가 주입되는 부분을 기준으로 좌측에 배치되되, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 연결한 가상의 직선이 상기 제1도전성 섬유시트의 폭방향 모서리와 평행하도록 배치되는 제1도전성 섬유시트 제2전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향으로 이격되어 배치되되, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 연결한 가상의 직선이 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향 모서리와 평행하도록 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향의 중간 지점인 중단부에 배치되는 제1도전성 섬유시트 제3전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 상기 제1도전성 섬유시트의 폭 방향으로 이격되어 상기 제1도전성 섬유시트

제3전극과 연결한 가상의 직선이 상기 제1도전성 섬유시트의 폭방향 모서리와 평행하도록 배치되되, 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극과 연결한 가상의 직선이 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향 모서리와 평행하도록 배치되는 제1도전성 섬유시트 제4전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향으로 이격되어 배치되되, 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 연결한 가상의 직선이 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향 모서리와 평행하도록 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 상기 제1도전성 섬유시트 제5전극과 연결한 가상의 직선이 상기 제1도전성 섬유시트의 폭방향 모서리와 평행하도록 배치되되, 상기 제1도전성 섬유시트 제4전극과 연결한 가상의 직선이 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향 모서리와 평행하도록 배치되는 제1도전성 섬유시트 제6전극;

상기 수지가 상기 밀봉 공간으로 주입되는 전측 단부 중에서 우측 단부에 배치되는 제1도전성 섬유시트 제7전극;

상기 수지가 상기 밀봉 공간으로 주입되는 전측 단부 중에서 좌측 단부에 배치되는 제1도전성 섬유시트 제8전극;

상기 제1도전성 섬유시트 제7전극과 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향으로 이격되어 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향 모서리에 배치되는 제9전극; 및

상기 제1도전성 섬유시트 제8전극과 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향으로 이격되어 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향 모서리에 배치되는 제10전극을 포함하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 유동 해석단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극에 수지가 도달하는 시간과 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극이 상기 제1도전성 섬유시트의 전측 단부로부터 이격된 길이를 이용하여 상기 제1도전성 섬유시트의 중심부에서의 길이 방향의 수지의 제1유동 속도를 도출하고, 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극에 수지가 도달하는 시간과 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극이 상기 제1도전성 섬유시트의 전측 단부로부터 이격된 길이를 이용하여 상기 제1도전성 섬유시트의 중심부에서의 길이 방향의 수지의 제2유동 속도를 도출하며,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제7전극 및 제1도전성 섬유시트 제9전극에 수지가 도달하는 시간과 상기 제1도전성 섬유시트 제7전극 및 상기 제1도전성 섬유시트 제9전극이 이격된 길이를 이용하여 상기 제1도전성 섬유시트의 우측 가장자리부에서의 길이 방향의 수지의 제1유동 속도를 도출하며,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제8전극 및 제1도전성 섬유시트 제10전극에 수지가 도달하는 시간과 상기 제1도전성 섬유시트 제8전극 및 상기 제1도전성 섬유시트 제10전극이 이격된 길이를 이용하여 상기 제1도전성 섬유시트의 좌측 가장자리부에서의 길이 방향의 수지의 제1유동 속도를 도출하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극과 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 상기 제1도전성 섬유시트 제4전극을 가상의 선으로 연결하여 형성되는 영역을 제1영역이라 할 때,

상기 유동 해석단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 수지가 상기 밀봉 공간으로 공급되기 시작하는 시점으로부터 설정 시간이 경과한 후에 상기 제1영역의 중심부에서 수지의 유동이 도착하는 각 지점을 수학식 1 및 2를 이용하여 도출하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

<수학식 1>

$Y1_R=V1_R(T1-1)+A$

<수학식 2>

$Y1_L=V1_L(T1-1)+A$

$Y1_R$: 수지가 제1도전성 섬유시트 제1전극에서 제1도전성 섬유시트 제3전극 방향으로 이동할 때의 위치

$V1_R$: 제1도전성 섬유시트의 전측 단부에서 제1도전성 섬유시트 제1전극 방향으로 유동하는 수지의 속도

T1: 제1도전성 섬유시트 제1전극에서 제1도전성 섬유시트 제3전극 방향으로 N-1개의 수지의 유동이 도착하는 각 지점을 도출하고, 제1도전성 섬유시트 제2전극에서 제1도전성 섬유시트 제4전극 방향으로 N-1개의 수지의 유동이 도착하는 각 지점을 도출하기 위한 2부터 N까지의 자연수(2??T1??N)(T1은 2부터 N까지 변화함)

A: 제1도전성 섬유시트의 전측 단부에서 제1도전성 섬유시트 제1전극 및 제1도전성 섬유시트 제2전극이 각각 이격되어 있는 길이

$Y1_L$: 수지가 제1도전성 섬유시트 제2전극에서 제1도전성 섬유시트 제4전극 방향으로 이동할 때의 위치

$V1_L$: 제1도전성 섬유시트의 전측 단부에서 제1도전성 섬유시트 제2전극 방향으로 유동하는 수지의 속도

청구항 6

청구항 3에 있어서,

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 포함하고,

상기 유동 해석단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극을 연결하여 저항을 측정할 때, 저항 변화율이 제1설정 변화율 보다 크게 증가하는 두 시점에 상기 공급된 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극을 각각 함침한 상태인 것으로 추정하되, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극이 상기 제1도전성 섬유시트의 전측 단부로부터 이격된 거리와 상기 저항 변화율이 제1설정 변화율 보다 크게 증가하는 두 시점인 제1시점 및 제2시점의 시간 중 제1시점의 시간을 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트의 전단부에서의 수지의 길이 방향의 제1이동속도를 추정하고, 상기 제1시점 및 제2시점의 시간 차이와 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 제2도전성 섬유시트 제1전극의 높이 방향의 이격 거리를 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 제2도전성 섬유시트 제1전극간의 높이 방향의 수지의 제1이동속도를 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 유동 해석단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제2전극을 연결하여 저항을 측정할 때, 저항 변화율이 제2설정 변화율 보다 크게 증가하는 두 시점에 상기 공급된 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제2전극을 각각 함침한 상태인 것으로 추정하되, 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극이 상기 제1도전성 섬유시트의 전측 단부로부터 이격된 거리와 상기 저항 변화율이 제2설정 변화율 보다 크게 증가하는 두 시점인 제3시점 및 제4시점의 시간 중 제3시점의 시간을 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트의 전단부에서의 수지의 길이 방향의 제2이동속도를 추정하고, 상기 제3시점 및 제4시점의 시간 차이와 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극과 제2도전성 섬유시트 제2전극의 높이 방향의 이격 거리를 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극과 제2도전성 섬유시트 제2전극간의 수지의 높이 방향의 제2이동속도를 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 유동 해석단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제3전극을 연결하여 저항을 측정할 때, 저항 변화율이 제3설정 변화율 보다 크게 증가하는 두 시점에 상기 공급된 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제3전극을 각각 함침한 상태인 것으로 추정하되, 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극이 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극으로부터 이격된 거리와 상기 저항 변화율이 제3설정 변화율 보다 크게 증가하는 제5시점 및 제6시점의 시간 중 제5시점의 시간을 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 제1도전성 섬유시트 제3전극 간의 길이 방향의 수지의 제3이동속도를 추정하고, 상기 제5시점 및 제6시점의 시간 차이와 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 제2도전성 섬유시트 제3전극의 높이 방향의 이격 거리를 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 제2도전성 섬유시트 제3전극 간의 높이 방향의 수지의 제3이동속도를 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 유동 해석단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 제2도전성 섬유시트 제1전극간의 높이 방향의 수지의 제1이동속도와 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 제1도전성 섬유시트 제3전극 간의 길이 방향의 수지의 제3이동속도를 비교하여 수지가 상기 제1도전성 섬유시트의 전측에서 후측 방향으로 유동하는 것과 제2도전성 섬유시트 방향으로 유동하는 것 중 어느 방향으로 더 빠르게 유동하는지를 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 10

