(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0094855
(43) 공개일자 2020년08월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/22 (2006.01) *B01F 15/00* (2006.01)
G06N 3/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/221 (2013.01)
B01F 15/00259 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0009985
(22) 출원일자 2019년01월25일
심사청구일자 2019년01월25일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)
(72) 발명자
안채헌
충청남도 아산시 송악면 평촌길 149-6
(74) 대리인
장수현

전체 청구항 수 : 총 21 항

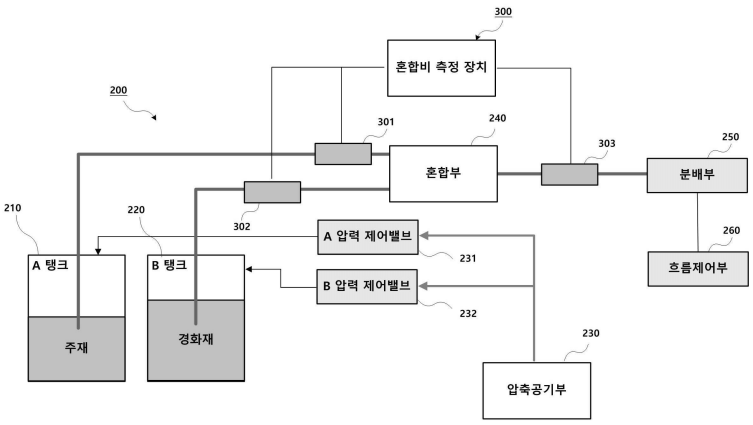
(54) 발명의 명칭 **인공신경망을 이용한 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치, 방법 및 컴퓨터 프로그램**

(57) 요 약

본 발명은 인공신경망을 이용한 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치, 방법 및 컴퓨터 프로그램에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 주재와 경화재의 혼합에 의한 2액형 접착제를 제조하는 과정에서 실시간으로 혼합비의 이상을 검출함으로써 즉시 공정에 적용할 수 있도록 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치 및 방법에 관한 것이다.

본 발명에 의하면, 2액형 접착제의 제조 과정에서, 2액형 접착제의 제조 과정에서, 2개의 재료 혼합시 인공신경망을 이용하여 실시간으로 혼합 비율의 자동 측정이 이루어지도록 함으로써, 불량 발생시 즉시 조치하여 공정에 적용할 수 있도록 하고, 이에 의해 혼합비 오류에 의한 접착제 불량률을 현저히 줄이면서 효율적인 생산이 가능하도록 하는, 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치 및 방법을 제공한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G06N 3/08 (2013.01)
B01F 2215/006 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

2액형 접착제의 혼합비를 측정하는 방법으로서,

(a) 주재와 경화재가 혼합되어 제조된 2액형 접착제가 흐르는 임피던스 프로브로부터, 상기 2액형 접착제에 대하여 발생되는 전기 신호를 감지하는 단계;

(b) 상기 전기 신호로부터 임피던스를 측정하는 단계;

(c) 상기 임피던스 데이터를, 혼합비 측정을 위한 인공신경망 모델(이하, '혼합비 측정 인공신경망 모델'이라 한다)에 입력 데이터로서 입력하는 단계; 및,

(d) 상기 혼합비 측정 인공신경망 모델에서 해당 2액형 접착제에서의 주재와 경화재의 혼합비를 산출하는 단계

를 포함하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 단계(c) 이전에,

(a0) 상기 2액형 접착제의 온도를 측정하는 단계

를 더 포함하고,

상기 단계(c)에서 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는,

상기 측정된 온도를 더 포함하는 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 단계(b)에서 임피던스 측정은,

기 설정된 특정 주파수 구간의 n 개의 주파수에 대하여, 각각의 주파수에 있어서의 임피던스를 측정하고,

상기 단계(c)에서 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는,

상기 n 개의 주파수에 있어서 측정된 n 개의 임피던스 데이터가 포함되는 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 단계(d)에서 산출되는 혼합비는,

1개의 혼합비 값으로 산출되는 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 단계(d)에서 산출되는 혼합비는,

다수의 혼합비 값 및, 각 혼합비에 대한 확률값으로 산출되는 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 혼합비 측정 인공신경망 모델은,

상기 혼합비 측정 인공신경망 모델의 인공신경망과 동일하게 배열된 레이어에 의해 학습되어 형성된 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 방법.

청구항 7

2액형 접착제의 혼합비를 측정하는 장치로서,

특정 주재와 경화재의 혼합물(이하 '2액형 접착제'라 한다)이 통과하는 임피던스 프로브(probe);

상기 임피던스 프로브에서 감지된 전기신호로부터 임피던스를 측정하는 임피던스 측정부; 및,

상기 측정된 임피던스를 입력 데이터로 하는 인공신경망 모델(이하, '혼합비 측정 인공신경망 모델'이라 한다)의 출력으로서, 상기 2액형 접착제에 대한 주재와 경화재의 혼합비를 산출하는 판정부

를 포함하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 2액형 접착제의 온도를 측정하는 온도 측정부

를 더 포함하고,

상기 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는,

상기 온도 측정부에서 측정된 온도를 더 포함하는 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치.

청구항 9

청구항 7에 있어서,

상기 임피던스 측정부는,

다양한 주파수를 발생할 수 있는 주파수 발생기(frequency generator)

를 포함하고,

상기 임피던스 측정부는,

상기 주파수 발생기에 의해 발생된, 기 설정된 특정 주파수 구간의 n 개의 주파수에 대하여, 각각의 주파수에 있어서의 임피던스를 측정하며,

상기 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는,

상기 n 개의 주파수에 있어서 측정된 n 개의 임피던스 데이터가 포함되는 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치.

청구항 10

2액형 접착제의 혼합비를 측정하기 위한 컴퓨터 프로그램으로서,

비일시적 저장 매체에 저장되며, 프로세서에 의하여,

(a) 주재와 경화재가 혼합되어 제조된 2액형 접착제가 흐르는 임피던스 프로브로부터, 상기 2액형 접착제에 대하여 발생되는 전기 신호를 감지하는 단계;

(b) 상기 전기 신호로부터 임피던스를 측정하는 단계;

(c) 상기 임피던스 데이터를, 혼합비 측정을 위한 인공신경망 모델(이하, '혼합비 측정 인공신경망 모델'이라 한다)에 입력 데이터로서 입력하는 단계; 및,

(d) 상기 혼합비 측정 인공신경망 모델에서 해당 2액형 접착제에서의 주재와 경화재의 혼합비를 산출하는 단계

가 실행되도록 하는 명령을 포함하는 2액형 접착제의 혼합비를 측정하기 위한 컴퓨터 프로그램.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 단계(c) 이전에,

(a0) 상기 2액형 접착제의 온도를 측정하는 단계

를 더 포함하고,

상기 단계(c)에서 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는,

상기 측정된 온도를 더 포함하는 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비를 측정하기 위한 컴퓨터 프로그램.

청구항 12

청구항 10에 있어서,

상기 단계(b)에서 임피던스 측정은,

기 설정된 특정 주파수 구간의 n 개의 주파수에 대하여, 각각의 주파수에 있어서의 임피던스를 측정하고,

상기 단계(c)에서 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는,

상기 n 개의 주파수에 있어서 측정된 n 개의 임피던스 데이터가 포함되는 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비를 측정하기 위한 컴퓨터 프로그램.

청구항 13

청구항 10에 있어서,

상기 단계(d)에서 산출되는 혼합비는,

1개의 혼합비 값으로 산출되는 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비를 측정하기 위한 컴퓨터 프로그램.

청구항 14

청구항 10에 있어서,

상기 단계(d)에서 산출되는 혼합비는,

다수의 혼합비 값 및, 각 혼합비에 대한 확률값으로 산출되는 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비를 측정하기 위한 컴퓨터 프로그램.

청구항 15

청구항 10에 있어서,

상기 혼합비 측정 인공신경망 모델은,

상기 혼합비 측정 인공신경망 모델의 인공신경망과 동일하게 배열된 레이어에 의해 학습되어 형성된 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비를 측정하기 위한 컴퓨터 프로그램.

청구항 16

2액형 접착제의 혼합비를 측정하는 장치로서,

적어도 하나의 프로세서; 및,

컴퓨터로 실행가능한 명령을 저장하는 적어도 하나의 메모리를 포함하되,

상기 적어도 하나의 메모리에 저장된 상기 컴퓨터로 실행가능한 명령은, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의하여,

(a) 주재와 경화재가 혼합되어 제조된 2액형 접착제가 흐르는 임피던스 프로브로부터, 상기 2액형 접착제에 대하여 발생되는 전기 신호를 감지하는 단계;

(b) 상기 전기 신호로부터 임피던스를 측정하는 단계;

(c) 상기 임피던스 데이터를, 혼합비 측정을 위한 인공신경망 모델(이하, '혼합비 측정 인공신경망 모델'이라 한다)에 입력 데이터로서 입력하는 단계; 및,

(d) 상기 혼합비 측정 인공신경망 모델에서 해당 2액형 접착제에서의 주재와 경화재의 혼합비를 산출하는 단계

가 실행되도록 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치.

청구항 17

청구항 16에 있어서,

상기 단계(c) 이전에,

(a0) 상기 2액형 접착제의 온도를 측정하는 단계

를 더 포함하고,

상기 단계(c)에서 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는,

상기 측정된 온도를 더 포함하는 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치.

청구항 18

청구항 16에 있어서,

상기 단계(b)에서 임피던스 측정은,

기 설정된 특정 주파수 구간의 n 개의 주파수에 대하여, 각각의 주파수에 있어서의 임피던스를 측정하고,

상기 단계(c)에서 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는,

상기 n 개의 주파수에 있어서 측정된 n 개의 임피던스 데이터가 포함되는 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치.

청구항 19

청구항 16에 있어서,

상기 단계(d)에서 산출되는 혼합비는,

1개의 혼합비 값으로 산출되는 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치.

청구항 20

청구항 16에 있어서,

상기 단계(d)에서 산출되는 혼합비는,

다수의 혼합비 값 및, 각 혼합비에 대한 확률값으로 산출되는 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치.