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 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 유닛을 밀봉부재로 덮어서 상기 시트 유닛을 밀봉시키는 밀봉 단계;

상기 섬유 시트들이 수지에 함침되도록 상기 밀봉부재 내부로 수지를 공급하고 유동시키는 수지 공급단계를 포함하고,

상기 수지 공급단계는,

상기 저항 측정 모듈이 상기 복수 개의 전극쌍들로부터 측정되는 저항값으로부터, 상기 전극쌍들이 설치된 위치에 수지의 유동이 도착한 것인지 여부를 시간에 따라 파악하는 정보 수집단계; 및

상기 저항 측정 모듈이 상기 정보 수집단계에서 파악된 정보를 수지 유동 해석 프로그램의 경계조건으로 사용하여 시뮬레이션하고, 시간에 따른 상기 시트 적층재의 전체 영역에서의 수지 유동 상태를 해석하는 유동 해석단계를 포함하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

도전성 섬유시트 배치단계에서는,

탄소 섬유시트를 도전성 섬유시트로 배치하고,

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 제6전

극을 포함하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 유동 해석단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극을 연결한 제1전극쌍의 저항 변화율을 측정하고, 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제2전극을 연결한 제2전극쌍의 저항 변화율을 측정하고, 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제3전극을 연결한 제3전극쌍의 저항 변화율을 측정하고, 상기 제1도전성 섬유시트 제4전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제4전극을 연결한 제4전극쌍의 저항 변화율을 측정하고, 상기 제1도전성 섬유시트 제5전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제5전극을 연결한 제5전극쌍의 저항 변화율을 측정하고, 상기 제1도전성 섬유시트 제6전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제6전극을 연결한 제6전극쌍의 저항 변화율을 측정해서 상기 밀봉 공간으로 공급된 수지가 각각의 전극에 언제 도달하는지를 나타내는 상기 경계조건을 도출하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 도전성 섬유시트 배치단계 이전에 데이터베이스(DB) 구축 단계를 더 포함하고,

상기 데이터베이스 구축 단계에서는,

상기 시트 적층재와 동일한 구조를 갖는 시트 적층재에 상기 저항 측정모듈 보다 더 많은 수의 전극 쌍들이 배치되어 있는 테스트용 저항 측정모듈을 연결하고, 상기 밀봉 부재로 밀봉하여 시편을 제조하고, 상기 시편의 밀봉부재 내부로 수지를 공급하면서 상기 수지 공급에 따른 전극쌍들의 저항 변화를 측정하여 측정된 자료를 저장하고,

상기 유동 해석단계에서는,

상기 저항 측정 모듈이, 수지가 상기 밀봉 공간에 공급된 이후에 동일한 시간이 경과한 상태에서 수지의 유동이 상기 도전성 섬유시트의 어느 부분에 각각 도착한 것인지를 상기 도출된 경계조건과 매칭되는 상기 데이터베이스의 자료를 이용하여 도출하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 14

청구항 11에 있어서,

상기 유동 해석단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극을 연결하여 저항을 측정할 때, 저항 변화율이 제1설정 변화율 보다 크게 증가하는 두 시점에 상기 공급된 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극을 각각 함침한 상태인 것으로 추정하되, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극이 상기 제1도전성 섬유시트의 전측 단부로부터 이격된 거리와 상기 저항 변화율이 제1설정 변화율 보다 크게 증가하는 두 시점인 제1시점 및 제2시점의 시간 중 제1시점의 시간을 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트의 전단부에서의 길이 방향의 수지의 제1이동속도를 추정하고, 상기 제1시점 및 제2시점의 시간 차이와 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 제2도전성 섬유시트 제1전극의 높이 방향의 이격 거리를 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 제2도전성 섬유시트 제1전극간의 높이 방향의 수지의 제1이동속도를 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 유동 해석단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제2전극을 연결하여 저항을 측정할 때, 저항 변화율이 제2설정 변화율 보다 크게 증가하는 두 시점에 상기 공급된 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제2전극을 각각 함침한 상태인 것으로 추정하되, 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극이 상기 제1도전성 섬유시트의 전측 단부로부터 이격된 거리와 상기 저항 변화율이 제2설정 변화율 보다 크게 증가하는 두 시점인 제3시점 및 제4시점의 시간 중 제3시점의 시간을 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트의 전단부에서의 길이 방향의 수지의 제2이동속도를 추정하고, 상기 제3시점 및 제4시점의 시간 차이와 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극과 제2도전성 섬유시트 제2전극의 높이 방향의 이격 거리를 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극과 제2도전성 섬유시트 제2전극간의 높이 방향의 수지의 제2이동속도를 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 유동 해석단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트의 길이방향의 수지의 제1이동속도와 제2이동속도를 비교하여 수지가 상기 제1도전성 섬유시트의 전단부의 폭 방향 중 어느 쪽을 통해서 상기 제1도전성 섬유시트의 후단부 방향으로 더 빠르게 유동하는지를 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 17

청구항 12에 있어서,

상기 유동 해석단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트의 전단부에서의 높이 방향의 수지의 제1이동속도와 제2이동속도를 비교하여 수지가 상기 제1도전성 섬유시트의 전단부의 폭 방향 중 어느 쪽을 통해서 상기 제1도전성 섬유시트로부터 제2도전성 섬유시트 방향으로 더 빠르게 유동하는지를 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 18

청구항 14에 있어서,

상기 유동 해석단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제3전극을 연결하여 저항을 측정할 때, 저항 변화율이 제3설정 변화율 보다 크게 증가하는 두 시점에 상기 공급된 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 상기 제2도전성 섬유시트 제3전극을 각각 함침한 상태인 것으로 추정하되, 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극이 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극으로부터 이격된 거리와 상기 저항 변화율이 제3설정 변화율 보다 크게 증가하는 제5시점 및 제6시점의 시간 중 제5시점의 시간을 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 제1도전성 섬유시트 제3전극 간의 수지의 길이 방향의 제3이동속도를 추정하고, 상기 제5시점 및 제6시점의 시간 차이와 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 제2도전성 섬유시트 제3전극의 높이 방향의 이격 거리를 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극과 제2도전성 섬유시트 제3전극 간의 수지의 높이 방향의 제3이동속도를 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정는 방법.

청구항 19

청구항 18에 있어서,

상기 유동 해석단계에서,

상기 저항 측정모듈은, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 제2도전성 섬유시트 제1전극간의 수지의 높이 방향의 제1이동속도와 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극과 제1도전성 섬유시트 제3전극 간의 수지의 길이 방향의 제3이동속도를 비교하여 수지가 상기 제1도전성 섬유시트의 전측에서 후측 방향으로 유동하는 것과 제2도전성 섬유시트 방향으로 유동하는 것 중 어느 방향으로 더 빠르게 유동하는지를 추정하는,

전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 복수 개의 전극쌍들로부터 측정되는 저항값으로부터 파악되는 정보를 이용하여 도전성 섬유시트의 중심부와 가장자리부 각각에서의 수지의 유동 속도를 도출함으로써 도전성 섬유시트 전체 영역에서의 수지 유동 상태를 해석하는 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 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.

[0003] 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 주어 VARTM을 이용한 복합소재 제조 시, 유입되는 수지가 균일하게 유동하는 것이 현실적으로 어려운 문제가 있다. 따라서 이러한 불균일성을 해소하기 위해서 수지의 유동을 파악하는 것이 중요하다.

[0004] 이러한 문제를 해결하기 위해서 수지의 유동을 파악하는 다양한 방안들이 제시되고 있으나, 복잡한 장치를 이용하거나 고가의 장비를 필요로 하는 등 간편하고 저비용으로 수지의 유동을 파악할 수 있는 방법은 부족한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

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

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 복수 개의 전극쌍들로부터 측정되는 저항값으로부터 파악되는 정보를 이용하여 도전성 섬유시트의 중심부와 가장자리부 각각에서의 수지의 유동 속도를 도출함으로써 도전성 섬유시트 전체 영역에서의 수지 유동 상태를 해석하는 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 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 따

라 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 유닛을 밀봉부재로 덮어서 상기 시트 유닛을 밀봉시키는 밀봉 단계, 상기 섬유 시트들이 수지에 함침되도록 상기 밀봉부재 내부로 수지를 공급하고 유동시키는 수지 공급단계를 포함하고, 상기 수지 공급단계는, 상기 저항 측정 모듈이 상기 복수 개의 전극쌍들로부터 측정되는 저항값으로부터, 상기 전극쌍들이 설치된 위치에 수지의 유동이 도착한 것인지 여부를 시간에 따라 파악하는 정보 수집단계 및 상기 저항 측정 모듈이 상기 정보 수집단계에서 파악된 정보를 이용하여 상기 도전성 섬유시트의 중심부와 가장자리부 각각에서의 수지의 유동속도를 도출하고, 상기 도출된 수지의 유동속도를 이용하여 수지가 공급되기 시작한 시점으로부터 동일한 시간이 경과한 이후에 상기 도전성 섬유시트의 중심부와 가장자리부에서의 수지의 예상 위치를 도출하여 연결함으로써 시간에 따른 상기 시트 적층재의 전체 영역에서의 수지 유동 상태를 해석하는 유동 해석단계를 포함하는 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법을 제공한다.

[0008] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명은 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 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 유닛을 밀봉부재로 덮어서 상기 시트 유닛을 밀봉시키는 밀봉 단계, 상기 섬유 시트들이 수지에 함침되도록 상기 밀봉부재 내부로 수지를 공급하고 유동시키는 수지 공급단계를 포함하고, 상기 수지 공급단계는, 상기 저항 측정 모듈이 상기 복수 개의 전극쌍들로부터 측정되는 저항값으로부터, 상기 전극쌍들이 설치된 위치에 수지의 유동이 도착한 것인지 여부를 시간에 따라 파악하는 정보 수집단계 및 상기 저항 측정 모듈이 상기 정보 수집단계에서 파악된 정보를 수지 유동 해석 프로그램의 경계조건으로 사용하여 시뮬레이션하고, 시간에 따른 상기 시트 적층재의 전체 영역에서의 수지 유동 상태를 해석하는 유동 해석단계를 포함하는, 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0009] 본 발명에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0010] 첫째, 복수 개의 전극쌍들로부터 측정되는 저항값으로부터 파악되는 정보를 이용하여 도전성 섬유시트의 중심부와 가장자리부 각각에서의 수지의 유동 속도를 도출함으로써 저항 측정만으로 도전성 섬유시트 전체 영역에서의 수지 유동 상태를 해석할 수 있는 장점이 있다.

[0011] 둘째, 도전성 섬유시트들을 적층한 시트 적층재에 복수 개의 전극을 배치시키기만 하면 되므로 필요한 장치의 구성이 단순하고 제작이 편리한 장점이 있다.

[0012] 셋째, 시트 적층재의 저항 변화만으로 수지의 도착 시점을 확인할 수 있으므로 수지의 도착 시점을 쉽고 명확하게 판단할 수 있는 장점이 있다.

[0013] 넷째, 복수 개의 전극쌍들로부터 측정되는 저항값으로부터 파악되는 정보를 수지 유동 해석 프로그램의 경계조건으로 하여 시트 적층재의 전체 영역에서의 수지 유동 상태를 해석할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법에 이용되는 장치의 모식도이다.

도 2는 도 1에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법에 이용되는 장치 중에서 시트 적층재를 구성하는 도선성 섬유시트들을 분리하여 나타낸 모식도이다.

도 3 및 4는 도 1에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법을 나타내는 순서도이다.

도 5는 도 1에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법 중에서 수지 공급단계에서의 수지의 공급에 따른 밀봉 공간의 압력의 변화로부터 발생하는 저항의 변화를 나타내는 실험 자료이다.

도 6은 도 1에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법에서 제1도전성 섬유시트를 XY평면으로 표현할 때, 수지의 이동 위치를 XY평면 상에 나타내는 모식도이다.

도 7은 기본적인 직사각형 모양에서의 수지의 흐름을 예시적으로 나타내는 모식도이다.

도 8은 도 1에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법을 이용하여 도출한 수지의 유동선단의 모습과, 실제로 수지가 유동한 모습 및 CFD를 이용한 해석결과와의 비교 모습을 나타내는 모식도이다.

도 9는 도 8에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법과 동일한 방법을 이용하여 도출한 두께 방향(높이 방향)에서의 수지의 유동선단 모습과 CFD를 이용한 해석결과와의 비교 모습을 나타내는 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0016] 도 1 내지 도 9를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠(Vacuum Assisted Resin Transfer Molding, VARTM) 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법(S100)은 도전성 섬유시트 배치단계(S110), 저항 측정 모듈 설치단계(S120), 밀봉 단계(S130) 및 수지 공급(함침)단계(S140)를 포함한다. 본 실시예에 따른 방법(S100)으로 수지의 유동선단 모양을 추정하기 위해서는 브이에이알티엠 장치(100)가 필요하므로 상기 브이에이알티엠 장치(100)에 대해 먼저 설명한다.

[0017] 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, 진공펌프 등 다른 구성들을 더 포함하지만 구체적인 설명은 생략한다. 상기 시트 적층재(110)는 상기 몰드 상에 적층된 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 1000mm, 폭이 500mm인 것을 예로 들지만 상기 도선성 섬유시트의 크기는 변경이 가능하다.

[0018] 그리고 본 실시예에서는 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.

[0019] 상기 탄소섬유시트들(110)은 도전성이 있으므로 적층된 상태에서 압착되거나, 비도전성 수지가 상기 탄소섬유시트(110)를 흐를 때 저항이 변화한다. 따라서 별도의 센서를 부착하지 않고도 상기 탄소섬유시트들(110)의 저항 변화를 측정함으로써 수지가 상기 탄소섬유시트(110)의 어느 위치까지 도착(함침)한 상태인지 알 수 있다.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)은 수지가 상기 밀봉 공간으로 주입되는 전측 단부로부터 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 길이 방향으로 설정 길이 이격되어 있는 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 전단부 중에서 상기 수지가 주입되는 부분을 기준으로 우측에 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 섬유시트(111)의 폭 방향으로 이격되어 있다. 그리고 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)은 상기 수지가 주입되는 부분을 기준으로 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 좌측에 배치된다. 이때 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)은 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(111)과 연결한 가상의 직선이 상기 제1도전성 섬유시트의 폭방향 모서리(전측 단부 모서리)와 평행하도록 배치된다.

[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 가상의 직선은 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 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 가상의 직선은 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 폭 방향 모서리(전측 단부 모서리)와 평행한 구조이다. 그리고 상기 제1도전성 섬유시트 제4전극(121d)은 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)과 연결한 가상의 직선이 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 길이 방향 모서리와 평행한 구조를 이룬다.

[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)과 연결한 가상의 직선이 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 길이 방향 모서리와 평행한 구조를 이룬다. 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 가상의 직선은 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 폭 방향 모서리(전측 단부 모서리)와 평행한 구조이다. 그리고 제1도전성 섬유시트 제6전극(121f)과 상기 제1도전성 섬유시트 제4전극(121d)을 연결한 가상의 직선은 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 길이 방향 모서리와 평행하도록 배치된다. 본 실시예에서는 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a) 내지 상기 제1도전성 섬유시트 제6전극(121f)이 배치되어 있는 부분을 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 중심부라 칭한다.