청구항 21

청구항 16에 있어서,

상기 혼합비 측정 인공신경망 모델은,

상기 혼합비 측정 인공신경망 모델의 인공신경망과 동일하게 배열된 레이어에 의해 학습되어 형성된 것

을 특징으로 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 인공신경망을 이용한 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치, 방법 및 컴퓨터 프로그램에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 주재와 경화재의 혼합에 의한 2액형 접착제를 제조하는 과정에서 실시간으로 혼합비의 이상을 검출함으로써 즉시 공정에 적용할 수 있도록 하는 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 접착제에는 1개의 재료로 구성된 1액형과 주재와 경화재의 2개의 재료로 구성된 2액형이 있다. 도 1은 종래 2액형 접착제 제조 시스템(100)을 도시한 도면이다.

[0003] 'A' 탱크(110)에는 2액형 접착제의 혼합 재료 중 주재가 저장되고, 'B' 탱크(120)에는 경화재가 저장된다. 압축공기부(130)에는 압축공기가 저장되어 있고, 이 압축공기가 A 탱크(110) 및 B 탱크(120)에 전달되어, 전달된 압축공기의 압력에 의해 A 탱크(110)의 주재 및 B 탱크(120)의 경화재가 혼합부(mixer, 140)로 이동하여 혼합부(140)에서 주재 및 경화재가 혼합된 후, 분배부(dispenser, 150)에 의해 최종 2액형 접착제가 토출된다. A 압력제어밸브(131)는 압축공기가 A 탱크(110)로 전달되는 양을 조절하고, B 압력 제어밸브(132)는 압축공기가 B 탱크(120)로 전달되는 양을 조절한다. 또한 흐름제어부(160)는 분배부(150)에서 2액형 접착제의 토출되는 양을 제어한다.

[0004] 이와 같이 2액형 접착제는 주재와 경화재의 혼합으로 제조되며, 그 혼합비율에 따라 경화 시간과 접착 강도를 필요에 맞도록 적절하게 조절이 가능한 장점이 있다. 그러나 이와 같은 2액형 접착제의 경우, 혼합 비율의 정밀한 조절이 어려운 문제가 있다. 혼합 비율이 정확하지 않은 상태로 대량 생산될 경우 접합강도, 경화시간, 내열, 내구, 신뢰성 등 접착제에 대하여 다양한 부정적 영향을 미치게 된다.

[0005] 이와 같이 혼합 비율 오류가 있을 경우 공정에서 생산된 제품 전체를 불량으로 만들게 되며, 이 경우 불량 확인에 아주 짧게는 수 분, 길게는 수 일까지도 걸리게 됨으로써, 제품 불량에 의한 막대한 손해가 발생하게 되는 문제점이 있었다.

[0006] 현재 이러한 2액형 접착제 제조시 불량 제품이 발생한 후에 조정 작업을 거치게 되어 있어 제품 수율 및 신뢰성에 치명적인 영향을 받게 될 뿐 아니라, 엔지니어의 경험과 수동 검사에 의존하는 방식을 채용하고 있어, 생산라인에서 혼합 비율 불량 발생시 신속히 대처하기 어려운 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) KR 10-1520859 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로서, 2액형 접착제의 제조 과정에서, 2개의 재료 혼합시, 인공신경망을 이용하여 실시간으로 혼합 비율의 자동 측정이 이루어지도록 함으로써, 불량 발생시 즉시 조치하여 공정에 적용할 수 있도록 하고, 이에 의해 혼합비 오류에 의한 접착제 불량률을 현저히 줄이면서 효율적인 생산이 가능하도록 하는, 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 이와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 2액형 접착제의 혼합비를 측정하는 방법은, 2액형 접착제의 혼합비를 측정하는 방법은, (a) 주재와 경화재가 혼합되어 제조된 2액형 접착제가 흐르는 임피던스 프로브로부터, 상기 2액형 접착제에 대하여 발생되는 전기 신호를 감지하는 단계; (b) 상기 전기 신호로부터 임피던스를 측정하는 단계; (c) 상기 임피던스 데이터를, 혼합비 측정을 위한 인공신경망 모델(이하, '혼합비 측정 인공신경망 모델'이라 한다)에 입력 데이터로서 입력하는 단계; 및, (d) 상기 혼합비 측정 인공신경망 모델에서 해당 2액형 접착제에서의 주재와 경화재의 혼합비를 산출하는 단계를 포함한다.

[0010] 상기 단계(c) 이전에, (a0) 상기 2액형 접착제의 온도를 측정하는 단계를 더 포함하고, 상기 단계(c)에서 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는, 상기 측정된 온도를 더 포함할 수 있다.

[0011] 상기 단계(b)에서 임피던스 측정은, 기 설정된 특정 주파수 구간의 n 개의 주파수에 대하여, 각각의 주파수에 있어서의 임피던스를 측정하고, 상기 단계(c)에서 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는, 상기 n 개의 주파수에 있어서 측정된 n 개의 임피던스 데이터가 포함될 수 있다.

[0012] 상기 단계(d)에서 산출되는 혼합비는, 1개의 혼합비 값으로 산출될 수 있다.

[0013] 상기 단계(d)에서 산출되는 혼합비는, 다수의 혼합비 값 및, 각 혼합비에 대한 확률값으로 산출될 수 있다.

[0014] 상기 혼합비 측정 인공신경망 모델은, 상기 혼합비 측정 인공신경망 모델의 인공신경망과 동일하게 배열된 레이어에 의해 학습되어 형성될 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 2액형 접착제의 혼합비를 측정하는 장치는, 특정 주재와 경화재의 혼합물(이하 '2액형 접착제'라 한다)이 통과하는 임피던스 프로브(probe); 상기 임피던스 프로브에서 감지된 전기신호로부터 임피던스를 측정하는 임피던스 측정부; 및, 상기 측정된 임피던스를 입력 데이터로 하는 인공신경망 모델(이하, '혼합비 측정 인공신경망 모델'이라 한다)의 출력으로서, 상기 2액형 접착제에 대한 주재와 경화재의 혼합비를 산출하는 판정부를 포함한다.

[0016] 상기 2액형 접착제의 온도를 측정하는 온도 측정부를 더 포함하고, 상기 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는, 상기 온도 측정부에서 측정된 온도를 더 포함할 수 있다.

[0017] 상기 임피던스 측정부는, 다양한 주파수를 발생할 수 있는 주파수 발생기(frequency generator)를 포함하고, 상기 임피던스 측정부는, 상기 주파수 발생기에 의해 발생된, 기 설정된 특정 주파수 구간의 n 개의 주파수에 대하여, 각각의 주파수에 있어서의 임피던스를 측정하며, 상기 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는, 상기 n 개의 주파수에 있어서 측정된 n 개의 임피던스 데이터가 포함될 수 있다.

[0018] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 2액형 접착제의 혼합비를 측정하기 위한 컴퓨터 프로그램은, 비일시적 저장매체에 저장되며, 프로세서에 의하여, (a) 주재와 경화재가 혼합되어 제조된 2액형 접착제가 흐르는 임피던스 프로브로부터, 상기 2액형 접착제에 대하여 발생되는 전기 신호를 감지하는 단계; (b) 상기 전기 신호로부터 임피던스를 측정하는 단계; (c) 상기 임피던스 데이터를, 혼합비 측정을 위한 인공신경망 모델(이하, '혼합비 측정 인공신경망 모델'이라 한다)에 입력 데이터로서 입력하는 단계; 및, (d) 상기 혼합비 측정 인공신경망 모델에서 해당 2액형 접착제에서의 주재와 경화재의 혼합비를 산출하는 단계가 실행되도록 하는 명령을 포함한다.

[0019] 상기 단계(c) 이전에, (a0) 상기 2액형 접착제의 온도를 측정하는 단계를 더 포함하고, 상기 단계(c)에서 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는, 상기 측정된 온도를 더 포함할 수 있다.

[0020] 상기 단계(b)에서 임피던스 측정은, 기 설정된 특정 주파수 구간의 n 개의 주파수에 대하여, 각각의 주파수에 있어서의 임피던스를 측정하고, 상기 단계(c)에서 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는, 상기 n 개

의 주파수에 있어서 측정된 n 개의 임피던스 데이터가 포함될 수 있다.

[0021] 상기 단계(d)에서 산출되는 혼합비는, 1개의 혼합비 값으로 산출될 수 있다.

[0022] 상기 단계(d)에서 산출되는 혼합비는, 다수의 혼합비 값 및, 각 혼합비에 대한 확률값으로 산출될 수 있다.

[0023] 상기 혼합비 측정 인공신경망 모델은, 상기 혼합비 측정 인공신경망 모델의 인공신경망과 동일하게 배열된 레이어에 의해 학습되어 형성될 수 있다.

[0024] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 2액형 접착제의 혼합비를 측정하는 장치는, 적어도 하나의 프로세서; 및, 컴퓨터로 실행가능한 명령을 저장하는 적어도 하나의 메모리를 포함하되, 상기 적어도 하나의 메모리에 저장된 상기 컴퓨터로 실행가능한 명령은, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의하여, (a) 주재와 경화재가 혼합되어 제조된 2액형 접착제가 흐르는 임피던스 프로브로부터, 상기 2액형 접착제에 대하여 발생되는 전기 신호를 감지하는 단계; (b) 상기 전기 신호로부터 임피던스를 측정하는 단계; (c) 상기 임피던스 데이터를, 혼합비 측정을 위한 인공신경망 모델(이하, '혼합비 측정 인공신경망 모델'이라 한다)에 입력 데이터로서 입력하는 단계; 및, (d) 상기 혼합비 측정 인공신경망 모델에서 해당 2액형 접착제에서의 주재와 경화재의 혼합비를 산출하는 단계가 실행되도록 한다.

[0025] 상기 단계(c) 이전에, (a0) 상기 2액형 접착제의 온도를 측정하는 단계를 더 포함하고, 상기 단계(c)에서 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는, 상기 측정된 온도를 더 포함할 수 있다.