[0028] 도면에는 도시하지 않지만, 상기 제1도전성 섬유시트(111)는 제1도전성 섬유시트 제7전극(미도시), 제1도전성 섬유시트 제8전극(미도시), 제1도전성 섬유시트 제9전극(미도시) 및 제1도전성 섬유시트 제10전극(미도시)을 더 포함할 수 있다. 상기 제1도전성 섬유시트 제7전극은 수지가 상기 밀봉 공간으로 공급(주입)되는 전측 단부 중에서 우측 단부에 배치된다. 상기 제1도전성 섬유시트 제8전극은 수지가 상기 밀봉 공간으로 공급되는 전측 단부 중에서 좌측 단부에 배치된다. 상기 제1도전성 섬유시트 제9전극은 상기 제1도전성 섬유시트 제7전극과 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향으로 이격되어 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향 모서리(우측 모서리)에 배치된다. 상기 제1도전성 섬유시트 제10전극은 상기 제1도전성 섬유시트 제8전극과 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향으로 이격되어 상기 제1도전성 섬유시트의 길이 방향 모서리(좌측 모서리)에 배치된다.

[0029] 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 제1도전성 섬유시트 제7전극 및 상기 제1도전성 섬유시트 제9전극에 수지가 도달하는 시간과 상기 제1도전성 섬유시트 제7전극 및 제1도전성 섬유시트 제9전극이 이격된 길이(거리)를 이용하여 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 우측 가장자리부에서의 길이 방향의 수지의 제1유동 속도를 도출한다. 그리고 상기 저항 측정모듈(120)은 제1도전성 섬유시트 제8전극 및 상기 제1도전성 섬유시트 제10전극에 수지가 도달하는 시간과 상기 제1도전성 섬유시트 제8전극 및 상기 제1도전성 섬유시트 제10전극이 이격된 길이를 이용하

여 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 좌측 가장자리부에서의 길이 방향으로의 수지의 제1유동 속도를 도출한다. 본 실시예에서는 상기 제1도전성 섬유시트 제7전극 내지 제1도전성 섬유시트 제10전극이 배치되어 있는 부분을 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 가장자리부라 칭한다.

[0030] 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.

[0031] 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 나타낸다. 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.

[0032] 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 수지 공급단계(S140)에서의 수지의 함침 정도를 추정한다. 그리고 상기 제어부(125)는 측정된 저항을 시각적으로 확인 가능하도록 디스플레이 장치를 포함할 수 있다.

[0033] 이하에서는 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법에 대해 설명한다.

[0034] 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.

[0035] 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.

[0036] 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.

[0037] 상기 수지 공급단계(S140)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.

[0038] 상기 수지 공급단계(S140)에서 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 저항 측정모듈(120)에서 측정되는 저항이 상기 밀봉 공간의 수지 압력에 의해 변화되는 상관 관계 및 Darcy 법칙을 이용하여 상기 수지 공급단계(S140)에서의

수지의 유동선단 모양을 추정한다. 즉, 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 수지 공급단계(S140)에서 상기 시트 적층재(110)에 수지가 함침됨에 따라서 변화하는 상기 시트 적층재(110)의 저항을 측정함으로써 수지가 시트 적층재의 어느 위치까지 도착한 상태인지 추정한다.

[0039] 구체적으로 상기 수지 공급단계(S140)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(S140)에서 상기 도전성 섬유시트(110)들에 작용하는 압력의 변화를 측정하면 상기 밀봉 공간으로 수지가 어느 정도 공급된 상태인지를 파악하여 수지의 유동선단 모양을 추정해 볼 수 있다.

[0040] 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.

[0041] 즉, 상기 수지 공급단계(S140)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 데이터베이스(DB)가 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 압력을 빠르게 추정할 수 있다.

[0042] 예를 들어 상기 수지 공급단계(S140)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.

[0043] 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.

[0044] 도 5를 참조하면, 도 5에서는 수지가 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)과 제2도전성 섬유시트 제2전극(122b)이 설치된 부분에 함침될 때 저항이 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 상기 수지 공급단계(S140)에서 수지가 어느 위치까지 유동한 상태인지를 추정하는 과정을 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a)이 설치된 부분만을 예로 들지만, 다른 전극들이 설치된 부분도 동일한 방법으로 추정이 가능하다.

[0045] 본 실시예에서 상기 수지 공급단계(S140)는 정보 수집단계(S141) 및 유동 해석단계(S142)를 포함한다. 상기 정보 수집단계(S141)는 상기 저항 측정모듈(120)이 상기 복수 개의 전극쌍들로부터 측정되는 저항값으로부터, 상기 전극쌍들이 설치된 위치에 수지의 유동이 도착한 것인지 여부를 시간에 따라 파악하는 과정이다. 상기 정보 수집단계(S120)에서 파악된 정보는 수지의 유동을 해석하는데 있어서 경계 조건으로 이용될 수 있다. 그리고 상기 유동 해석단계(S142)는 상기 저항 측정모듈(120)이 상기 정보 수집단계(S141)에서 파악된 정보를 이용하여 상기 시트 적층재(110)의 중심부와 가장자리부 각각에서의 수지의 유동속도를 도출한다. 그리고 상기 도출된 수지의 유동속도를 이용하여 수지가 공급되기 시작한 시점으로부터 동일한 시간이 경과한 이후에 상기 시트 적층재(110)의 중심부와 가장자리부에서의 수지의 예상 위치를 도출하여 연결함으로써 시간에 따른 상기 시트 적층재(110)의 전체 영역에서의 수지 유동 상태를 해석하는 과정이다. 상기 정보 수집 및 유동 해석은 상기 제어부(125)에서 수행한다.

[0046] 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고, 상기 유동 해석단계(S142)는 상기 저항 측정모듈(120)이 상기 정보 수집 단계에서 파악된 정보를 수지 유동 해석 프로그램의 경계조건으로 사용하여 시뮬레이션 함으로써 시간에 따른 상기 시트 적층재(110)의 전체 영역에서의 수지 유동 상태를 해석알 수도 있다. 본 실시예에서 상기 유동 해석 프로그램으로는 FLUENT 또는 MATLAB을 이용하는 것을 예로 들지만 상기 유동 해석 프로그램의 종류는 변경될 수 있다.