[0026] 상기 단계(b)에서 임피던스 측정은, 기 설정된 특정 주파수 구간의 n 개의 주파수에 대하여, 각각의 주파수에 있어서의 임피던스를 측정하고, 상기 단계(c)에서 혼합비 측정 인공신경망 모델의 입력 데이터에는, 상기 n 개의 주파수에 있어서 측정된 n 개의 임피던스 데이터가 포함될 수 있다.

[0027] 상기 단계(d)에서 산출되는 혼합비는, 1개의 혼합비 값으로 산출될 수 있다.

[0028] 상기 단계(d)에서 산출되는 혼합비는,다수의 혼합비 값 및, 각 혼합비에 대한 확률값으로 산출될 수 있다.

[0029] 상기 혼합비 측정 인공신경망 모델은, 상기 혼합비 측정 인공신경망 모델의 인공신경망과 동일하게 배열된 레이어에 의해 학습되어 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0030] 본 발명에 의하면, 2액형 접착제의 제조 과정에서, 2액형 접착제의 제조 과정에서, 2개의 재료 혼합시 인공신경망을 이용하여 실시간으로 혼합 비율의 자동 측정이 이루어지도록 함으로써, 불량 발생시 즉시 조치하여 공정에 적용할 수 있도록 하고, 이에 의해 혼합비 오류에 의한 접착제 불량률을 현저히 줄이면서 효율적인 생산이 가능하도록 하는, 2액형 접착제의 혼합비 측정 장치 및 방법을 제공하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 종래 2액형 접착제 제조 시스템을 도시한 도면.

도 2는 본 발명에 따른 혼합비 측정 장치와 연결된 2액형 접착제 제조 시스템을 도시한 도면.

도 3은 본 발명에 따른 2액형 접착제 혼합비 측정을 위한 전체 시스템 구성을 나타내는 도면.

도 4는 본 발명에 따른 2액형 접착제 제조 시스템에서 접착제 물질 파악을 위하여 적용한 임피던스 측정 기법의 원리를 설명하기 위한 도면.

도 5는 접착제에 따른 유전율 변화 및 유전율의 주파수 응답 곡선을 도시한 도면.

도 6은 온도 변화에 따르는 유전율 변화를 도시한 그래프.

도 7은 본 발명에 따른 2액형 접착제 혼합비 측정 장치의 임피던스 측정부가 포함하는 임피던스 측정회로의 일 실시예를 도시한 도면.

도 8은 주재(resin)와 경화재(hardener)의 비율을 달리한 4가지 경우에 대하여, 일정 온도에서 주파수와 임피던스의 관계를 별도의 그래프로써 나타내는 그래프.

도 9는 주재와 경화재의 비율을 달리하여 측정한, 일정 온도에서 주파수와 임피던스의 관계를 하나의 그래프에 나타낸 그래프.

도 10은 주재와 경화재가 특정 비율로 혼합된 경우에, 다양한 온도에서의 주파수와 임피던스의 관계를 나타내는 그래프.

도 11은 주재와 경화재의 혼합비 산출을 위한 인공신경망 모델링을 위한 전처리 과정으로서, 특정 온도에서 다양한 혼합비에 대한 주파수와 임피던스의 관계를 나타내는 그래프.

도 12는 주재와 경화재의 혼합비 산출을 위한 인공신경망 모델링을 위한 전처리 과정으로서, 특정 혼합비에서 다양한 온도에 대한 주파수와 임피던스의 관계를 나타내는 그래프.

도 13은 온도, 주파수 및 임피던스의 관계를, 주재와 경화재의 혼합비를 달리해가면서 측정하여 3차원 그래프로써 나타내는 그래프.

도 14는 주재와 경화재의 혼합비 산출을 위한 인공신경망 모델에 의해 혼합비를 측정한 결과를 나타내는 표.

도 15는 주재와 경화재의 혼합비 산출을 위한 인공신경망 모델의 일 실시예로서, CNN(convolutional neural network)을 이용한 경우의 인공신경망 모델을 블럭도로써 나타낸 도면.

도 16은 본 발명에 따른 2액형 접착제의 혼합비 측정 방법을 수행하는 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0034] 도 2는 본 발명에 따른 혼합비 측정 장치(300)와 연결된 2액형 접착제 제조 시스템(200)을 도시한 도면이고, 도 3은 본 발명에 따른 2액형 접착제 혼합비 측정을 위한 전체 시스템 구성을 나타내는 도면이다.

[0035] 종래 2액형 접착제 제조 시스템(100)과 유사하게, 본 발명에 따른 혼합비 측정 장치를 포함하는 2액형 접착제 제조 시스템(200)에서도, 'A' 탱크(210)에는 2액형 접착제의 혼합 재료 중 주재가 저장되고, 'B' 탱크(220)에는 경화재가 저장된다. 압축공기부(230)에는 압축공기가 저장되어 있고, 이 압축공기가 A 탱크(210) 및 B 탱크(220)에 전달되어, 전달된 압축공기의 압력에 의해 A 탱크(210)의 주재 및 B 탱크(220)의 경화재가 혼합부(mixer, 240)로 이송되어 혼합부(240)에서 주재 및 경화재가 혼합된 후, 분배부(dispenser, 250)에 의해 최종 2액형 접착제가 토출된다. A 압력 제어밸브(231)는 압축공기가 A 탱크(210)로 전달되는 양을 조절하고, B 압력 제어밸브(232)는 압축공기가 B 탱크(220)로 전달되는 양을 조절한다. 또한 흐름제어부(260)는 분배부(250)에서 2액형 접착제의 토출되는 양을 제어한다.

[0036] 이와 같은 2액형 접착제 제조 시스템(200)과 연결된 본 발명에 따른 혼합비 측정 장치(300)는 다음과 같다.

[0037] 혼합전 재료에 대한 제1 임피던스 프로브(probe)(301)와 제2 임피던스 프로브(302)는 A 탱크(210)와 혼합부(240), 그리고 B 탱크(220)와 혼합부(240) 사이에 설치된다. 제1 임피던스 프로브(301)는 A 탱크(210)로부터 나온 주재로부터 임피던스를 감지하기 위한 임피던스 프로브이며, 여기에 주재의 온도를 감지하기 위한 온도 센서를 더 포함할 수 있다. 또한 제2 임피던스 프로브(302)는 B 탱크(220)로부터 나온 경화재로부터 임피던스를 감지하기 위한 임피던스 프로브이며, 역시 경화재의 온도를 감지하기 위한 온도 센서를 더 포함할 수 있다.

[0038] 혼합부(240)와 분배부(250) 사이에는 제3 임피던스 프로브(303)가 설치되는데, 제3 임피던스 프로브(303)는, 주재와 경화재가 혼합부(240)에서 혼합되어 생성된 2액형 접착제의 임피던스를 감지하는 임피던스 프로브이고, 또한 이 2액형 접착제의 온도를 감지하기 위한 온도 센서를 더 포함할 수 있다.

[0039] 제1, 제2 및 제3 임피던스 프로브(301,302,303)는 동일한 구조를 가지고 있으며, 이하에서 제1, 제2 및 제3 임피던스 프로브를 총칭할 경우는 '임피던스 프로브'로 칭하기로 한다.

[0040] 도 3을 참조하면, 혼합비 측정 장치(300)에서는 각 임피던스 프로브(301,302,303)에서 감지된 데이터로부터 임피던스, 온도 등을 측정하고, 이로부터 주재와 경화재가 혼합된 2액형 접착제의 혼합비를 산출한다. 혼합비 측

정 장치(300)에는 각 임피던스 프로브(301,302,303)에서 감지된 데이터로부터 임피던스를 측정하는 임피던스 측정부(320)를 포함하며, 또한 각 임피던스 프로브(301,302,303)에 온도 센서를 구비할 경우, 온도 센서에서 감지된 데이터로부터 온도를 측정하는 온도 측정부(330)를 구비할 수 있다. 임피던스 측정부에서는, 도 8 내지 도 16을 참조하여 후술하는 바와 같이 혼합비 측정을 위해서는 특정 주파수 구간에서 선택한 다수의 주파수에 대하여 임피던스를 측정하게 되는데, 이를 위해 임피던스 측정부에서는 주파수를 변경하여 다양한 주파수를 발생시킬 수 있는 주파수 생성기(frequency generator)를 포함한다.

[0041] 또한 혼합비 측정 장치(300)에는, 측정된 임피던스와 온도를 이용하여 주재, 경화재의 종류 및, 주재와 경화재의 혼합에 의해 산출된 2액형 접착제의 혼합비를 파악하는 판정부(340)를 포함하고, 판정부(340)에서 재료의 종류 및 혼합비를 판단하기 위해 사용되는 데이터를 저장하는 데이터베이스(350)를 구비한다. 도 8 내지 도 16을 참조하여 후술하는 바와 같이 본 발명의 혼합비 측정 장치(300)의 판정부(340)는, 2액형 접착제의 온도 및, 2액형 접착제를 흘릴 경우 이에 대하여 전기적 신호로 전환하는 경우에 각 주파수에 대하여 측정되는 임피던스를 입력으로 하는 인공신경망 모델을 사용하며, 이와 같은 인공신경망 모델에서 해당 2액형 접착제에서의 주재와 경화재의 혼합비를 산출하게 된다. 이와 같은 인공신경망 모델에서 사용하는 입력 데이터 선택 및 출력 혼합비에 대하여는 도 8 내지 도 16을 참조하여 상세히 후술하기로 한다.

[0042] 판정부(340)는, 제1 및 제2 임피던스 프로브(301,302)에서 감지된 데이터로부터 측정된 임피던스에 의해서는, 주재 및 경화재 각각의 유전율을 파악함으로써 주재 및 경화재가 각각 정확하게 입력되고 있는지를 판단한다. 또한 판정부(340)는, 제3 임피던스 프로브(303)에서 감지된 데이터로부터 측정된 임피던스에 의해서는, 주재와 경화재가 혼합된 2액형 접착제의 유전율을 파악함으로써 최종 산출된 2액형 접착제가 정확한 혼합비에 의해 산출되고 있는지를 판단한다. 이와 같이 주재, 경화재 종류 및 2액형 접착제의 혼합비 판단을 위해서는 각 임피던스 프로브(301,302,303)의 온도 센서에서 감지된 데이터로부터 측정된 온도 데이터를 더 사용할 수 있다.

[0043] 이 외에, A/D 컨버터(321)는 임피던스 측정부(320) 또는 온도 측정부(330)에서 산출된 임피던스 또는 온도 데이터를 디지털 값으로 변환하고, 신호처리부(322)는 이와 같이 변환된 값에 대한 신호 처리를 수행하며, 신호 처리된 값을 판정부(340)로 전달한다. 또한 신호 처리된 값은 데이터 로그(log)부(380)로 전달되어 저장부(381)에 저장될 수도 있다. 또한 이와 같이 신호 처리된 데이터 또는 판정부(340)에서 판정된 데이터는 그래픽 유저 인터페이스(370)를 통하여 사용자에게 표시되고, 판정부(340)에서 판정된 데이터는 통신부(360)를 통하여 마스터 스테이션(master station)으로 전송될 수도 있다. 경우에 따라서는 신호 처리부(322) 없이, A/D 컨버터(321)를 통과한 데이터가 직접 판정부(340), 데이터 로그부(380) 등으로 전달될 수도 있다.

[0044] 측정된 임피던스 및 온도를 이용하여 주재, 경화재 종류 및 2액형 접착제의 혼합비를 판단하는 방법에 대하여는 이하 도 4 내지 도 16을 참조하여 후술하기로 한다.

[0046] 도 4는 본 발명에 따른 2액형 접착제 제조 시스템에서 접착제 물질 파악을 위하여 적용한 임피던스 측정 기법의 원리를 설명하기 위한 도면이다.

[0047] 도 4에서는 평행판 커패시터를 예로 들어 설명한다. 즉, 도 4(a)와 같은 평행판 커패시터에서 커패시턴스는,

[0048] $$C=\varepsilon\frac{A}{d}$$

[0049] 와 같이 결정된다. A는 평행판의 넓이, d는 평행판 간의 거리이며, ε는 평행판 사이 유전물질의 유전율을 의미한다.

[0050] 본원발명에서는, 도 4(b)와 같이 커패시터 양단에 전위차를 가하고, 양단 사이에 유전물질 역할을 하는 주재, 경화재, 또는 주재와 경화재의 혼합물인 2액형 접착제를 유동시켜 흘려보내면, 그와 같은 유전물질의 종류에 따라 커패시턴스가 결정되고, 이로써 유전율을 파악할 수 있게 되며, 유전율로부터 유전물질을 파악할 수 있게 된다.

[0052] 도 5는 접착제에 따른 유전율 변화 및 유전율의 주파수 응답 곡선을 도시한 도면이고, 도 6은 온도 변화에 따르는 유전율 변화를 도시한 그래프이다.

[0053] 도 5(a)는 약 60 x 10^6 Hz에서, 각 재료들의 유전율의 범위를 나타낸다. 도 5(b)는 특정 재료에 대한, 150℃에서 주파수 변화에 따른 유전율 변화, 즉 유전율의 주파수 응답을 나타내는 그래프이다. 도 6을 참조하면, 유전율은 온도에 따라 변화한다. 도 6에서는 주파수를 60Hz, 10^3Hz, 10^6Hz로 변화해가면서 특정 재료의 온도에 따른 유전율을 측정한 그래프를 나타내고 있다.

[0054] 도 5(a)의 각 재료에 대한 유전율의 범위는 온도가 변화하면 달라질 수 있고, 도 5(b)의 주파수 응답 곡선 역시 온도가 변화하면 달라질 수 있다. 즉, 이러한 데이터들을 이용하여 혼합비 측정 장치(300)는, 임피던스 프로브를 커패시터로 하는 회로에 가해지는 특정 주파수가 정해지고 임피던스 프로브를 통과하는 재료의 온도가 측정된 경우, 해당 재료의 그 온도에서의 유전율을 결정할 수 있고, 또한 그 온도에서 해당 유전율에 해당하는 재료의 종류, 또는 특정 주재와 경화재의 혼합물에 대하여는 그 혼합비를 판정할 수 있게 되는 것이다.

[0056] 도 7은 본 발명에 따른 2액형 접착제 혼합비 측정 장치(300)의 임피던스 측정부(320)가 포함하는 임피던스 측정 회로의 일 실시예를 도시한 도면이다.

[0058] 도 8은 주재(resin)와 경화재(hardener)의 비율을 달리한 4가지 경우에 대하여, 일정 온도에서 주파수와 임피던스의 관계를 별도의 그래프로써 나타내는 그래프이고, 도 9는 주재와 경화재의 비율을 달리하여 측정한, 일정 온도에서 주파수와 임피던스의 관계를 하나의 그래프에 나타낸 그래프이다.

[0059] 임피던스 프로브(303)를 커패시터로 하는 회로에 가해지는 특정 주파수가 정해지고 임피던스 프로브(303)를 통과하는 2액형 접착제의 온도가 측정된 경우, 해당 2액형 접착제의 그 온도에서의 그 주파수에 대한 커패시턴스 및 임피던스가 측정되고, 해당 임피던스에 대한 유전율을 계산하며, 또한 이에 따라 그 온도 및 주파수에서, 계산된 유전율에 해당하는 혼합물, 즉, 2액형 접착제의 혼합비를 데이터베이스의 주파수 응답 곡선 데이터로부터 찾아서 혼합비를 판정할 수 있게 된다. 그러나 본 발명에서는 이와 같은 혼합비 산출을 인공신경망 모델을 이용하여 하게 되며 이에 대하여 이하에서 도 8 내지 도 16을 참조하여 상세히 설명한다.

[0060] 도 8(a)는 주재와 경화재의 비율이 1:1인 경우이고, 도 8(b)는 주재와 경화재의 비율이 1:2인 경우이고, 도 8(c)는 주재와 경화재의 비율이 5:1인 경우이며, 도 8(d)는 주재와 경화재의 비율이 1:5인 경우를 나타낸다. 각 도면의 주파수-임피던스 곡선은 모두 특정한 온도에서 측정한 것이며, 각 도면의 주파수-임피던스 곡선에서 다수개의 선이 도시된 것은, 측정시마다 약간의 오차가 발생할 수 있기 때문이다.

[0061] 도 9에서는 특정 온도에서 여러 혼합비(16.7%, 67.7%, 83.3%)에 대한 주파수-임피던스 곡선이 도시되어 있는데, 각 곡선은 여러번 측정된 데이터의 평균값으로 나타낸 것이다.

[0063] 도 10은 주재와 경화재가 특정 비율로 혼합된 경우에, 다양한 온도에서의 주파수와 임피던스의 관계를 나타내는 그래프이다.

[0064] 주재와 경화재의 혼합비가 1:2인 경우에 측정된 데이터이다. 도시된 바와 같이, 맨 위의 곡선은 10℃, 맨 아래 곡선은 40℃로서, 10℃에서 40℃까지의 각 온도에서 측정된 주파수-임피던스 곡선을 하나의 그래프에 나타내었다.

[0066] 도 11은 주재와 경화재의 혼합비 산출을 위한 인공신경망 모델링을 위한 전처리 과정으로서, 특정 온도에서 다양한 혼합비에 대한 주파수와 임피던스의 관계를 나타내는 그래프이다.

[0067] 도 11은 13℃에서 측정된 그래프이다. 도 11(a)의 왼쪽 도면은 혼합비가 16.7%, 67.7%, 83.3%인 경우에 대한 주파수-임피던스 곡선이며, 도 11(a)의 오른쪽 도면은 왼쪽 도면의 점선 부분(10)만을 도시한 도면이다. 즉, 도 11(a)에서 점선 부분(10)은 주파수 5kHz ~ 15kHz 영역이며, 이 영역에서 주파수-임피던스 곡선이 가장 안정적인 형태를 보인다. 따라서 이러한 주파수 5kHz ~ 15kHz 영역의 데이터를 인공신경망 모델링의 입력 데이터로 사용하기로 결정한다.

[0068] 도 11(b)의 왼쪽 도면은 도 11(a)의 오른쪽 도면이며, 도 11(b)의 오른쪽 도면은, 도 11(b)의 왼쪽 도면을 혼합비에 대한 임피던스 곡선으로 변환하여 나타낸 것이다. 즉, 도 11(b)의 오른쪽 도면에서, 사각형으로 두른 각

데이터들은 각각 16.7%(11), 67.7%(12), 83.3%(13)에서, 5000Hz ~ 15000Hz 주파수 구간 각 값들에 대한 임피던스를 의미하는 것이다. 도 11(c)의 왼쪽 도면은 도 11(b)의 오른쪽 도면이며, 도 11(c)의 오른쪽 도면은, 도 11(c)의 왼쪽 도면의 그래프에 대하여 곡선 맞춤(curve fitting)을 수행한 그래프이다.

[0070] 도 12는 주재와 경화재의 혼합비 산출을 위한 인공신경망 모델링을 위한 전처리 과정으로서, 특정 혼합비에서 다양한 온도에 대한 주파수와 임피던스의 관계를 나타내는 그래프이다.

[0071] 도 12(a)의 왼쪽 도면은 측정 온도가 각각 10, 13, 17, 22, 35, 38℃인 경우에 대한 주파수-임피던스 곡선이며, 도 12(a)의 오른쪽 도면은 왼쪽 도면의 점선 부분(20)만을 도시한 도면이다. 즉, 도 12(a)에서 점선 부분(10)은 주파수 5kHz ~ 15kHz 영역이며, 이 영역에서 주파수-임피던스 곡선이 가장 안정적인 형태를 보인다. 따라서 이러한 주파수 5kHz ~ 15kHz 영역의 데이터를 인공신경망 모델링의 입력 데이터로 사용하기로 결정한다.

[0072] 도 12(b)의 왼쪽 도면은 도 12(a)의 오른쪽 도면이며, 도 12(b)의 오른쪽 도면은, 도 12(b)의 왼쪽 도면을 온도에 대한 임피던스 곡선으로 변환하여 나타낸 것이다. 즉, 도 12(b)의 오른쪽 도면에서, 사각형으로 두른 각 데이터들은 각각 10℃(21), 13℃(22), 17℃(23), 22℃(24), 35℃(25), 38℃(26)에서, 5000Hz ~ 15000Hz 주파수 구간 각 값들에 대한 임피던스를 의미하는 것이다. 도 12(c)의 왼쪽 도면은 도 12(b)의 오른쪽 도면이며, 도 12(c)의 오른쪽 도면은, 도 12(c)의 왼쪽 도면의 그래프에 대하여 곡선 맞춤(curve fitting)을 수행한 그래프이다.