[0047] 상기 유동 해석단계(S142)에서 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a)을 연결한 제1전극쌍의 제1저항 변화율을 측정하고, 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)과 상기 제2도전성 섬유시트 제2전극(122b)을 연결한 제2전극쌍의 제2저항 변화율을 측정한다. 그리고 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)과 상기 제2도전성 섬유시트 제3전극(c)을 연결한 제3전극쌍의 제3저항 변화율을 측정하고, 상기 제1도전성 섬유시트 제4전극(121d)과 상기 제2도전성 섬유시트 제4전극(122d)을 연결한 제4전극쌍의 제4저항 변화율을 측정한다. 또한 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 제1도전성 섬유시트 제5전극(121e)과 상기 제2도전성 섬유시트 제5전극(122e)을 연결한 제5전극쌍의 제5저항 변화율을 측정하고, 상기 제1도전성 섬유시트 제6전극(121f)과 상기 제2도전성 섬유시트 제6전극(122f)을 연결한 제6전극쌍의 제6저항 변화율을 측정한다. 상기 저항 측정모듈(120)은 위에서 설명한 바와 같이 각각의 저항 변화율이 각각의 설정 변화율보다 큰 시점에 수지가 전극을 함침한 것으로 판단하여 상기 유동 해석단계(S142)에서 이용될 경계조건을 도출한다. 본 실시예에서는 상기 제1도전성 섬유시트(111)에 배치되어 있는 제1도전성 섬유시트 전극(121)들과 상기 제2도전성 섬유시트(112)에 배치되어 있는 제2도전성 섬유시트 전극(122)들 각각을 연결한 것을 예로 들지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)을 연결하거나, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 제1도전성 섬유시트 제5전극(121e)을 연결하여 수지의 유동 시 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 길이 방향으로의 저항 변화를 측정할 수도 있다. 이때 상기 저항 측정모듈(120)은, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)에 수지가 도달하는 시간과 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)이 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 전측 단부로부터 이격된 길이를 이용하여 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 중심부에서의 길이 방향의 수지의 제1유동 속도를 도출하고, 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)에 수지가 도달하는 시간과 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)이 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 전측 단부로부터 이격된 길이를 이용하여 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 중심부에서의 길이 방향의 수지의 제2유동 속도를 도출한다. 그리고 상기 저항 측정모듈(120)은, 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)과 상기 제2도전성 섬유시트 제2전극(122b)을 연결하여 저항을 측정할 때, 저항 변화율이 제2설정 변화율 보다 크게 증가하는 두 시점에 상기 공급된 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)과 상기 제2도전성 섬유시트 제2전극(122b)을 각각 함침한 상태인 것으로 추정하되, 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)이 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 전측 단부로부터 이격된 거리와 상기 저항 변화율이 제2설정 변화율 보다 크게 증가하는 두 시점인 제3시점 및 제4시점의 시간 중 제3시점의 시간을 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 전단부에서의 수지의 길이 방향의 제2이동속도를 추정하고, 상기 제3시점 및 제4시점의 시간 차이와 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)과 제2도전성 섬유시트 제2전극(122b)의 높이 방향의 이격 거리를 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)과 제2도전성 섬유시트 제2전극(122b)간의 수지의 높이 방향의 제2이동속도를 추정한다. 그리고 상기 저항 측정모듈(120)은, 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)과 상기 제2도전성 섬유시트 제3전극(122c)을 연결하여 저항을 측정할 때, 저항 변화율이 제3설정 변화율 보다 크게 증가하는 두 시점에 상기 공급된 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)과 상기 제2도전성 섬유시트 제3전극(122c)을 각각 함침한 상태인 것으로 추정하되, 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)이 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)으로부터 이격된 거리와 상기 저항 변화율이 제3설정 변화율 보다 크게 증가하는 제5시점 및 제6시점의 시간 중 제5시점의 시간을 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c) 간의 길이 방향의 수지의 제3이동속도를 추정하고, 상기 제5시점 및 제6시점의 시간 차이와 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)과 제2도전성 섬유시트 제3전극(122c)의 높이 방향의 이격 거리를 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)과 제2도전성 섬유시트 제3전극(122c) 간의 높이 방향의 수지의 제3이동속도를 추정한다.

[0048] 본 실시예에서는 상기 경계조건을 바탕으로, Darcy 법칙을 이용하여 상기 밀봉 공간에 공급되는 수지의 유동을 시뮬레이션하여 도출하는 것을 예로 든다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고, 미리 데이터베이스(DB)를 구축하는 데이터베이스 구축단계를 더 포함할 수 있고, 미리 구축되어 있는 상기 데이터베이스(DB)를 이용하여 상기 밀봉 공간에 공급되는 수지의 유동을 추정할 수도 있다.

[0049] 상기 데이터베이스 구축단계에서는, 상기 시트 적층재(110)와 동일한 구조를 갖는 시트 적층재에 상기 저항 측

정모듈(120)보다 더 많은 수의 전극 쌍들이 배치되어 있는 테스트용 저항 측정모듈을 연결하고, 상기 밀봉 부재(130)로 밀봉하여 시편을 제조한다. 그리고 상기 시편의 밀봉부재 내부로 수지를 공급하면서 수지 공급에 따른 전극쌍들의 저항 변화를 측정하여 측정된 자료를 저장한다. 상기 시편에 의한 저항 변화 측정 시에는 상기 시트 적층재(110)를 격자 형태로 구분하여 각각의 영역에 전극을 배치함으로써 다수의 경계 조건을 다수 확보한다. 이를 통해 수지의 유동선단 해석의 정확도를 향상시킨다. 또한 시편에 의한 저항 측정 시에는 진공 펌프에 의한 진공 압력도 다양하게 변화시키면서 저항을 측정하여 데이터베이스를 구축한다. 그리고 상기 유동 해석단계(S142)에서는, 상기 저항 측정모듈(120)이 상기 경계조건과 매칭되는 상기 데이터베이스의 자료를 이용하여 수지의 유동선단을 추정한다.

[0050] 본 실시예에서는 도 6에서와 같이 상기 제1도전성 섬유시트(111)를 XY평면으로 할 때, 유동하는 수지의 위치를 상기 제1도전성 섬유시트(111) 상에 나타낼 수 있다. 이를 위해 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)과 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c) 및 상기 제1도전성 섬유시트 제4전극(121d)을 가상의 선으로 연결하여 형성되는 영역을 제1영역이라한다. 그리고 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)과 상기 제1도전성 섬유시트 제4전극(121d)과 상기 제1도전성 섬유시트 제5전극(121e)과 상기 제1도전성 섬유시트 제6전극(121f)을 가상의 선으로 연결하여 형성되는 영역을 제2영역이라 한다. 본 실시예에서 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)은 Y축의 길이를 100으로 할 때, 10의 위치에 배치된다. 그리고 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)과 제1도전성 섬유시트 제4전극(121d)은 50의 위치에 배치된다. 그리고 상기 제1도전성 섬유시트 제5전극(121e)과 제1도전성 섬유시트 제2전극(121f)은 90의 위치에 배치된다. 단, X축에 해당하는 제1도전성 섬유시트(111)의 폭 방향 길이는 그것 자체가 변수로 작용하지는 않는다.

[0051] 이때 상기 저항 측정모듈(120)은 수지가 상기 밀봉 공간으로 공급되기 시작하는 시점으로부터 설정 시간이 경과한 후에 상기 제1영역의 중심부에서 수지의 유동이 도착하는 각 지점을 1차식인 수학식 1과 2를 이용하여 도출한다. 물론 수학식 1과 2를 적용하는 방식을 이용하여 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 가장자리부에서의 수지의 유동이 도착하는 각 지점도 1차식을 이용하여 각각 도출 가능하다. 이렇듯 본 실시예에서 따른 전기저항을 이용하여 브이에이알티엠 공정에서의 수지의 유동선단 모양을 추정하는 방법(S100)은 수지가 밀봉 공간에 공급된 시점으로부터 설정 시간이 경과한 시점에서 수지의 유동이 어느 지점에 도착하는지를 네 개의 1차식을 이용하여 도출되는 각각의 점들을 연결함으로써 도출할 수 있다.