[0074] 도 13은 온도, 주파수 및 임피던스의 관계를, 주재와 경화재의 혼합비를 달리해가면서 측정하여 3차원 그래프로써 나타내는 그래프이다.

[0075] 도 8 내지 도 12의 데이터를 종합한 결과가 도 13(a)의 3차원 그래프가 되는 것이다. 도 13의 3차원 좌표계의 수평축은 온도와 주파수이고, 수직축은 임피던스이며, 좌표계에 도시된 다수의 각 곡면은 등혼합비 면이다. 즉, 각 곡면은 각각, 특정한 혼합비에서의 온도, 주파수 및 임피던스 곡면을 도시한 것이다. 예를 들어 각 곡면은 혼합비가 16.7% ~ 83.3% 중 특정한 혼합비에 대한 온도, 주파수 및 임피던스 곡면이다. 이와 같은 도 13(a)의 측정 데이터로부터, 혼합비 산출을 위한 인공신경망 모델 형성을 위한 기계학습(machine learning) 용 테스트 데이터를 다수 추출하여 모델링을 수행하는 것이다.

[0076] 도 13(b)는 그와 같이 사용되는 데이터의 일 실시예를 도시한 표이다. 도 13(b)의 표에서, 각 행(row)는 도 13(a)에서 특정한 온도(℃)에서, 온도축에 수직한 면을 세운 경우, 그 수직면이 특정한 혼합비 곡면과 교차하는 곡선에 대한 임피던스 값(kΩ)을 나타내는 것이다. 즉, 도 13(b)에서 1번 행(row)는, 'A' 컬럼(column)에 나타낸 바와 같이 13℃에서, 'BA' 컬럼이 나타낸 바와 같이 혼합비 20%인 경우에, 특정 주파수 구간에 대한 임피던스 값을 나타낸다. 컬럼 'B' 부터 컬럼 'AZ'까지의 각 값들은 각각, 주파수의 특정 구간을 n개로 분할하여 n개의 각 주파수에 대한 임피던스 값을 나타낸 것이다. 이 경우 인공신경망 모델의 입력 데이터는 온도와 임피던스의 2차원 데이터로 입력될 수도 있다.

[0077] 즉, 인공신경망 모델링을 위한 기계학습(machine learning)에서는 각 행(row)이 1세트의 입력 데이터 및 목표 데이터가 되어, 온도(A 컬럼), 임피던스(B ~ AZ 컬럼)의 데이터를 입력하고, 이로부터 인공신경망에서 출력한 혼합비 값을, 이미 알고 있는 혼합비 %값(해당 row의 BA 컬럼)과 비교하여, 그 차이로부터 인공신경망의 내부 가중치 등을 재설정하며, 이와 같은 과정을 다수의 세트 데이터(도 13(b)의 각 row 데이터)에 대하여 실행하는 학습을 거쳐 모델링을 수행하게 된다.

[0079] 도 14는 주재와 경화재의 혼합비 산출을 위한 인공신경망 모델에 의해 혼합비를 측정한 결과를 나타내는 표이다.

[0080] 즉, 도 14는 도 13을 참조하여 설명한 바와 같이 모델링된 혼합비 산출 인공신경망 모델에 대하여, 테스트한 결과를 나타낸다. 도 14의 표에서 'No' 컬럼은 테스트 회차를 의미한다. 1회차의 예에서는, 온도 28.57℃(Temp. 컬럼)에서 혼합비 19.48%(Ratio 컬럼)인 경우에, 혼합비 산출 인공신경망 모델에서 산출한 혼합비(Predicted 컬럼)가 20.79%이며, 여기서 1.31%(Diff. 컬럼)를 뺀 것이 실제 혼합비 19.48%가 됨으로써, 오차율(Error(%) 컬럼)이 -6.71%가 됨을 나타낸다. 전체 10회에 대하여 평균오차 -0.63%가 되며, 실제로 더욱 많은 횟수의 테스트

에서도 큰 차이가 없는 오차율을 나타내어 매우 정확한 혼합비 산출 모델이 형성되었음을 알 수 있다.

[0082] 도 15는 주재와 경화재의 혼합비 산출을 위한 인공신경망 모델의 일 실시예로서, CNN(convolutional neural network)을 이용한 경우의 인공신경망 모델을 블럭도로써 나타낸 도면이다.

[0083] 도 15에서는 설명을 위한 일 실시예로서 CNN을 나타내었으나, 다른 형태의 인공신경망을 사용하는 것도 가능하며, 본 발명의 혼합비 산출 인공신경망 모델이 반드시 CNN으로 한정되는 것은 아니다.

[0084] 특정 온도와 해당 온도에서의 다수의 임피던스 값을 입력으로 하여, 컨벌루션 레이어를 통해 특징 벡터를 추출함으로써 분류기(classifier)로 들어갈 입력을 확정하게 된다. 이때, 특정 온도와 해당 온도에서의 다수의 임피던스 값(60)에 대하여 컨벌루션 필터(50)에 의해 컨벌루션을 수행한다.

[0085] 컨벌루션은 1개 이상의 컨벌루션 레이어를 통하여 수행될 수 있다. 이와 같이 1개 이상의 컨벌루션 레이어를 통하여 산출된, 특징벡터(70)를 분류기(classifier)(80)의 입력으로 확정한다. 이 경우 전술한 바와 같이 '온도'와 '해당 온도에서의 임피던스 값'을 2차원 데이터로 하여 컨벌루션을 수행하고, 분류기(classifier)(80)의 입력 역시 이와 같이 2차원 데이터로 입력될 수 있다.

[0086] 분류기(classifier)(80)는 멀티레이어(multi-layer)로 구성된 인공신경망(artificial neural network)으로 형성되어 있다. 이러한 인공신경망을 이용한 분류기(80)는, 동일한 레이어 구성의 인공신경망에서 학습용 데이터를 이용하여 가중치 값을 학습시킴으로써 최종 분류기 모델로 확정된다. 여기서 가중치란, 인공신경망의 1개 이상의 레이어의 연결값의 가중치를 의미한다.

[0087] 또한 전술한 바와 같은, 분류기(80)로 입력되는 특징벡터를 산출하는 컨벌루션 레이어와 이와 같이 멀티레이어의 인공신경망으로 형성된 분류기(80)를 합하여, 컨벌루션 인공신경망(convolutional neural network, CNN)이라 칭한다. 이때, 전술한 가중치는 인공신경망(80)의 1개 이상의 레이어의 연결값의 가중치 또는, 컨벌루션 레이어에서 컨벌루션 필터(50) 값을 의미할 수도 있다. 이것은, 인공신경망의 1개 이상의 레이어의 연결값의 가중치도 기계학습(machine learning)을 통하여 확정될 수 있을 뿐 아니라, 컨벌루션 레이어에서 컨벌루션 필터(50) 값 역시 기계학습을 통하여 최종 확정될 수 있다는 것을 의미한다. 학습 데이터를 인공신경망에 입력하고, 출력값과 실제 정답 간의 격차(loss)를 최소화하는 방향으로 gradient descent 방식의 최적화를 진행한다.

[0088] 이와 같은 학습에 의해 최종적으로 결정된 가중치 또는 컨벌루션 레이어 필터값에 의해 컨벌루션 인공신경망(CNN) 모델이 확정되고, 이러한 컨벌루션 인공신경망(CNN) 모델은, 입력된 온도와 임피던스 데이터에 대하여 최종적으로 해당 데이터에 대한 혼합비(90)를 산출한다. 이 경우 산출된 결과(90)는, 하나의 혼합비 값으로 산출될 수도 있고, 또는 다수의 혼합비 값 및, 각 혼합비에 대한 확률값으로 산출될 수도 있다. 이 경우 가장 큰 확률값을 가지는 혼합비로써 최종 혼합비를 결정할 수 있게 된다.

[0090] 도 16은 본 발명에 따른 2액형 접착제의 혼합비 측정 방법을 수행하는 순서도이다.

[0091] 이미 도 8 내지 도 15를 참조하여, 본 발명의 인공신경망 모델을 이용한 2액형 접착제의 혼합비 측정 방법에 대하여는 상세히 설명한 바 있으므로, 이하에서는 그와 같은 과정을 간략히 정리하여 서술하기로 한다.

[0092] 2액형 접착제 제조 공정에서 연속적으로 제조되고 있는 2액형 접착제에 대하여, 혼합비 측정 장치(300)는 제조되고 있는 2액형 접착제에 대하여 지속적으로 혼합비가 정확히 지켜지고 있는지를 모니터링하게 된다.

[0093] 즉, 주재와 경화재가 혼합되어, 혼합물(2액형 접착제)이 제3 임피던스 프로브(303)를 흐르게 되면(S1601), 그 2액형 접착제의 온도를 측정한다(S1602). 또한 제3 임피던스 프로브(303)에서 감지된 전기적 신호로부터 임피던스 측정부(320)에서 임피던스를 측정한다(S1603). 이 경우 앞에서 설명한 바와 같이 특정 주파수 구간, 예를 들어 임피던스 데이터가 가장 안정적으로 나온 5kHz ~ 15kHz 구간에서 n 개의 주파수를 선택하여 n 개의 각 주파수에 있어서의 임피던스를 측정하게 되는데, 이를 위해 임피던스 측정부(320)에는 그와 같이 주파수를 다양하게 변경하여 발생시킬 수 있는 주파수 생성기(frequency generator)를 구비한다. 이와 같이 측정된 온도 및, 측정된 각 주파수에 대한 임피던스 데이터는 전술한 바와 같이 기계학습(machine learning)에 의하여 형성된 인공신경망 모델의 입력 데이터로 입력되고(S1604), 해당 인공신경망 모델은 출력으로서 해당 접착제의 혼합비를 산출한다(S1605). 이때, 역시 전술한 바와 같이, 산출된 결과(90)는 하나의 혼합비 값으로 산출될 수도 있고, 또는 다수의 혼합비 값 및, 각 혼합비에 대한 확률값으로 산출될 수도 있다. 이 경우 가장 큰 확률값을 가지는 혼합

비로써 최종 혼합비를 결정할 수 있게 된다. 이와 같은 인공신경망 모델은, 혼합비 측정 장치(300)의 판정부(340)에 포함된다.

[0094] 이후에도 2액형 접착제 제조 공정에서 연속적으로 제조되는 2액형 접착제에 대하여, 온도 측정, 임피던스 측정 및 이에 대한 혼합비 산출을 포함하는 혼합비 모니터링 과정이 반복되게 된다.

부호의 설명

[0095] 100: 종래 2액형 접착제 제조 시스템

110: A 탱크(주재) 120: B 탱크(경화재)

130: 압축공기부 131: A 압력 제어밸브

132: B 압력 제어밸브 140: 혼합부

150: 분배부 160: 흐름제어부

200: 본 발명의 2액형 접착제 제조 시스템

210: A 탱크(주재) 220: B 탱크(경화재)

230: 압축공기부 231: A 압력 제어밸브

232: B 압력 제어밸브 240: 혼합부

250: 분배부 260: 흐름제어부

300: 본 발명의 2액형 접착제 혼합비 측정 장치

301: 제1 임피던스 프로브 302: 제2 임피던스 프로브

303: 제3 임피던스 프로브

320: 임피던스 측정부

321: A/D 컨버터 322: 신호 처리부

330: 온도 측정부 340: 판정부

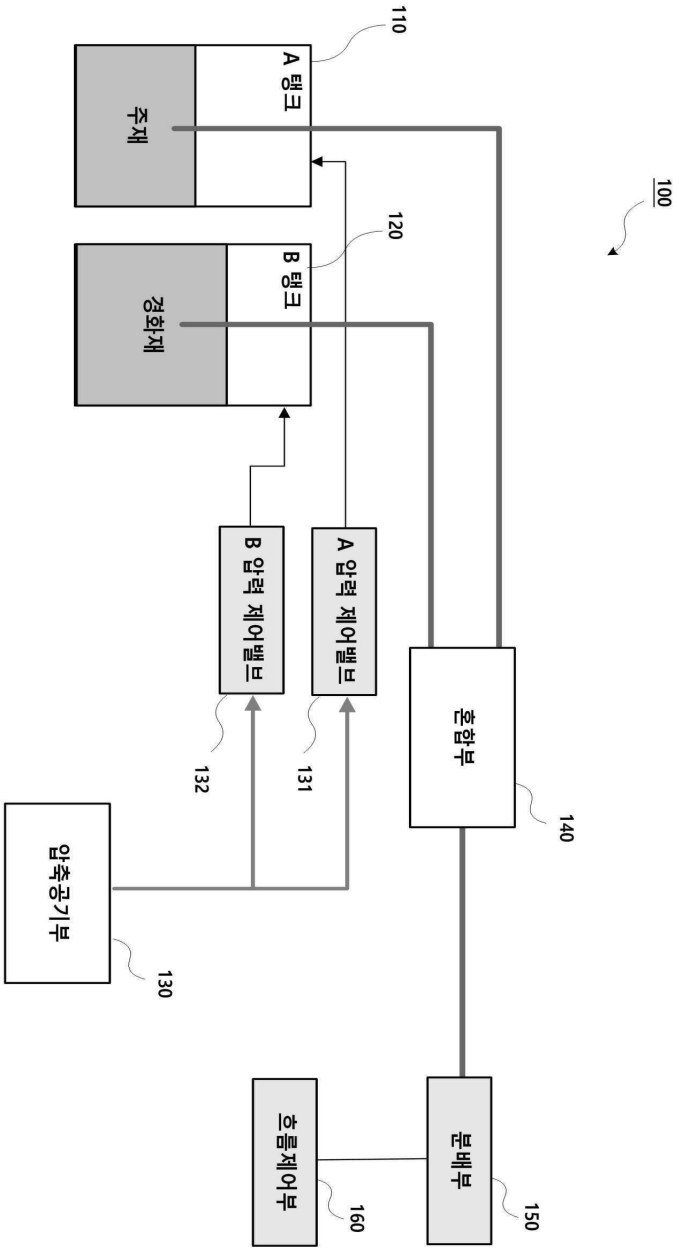
350: 데이터베이스 360: 통신부

370: 그래픽 유저 인터페이스 380: 데이터 로그부

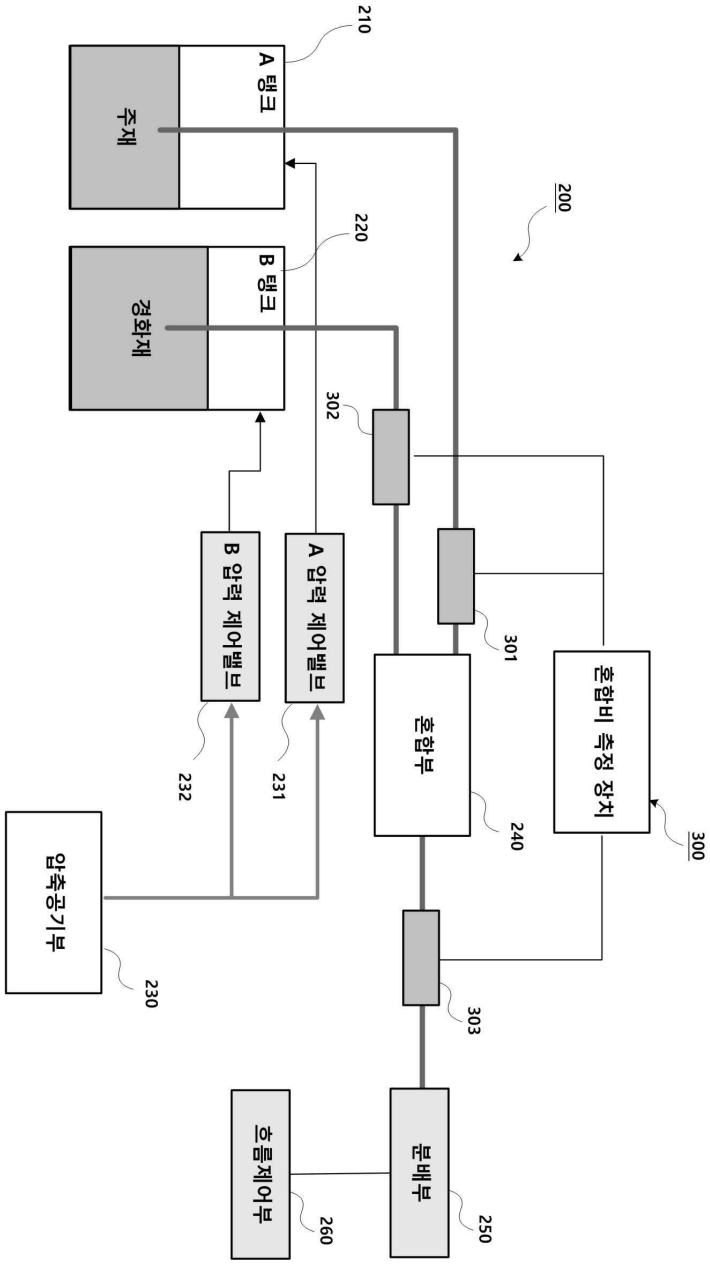
381: 저장부

도면

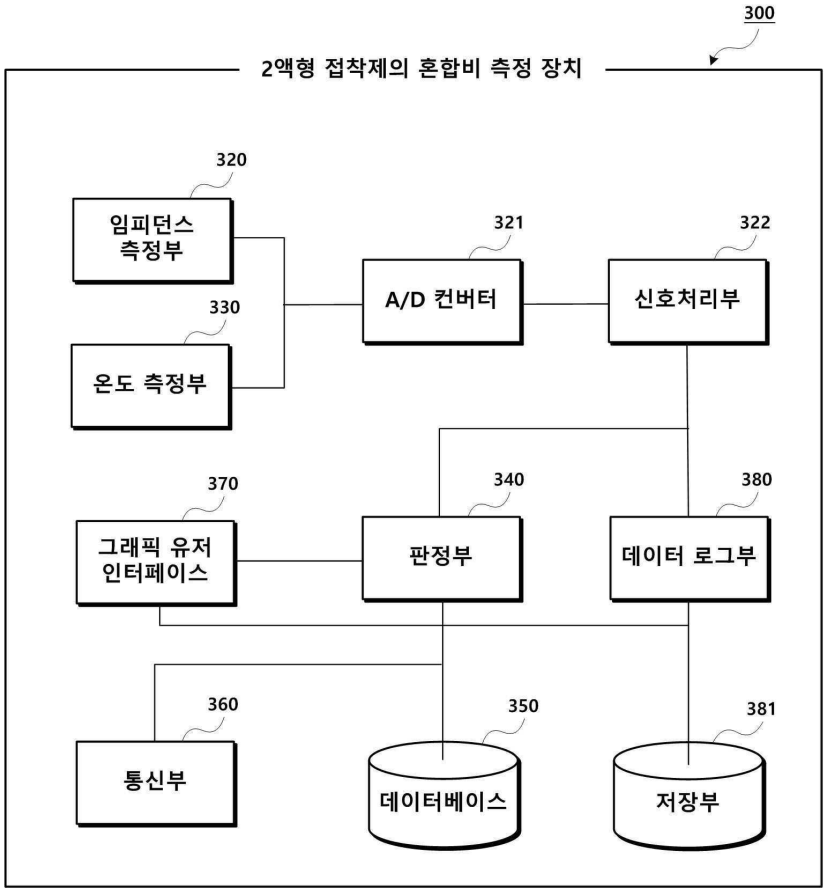
도면1


100
110
A 탱크
주재
120
B 탱크
경화재
B 압력 제어밸브
A 압력 제어밸브
132
131
혼합부
140
압축공기부
130
흐름제어부
160
분배부
150