[0052] <수학식 1>

[0053] $Y1_R=V1_R(T1-1)+A$

[0054] <수학식 2>

[0055] $Y1_L=V1_L(T1-1)+A$

[0056] $Y1_R$: 수지가 제1도전성 섬유시트 제1전극에서 제1도전성 섬유시트 제3전극 방향으로 이동할 때의 위치

[0057] $V1_R$: 제1도전성 섬유시트의 전측 단부에서 제1도전성 섬유시트 제1전극 방향으로 유동하는 수지의 속도

[0058] T1: 제1도전성 섬유시트 제1전극에서 제1도전성 섬유시트 제3전극 방향으로 N-1개의 수지의 유동이 도착하는 각 지점을 도출하고, 제1도전성 섬유시트 제2전극에서 제1도전성 섬유시트 제4전극 방향으로 N-1개의 수지의 유동이 도착하는 각 지점을 도출하기 위한 2부터 N까지의 자연수($2 \leq T1 \leq N$)(T1은 2부터 N까지 변화함)

[0059] A: 제1도전성 섬유시트의 전측 단부에서 제1도전성 섬유시트 제1전극 및 제1도전성 섬유시트 제2전극이 각각 이격되어 있는 길이

[0060] $Y1_L$: 수지가 제1도전성 섬유시트 제2전극에서 제1도전성 섬유시트 제4전극 방향으로 이동할 때의 위치

[0061] $V1_L$: 제1도전성 섬유시트의 전측 단부에서 제1도전성 섬유시트 제2전극 방향으로 유동하는 수지의 속도

[0062] 즉, 수학식 1은 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 폭 방향의 우측(수지가 공급되는 방향을 기준으로 오른쪽)에서 수지가 유동하는 각각의 지점을 도출하는 수식이고, 수학식 2는 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 폭 방향의 좌측(수지가 공급되는 방향을 기준으로 왼쪽)에서 수지가 유동하는 각각의 지점을 도출하는 수식이다. 수학식 1의 $V1_R$ 및 수학식 2의 $V1_L$은 수학식 3(Darcy 법칙)을 이용해서 도출하거나, 상기 제1도전성 섬유시트(111)에 공급되

는 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a) 및 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)에 각각 도착하는 시간을 이용하여 도출할 수 있다. 상기 수학식 4와 5를 이용하여 제2영역에서의 수지의 유동선단을 도출하는 방법은 상기 제1영역에서의 수지의 유동선단을 도출하는 방법과 유사하므로 구체적인 설명은 생략한다.

[0063] <수학식 3>

[0064] $Q=K(\nabla P)/\mu$

[0065] Q: 수지의 흐름 속도

[0066] K: 도전성 섬유시트의 수지 투과계수[m^2]

[0067] ∇P: 수지에 가해지는 압력[Pa]

[0068] μ: 수지의 점도

[0069] 수학식 3은 Darcy 법칙을 단순화하여 표현한 식이다. 수학식 3에서 도전성 섬유시트의 수지 투과계수(K) 및 수지의 점도(μ)는 상수로 취급한다. 따라서 수지에 가해지는 압력만이 변수가 되고, 수지에 가해지는 압력은 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 저항 변화로 측정이 가능하므로 수지의 흐름 속도를 도출 가능하다.

[0070] 상기 제2영역에서의 수지의 유동과 관련해서는 수학식 4 및 5를 적용한다.

[0071] <수학식 4>

[0072] $Y2_R=V2_R(T2-5)+B$

[0073] <수학식 5>

[0074] $Y2_L=V2_L(T2-5)+B$

[0075] $Y2_R$: 수지가 제1도전성 섬유시트 제3전극에서 제1도전성 섬유시트 제5전극 방향으로 이동할 때의 위치

[0076] $V2_R$: 제1도전성 섬유시트 제3전극에서 제1도전성 섬유시트 제5전극 방향으로 유동하는 수지의 속도

[0077] T2: 제1도전성 섬유시트 제3전극에서 제1도전성 섬유시트 제5전극 방향으로 M-5개의 수지의 유동이 도착하는 각 지점을 도출하고, 제1도전성 섬유시트 제4전극에서 제1도전성 섬유시트 제6전극 방향으로 M-5개의 수지의 유동이 도착하는 각 지점을 도출하기 위한 6부터 M까지의 자연수($6\leq T2\leq M$)(T2는 6부터 M까지 변화함)

[0078] B: 제1도전성 섬유시트의 전측 단부에서 제1도전성 섬유시트 제3전극 및 제1도전성 섬유시트 제4전극이 각각 이격되어 있는 길이

[0079] $Y2_L$: 수지가 제1도전성 섬유시트 제4전극에서 제1도전성 섬유시트 제6전극 방향으로 이동할 때의 위치

[0080] $V2_L$: 제1도전성 섬유시트 제4전극에서 제1도전성 섬유시트 제6전극 방향으로 유동하는 수지의 속도

[0081] 상기 밀봉 공간으로 공급된 수지가 상기 시트 적층재(110)의 높이 방향(제1도전성 섬유시트(111)에서 제2도전성 섬유시트(112) 방향)으로 유동하는 이동속도도 수지가 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a) 또는 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)에 도달할 때의 속도를 도출하는 것과 유사하게 도출 가능하다. 즉, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a)을 연결한 상태에서, 저항 변화율이 설정 변화율 보다 크게 증가하는 두 시점에 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a)이 설치된 부분을 각각 함침한 것으로 추정한다. 이때 수지가 상기 시트 적층재(110)의 상부에서 하부 방향으로 공급되므로 상기 두 시점 중에서 먼저 도래하는 제1시점에 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)이 설치된 부분이 함침되고, 후에 도래하는 제2시점에 상기 제2도전성 섬유시트 제2전극(122a)이 설치된 부분이 함침되는 것으로 상기 저항 측정모듈(120)은 판단한다.

[0082] 그리고 본 실시예에서는 상기 제1영역에서 보다 상기 제2영역에서 더 많은 수지의 유동선단 모양을 도출한다. 즉, 본 실시예에서는 상기 제1영역에서 N을 6으로 설정할 경우, 제2영역에서 M은 20으로 설정한다. 이는 수지가 상기 시트 적층재(110)에 충진될수록 함침 속도가 느려지므로 수지의 유동선단 모양의 변화가 제2영역에서 더 작기 때문에 유동선단을 표시하는 그래프 선을 더 세분화하여 나타내기 위함이다.

[0083] 그리고 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)이 상기 제1도전성 섬유시트(111)의

전측 단부로부터 이격된 거리와 상기 제1시점까지의 시간을 이용해서 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)까지 이동하는 속도인 길이 방향의 제1이동속도를 추정한다. 또한 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 제2시점과 제1시점의 시간 차이와, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 상기 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a)의 이격 거리를 이용해서 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a) 간의 높이 방향의 수지의 이동속도를 추정한다.

[0084] 그리고 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)과 상기 제2도전성 섬유시트 제2전극(122b)을 연결하여 수지가 상기 밀봉 공간으로 공급되어 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)까지 도착할 때까지의 이동속도인 길이 방향의 제2이동속도 및 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제2전극(121b)으로부터 상기 제2도전성 섬유시트 제2전극(122b)까지 유동하는 동안의 이동속도인 높이 방향의 제2이동속도도 위에서와 유사한 방법으로 도출이 가능하다. 그리고 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 길이 방향의 제1이동속도와 제2이동속도를 비교하여 수지가 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 전단부의 폭 방향 중 어느 쪽을 통해서 제1도전성 섬유시트(111)의 후단부 방향으로 더 빠르게 유동하는지를 추정할 수 있다. 또한 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 전단부에서의 수지의 높이 방향의 제1이동속도와 제2이동속도를 비교하여 수지가 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 전단부의 폭 방향 중 어느 쪽을 통해서 상기 제1도전성 섬유시트(111)로부터 제2도전성 섬유시트 방향으로 빠르게 유동하는지를 추정할 수 있다.

[0085] 그리고 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)과 상기 제2도전성 섬유시트 제3전극(122c)을 연결하여, 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)으로부터 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)에 도달하는데 걸리는 시간과 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)으로부터 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)의 이격 거리를 이용하여 수지의 길이 방향의 제3이동속도를 추정할 수 있다. 또한 수지가 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)에 도착한 때로부터 상기 제2도전성 섬유시트 제3전극(122c)에 도착할 때까지의 시간 및 상기 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c)과 제2도전성 섬유시트 제3전극(122c)의 이격 거리를 이용해서 수지의 높이 방향의 제3이동속도를 추정할 수 있다.

[0086] 그리고 상기 저항 측정모듈(120)은 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 제2도전성 섬유시트 제1전극(122a)간의 높이 방향의 수지의 제1이동속도와, 상기 제1도전성 섬유시트 제1전극(121a)과 제1도전성 섬유시트 제3전극(121c) 간의 길이 방향의 수지의 제3이동속도를 비교하여 수지가 상기 제1도전성 섬유시트(111)의 전측에서 후측 방향으로 유동하는 것과 제2도전성 섬유시트(112) 방향으로 유동하는 것 중 어느 방향으로 더 빠르게 유동하는지를 추정할 수 있다. 즉, 각 전극의 저항 변화율을 이용하여 상기 제1영역 및 제2영역에서의 수지의 길이 방향 이동 속도 및 높이 방향 이동 속도를 각각 도출 가능하다.

[0087] 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

[0088] 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

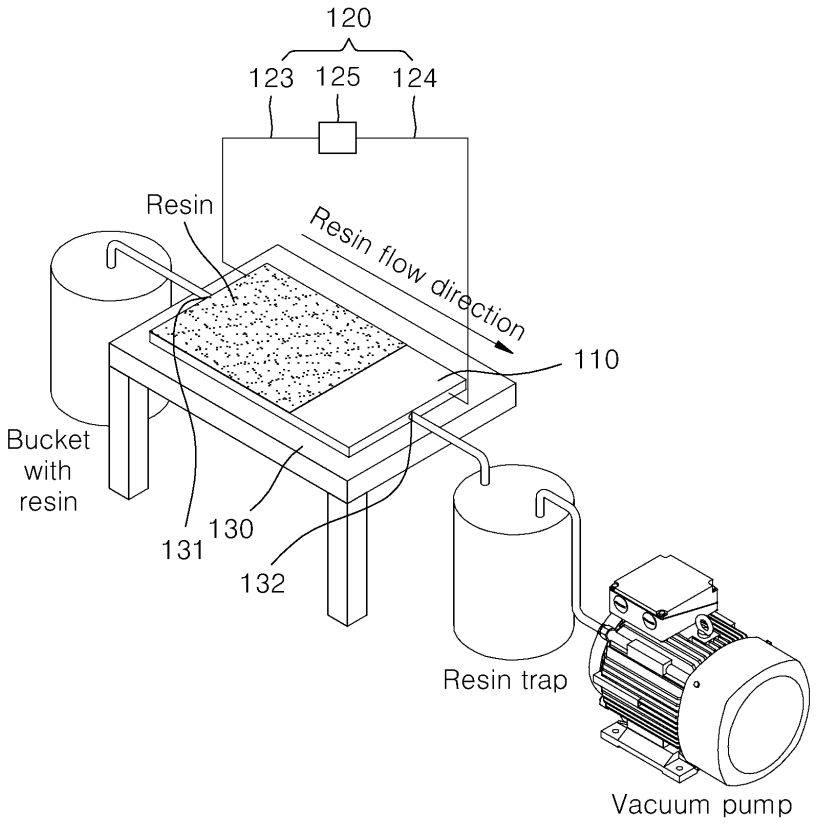
130: 밀봉부재

131: 수지 유입구

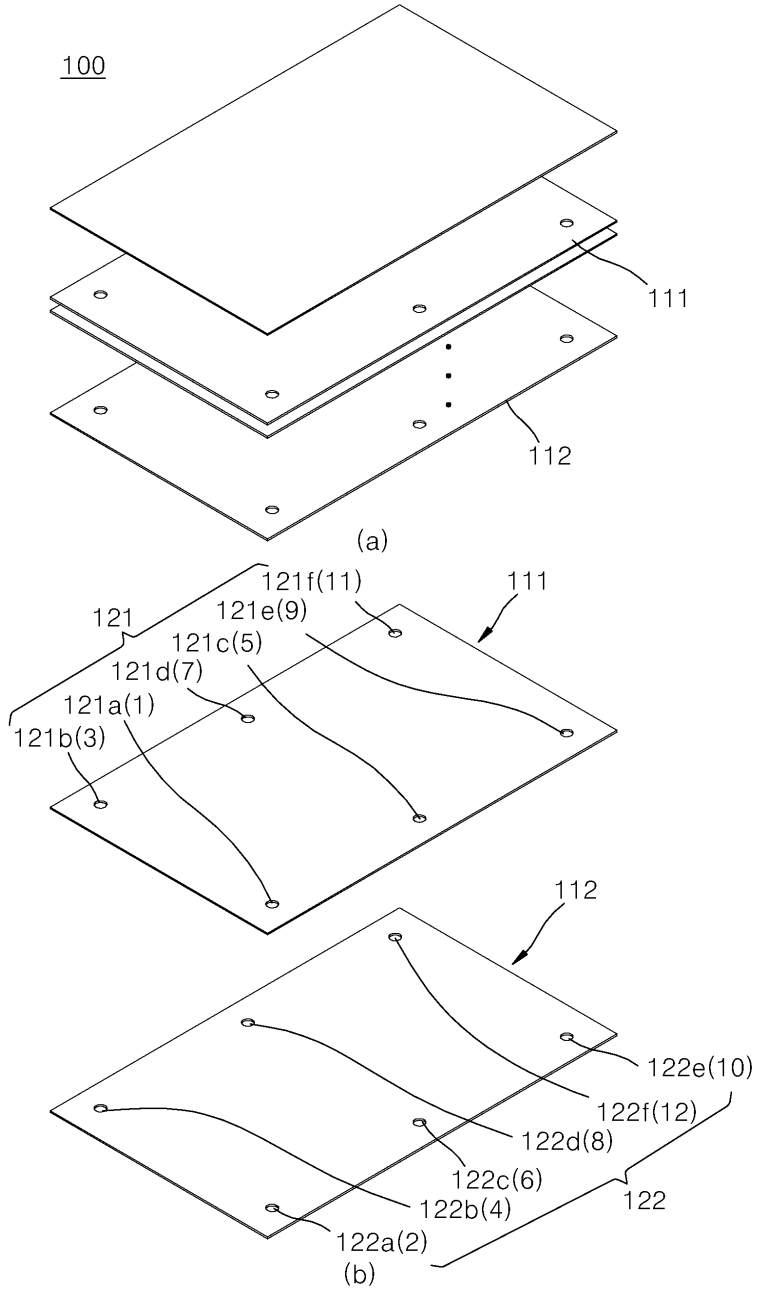
132: 수지 유출구

도면

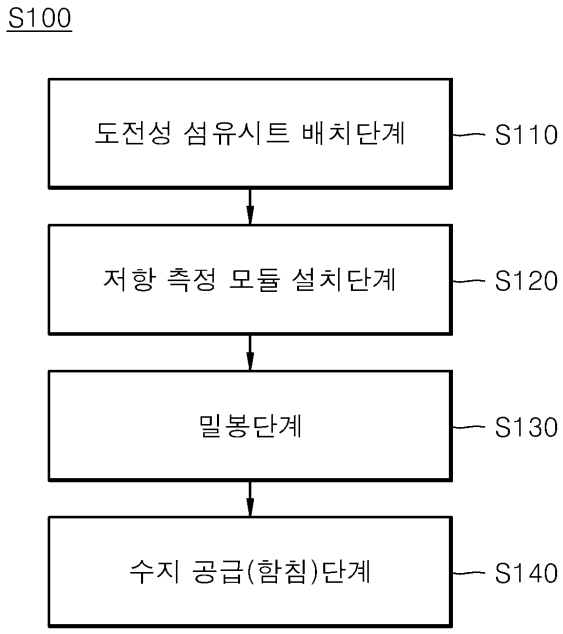
도면1



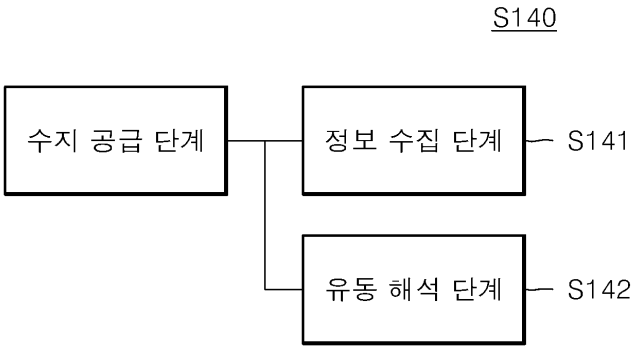
도면2


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)