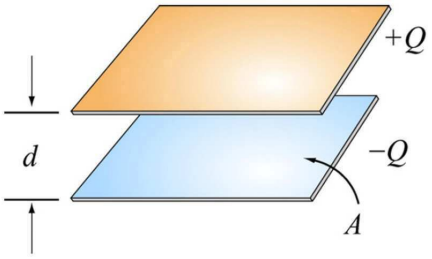
도면2


210
A 탱크
주재
200
220
B 탱크
경화재
302
B 압력 제어밸브
A 압력 제어밸브
301
혼합비 측정 장치
232
231
혼합부
240
300
압축공기부
230
303
흐름제어부
260
분배부
250

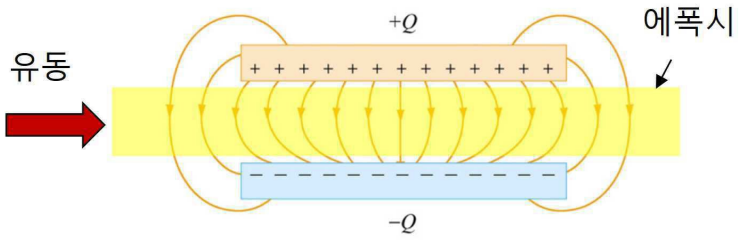
도면3


300
2액형 접착제의 혼합비 측정 장치
320
임피던스 측정부
330
온도 측정부
321
A/D 컨버터
322
신호처리부
370
그래픽 유저 인터페이스
340
판정부
380
데이터 로그부
360
통신부
350
데이터베이스
381
저장부

도면4



(a)



(b)

도면5

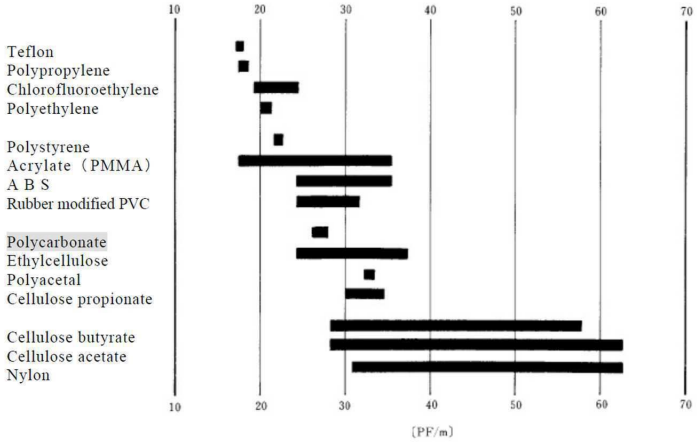
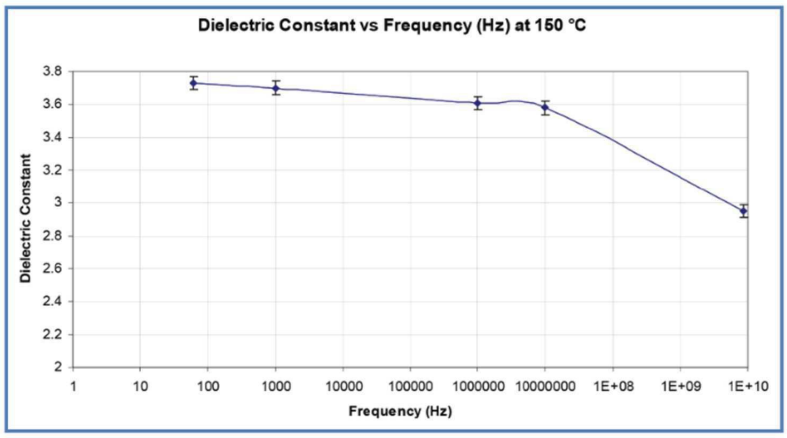


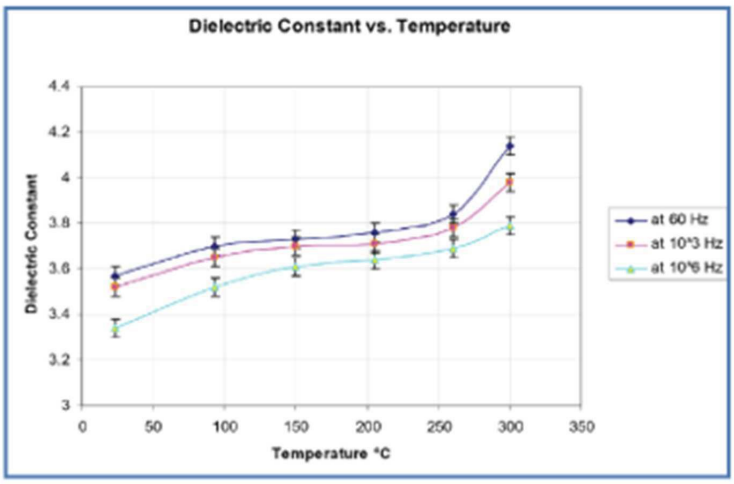
Fig. 5・3－3 Dielectric constant of various resins (ASTM-D150, frequency 60~ x 10^6Hz)

(a)

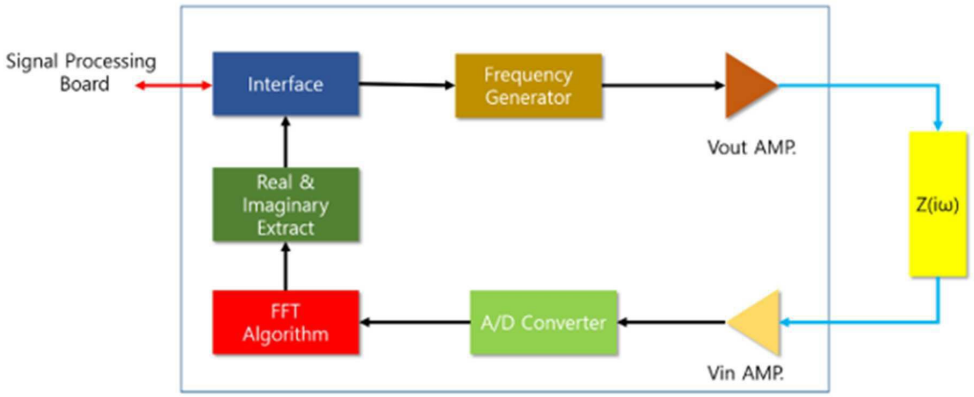


(b)

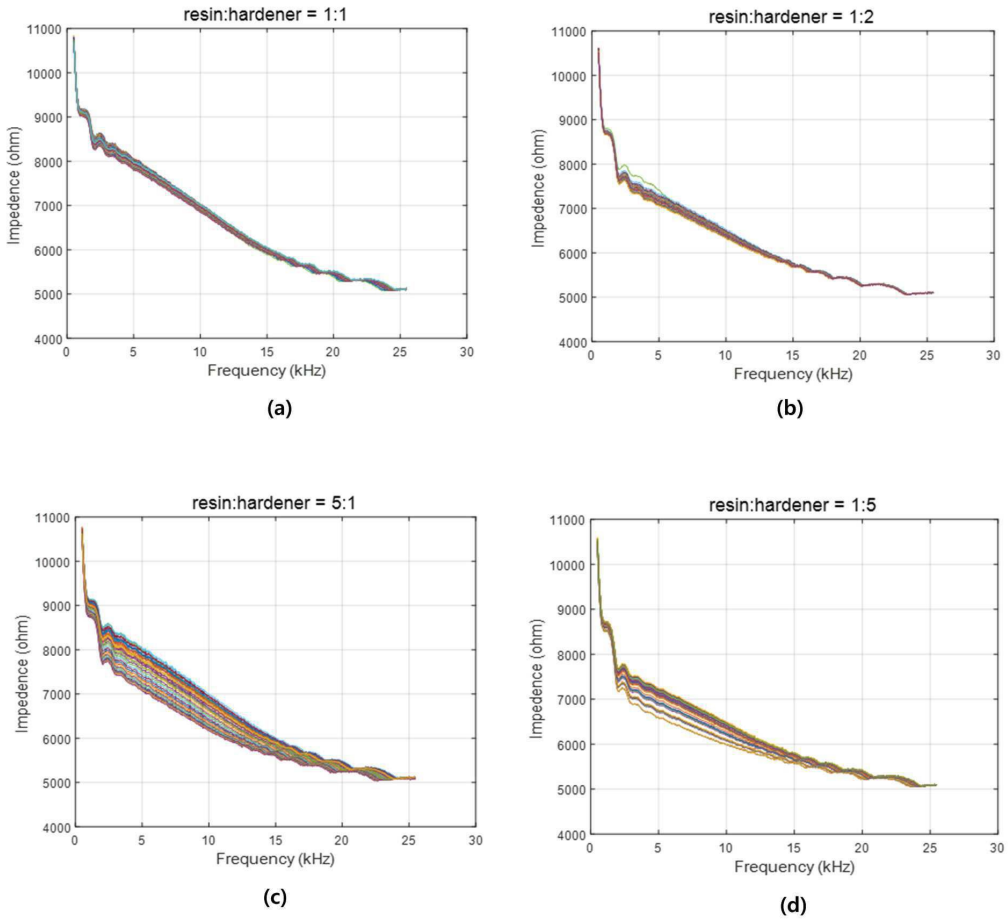
도면6


Dielectric Constant vs. Temperature
Dielectric Constant
4.4
4.2
4
3.8
3.6
3.4
3.2
3
0
50
100
150
200
250
300
350
Temperature °C
at 60 Hz
at 10^3 Hz
at 10^6 Hz

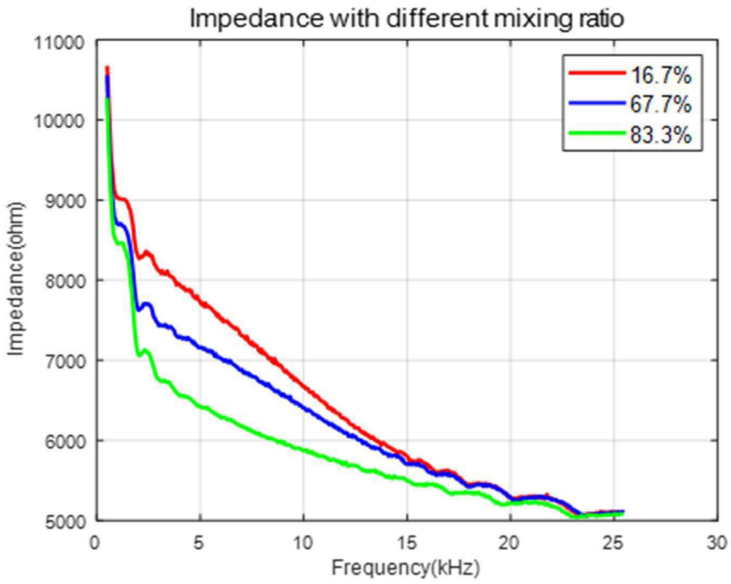
도면7


Signal Processing Board
Interface
Frequency Generator
Vout AMP.
Z(iω)
Real & Imaginary Extract
FFT Algorithm
A/D Converter
Vin AMP.