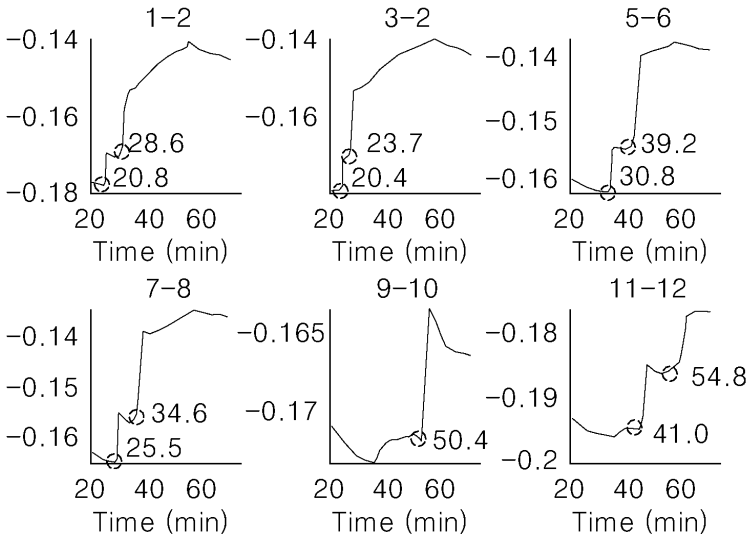
도면3


S100
도전성 섬유시트 배치단계
S110
저항 측정 모듈 설치단계
S120
밀봉단계
S130
수지 공급(함침)단계
S140

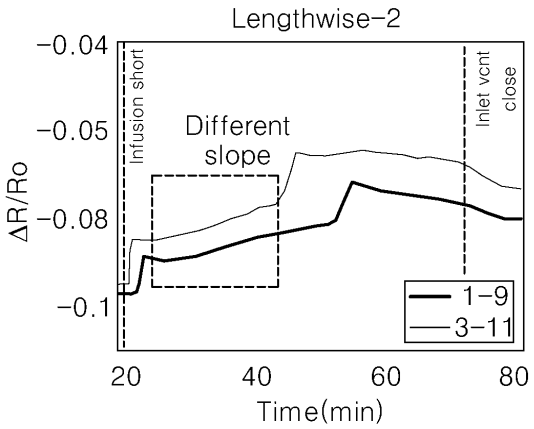
도면4


S140
수지 공급 단계
정보 수집 단계
S141
유동 해석 단계
S142

도면5

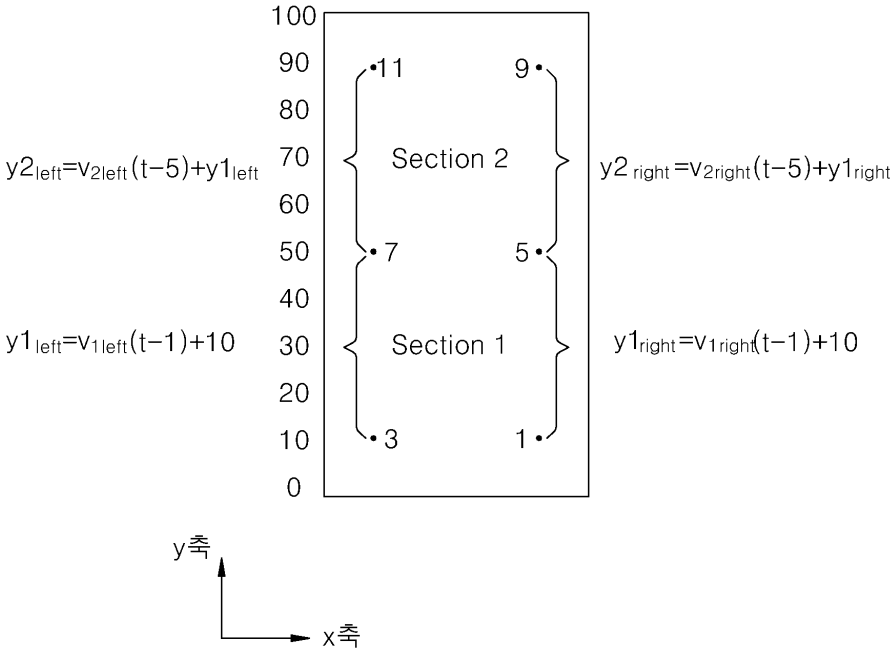

1-2
-0.14
-0.16
-0.18
28.6
20.8
20 40 60
Time (min)
3-2
-0.14
-0.16
23.7
20.4
20 40 60
Time (min)
5-6
-0.14
-0.15
-0.16
39.2
30.8
20 40 60
Time (min)
7-8
-0.14
-0.15
-0.16
34.6
25.5
20 40 60
Time (min)
9-10
-0.165
-0.17
50.4
20 40 60
Time (min)
11-12
-0.18
-0.19
-0.2
54.8
41.0
20 40 60
Time (min)

(a)

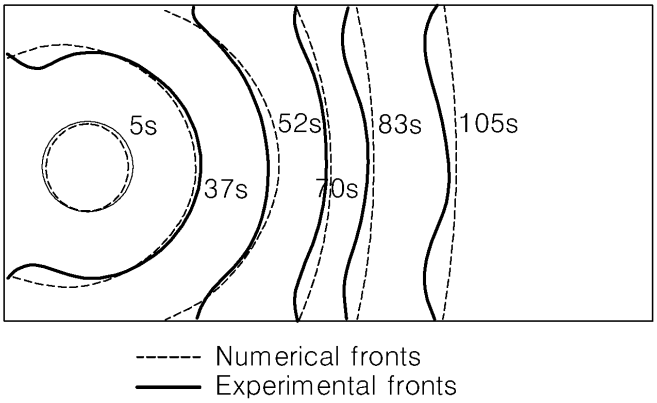

Lengthwise-2
-0.04
-0.05
-0.08
-0.1
ΔR/Ro
Infusion short
Different slope
Inlet vcnt close
1-9
3-11
20 40 60 80
Time(min)

(b)

도면6


100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
11
9
7
5
3
1
Section 2
Section 1
y2left=v2left(t−5)+y1left
y2 right =v2right(t−5)+y1right
y1left=v1left(t−1)+10
y1right=v1right(t−1)+10
y축
x축

도면7


5s
37s
52s
70s
83s
105s
------ Numerical fronts
Experimental fronts

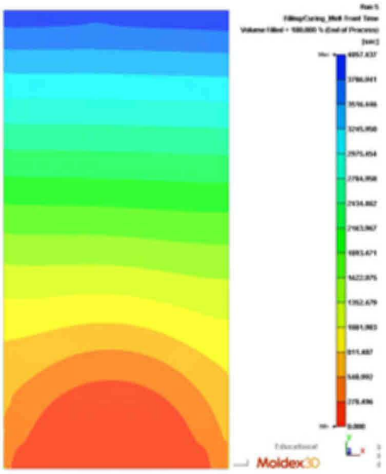
도면8



실제 실험결과와 예측된 유동선단 모양 (case 1)



실제 실험결과와 예측된 유동선단 모양 (case 2)



CFD 해석 결과

도면9