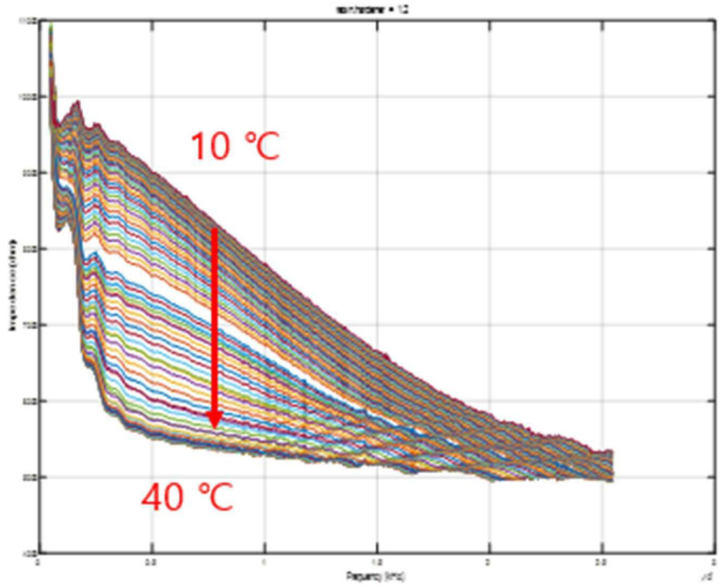
도면8


resin:hardener = 1:1
Impedence (ohm)
Frequency (kHz)
(a)
resin:hardener = 1:2
Impedence (ohm)
Frequency (kHz)
(b)
resin:hardener = 5:1
Impedence (ohm)
Frequency (kHz)
(c)
resin:hardener = 1:5
Impedence (ohm)
Frequency (kHz)
(d)

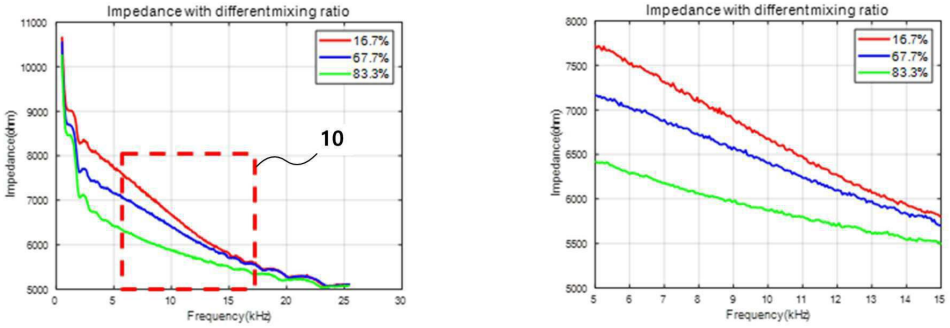
도면9


Impedance with different mixing ratio
16.7%
67.7%
83.3%
Impedance(ohm)
Frequency(kHz)
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
0
5
10
15
20
25
30

도면10

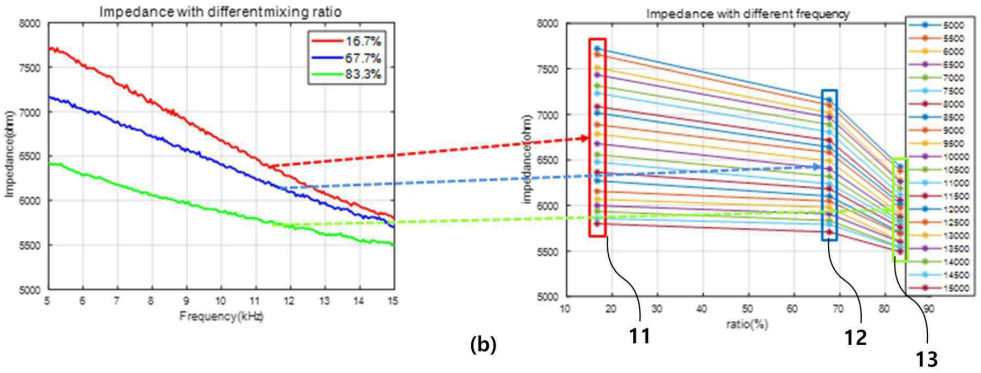

10 ℃
40 ℃

도면11

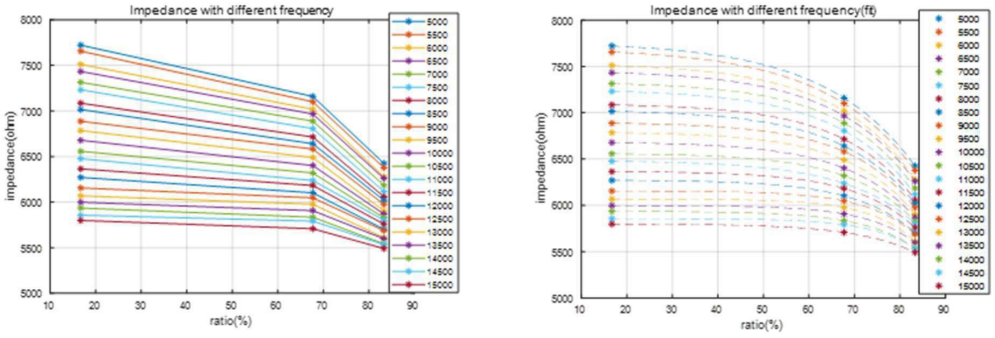


(a)

S1101

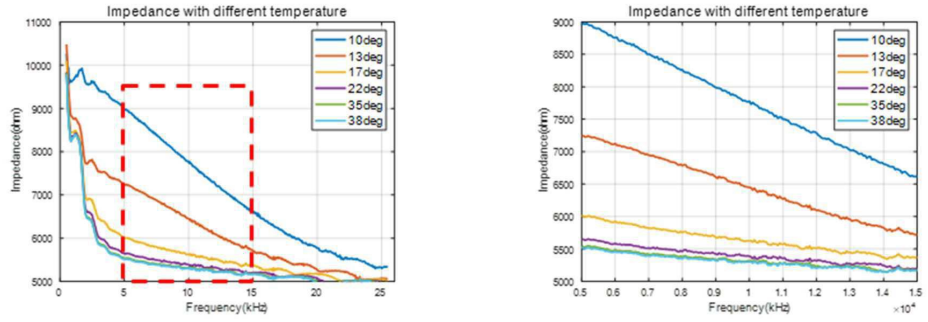


(b)

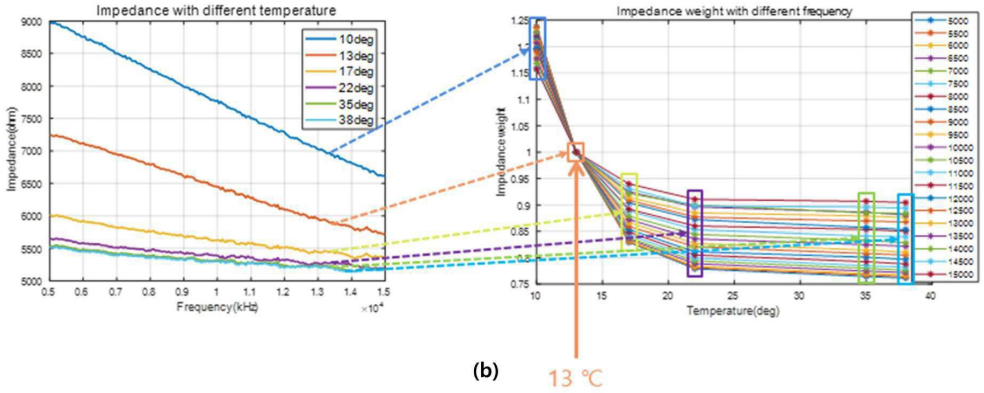


(c)

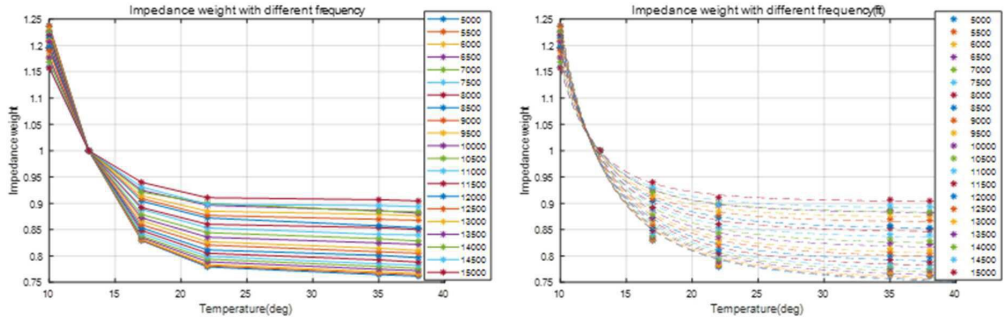
도면12


Impedance with different temperature
10deg
13deg
17deg
22deg
35deg
38deg
Impedance(ohm)
Frequency(kHz)
Impedance with different temperature
10deg
13deg
17deg
22deg
35deg
38deg
Impedance(ohm)
Frequency(kHz)

(a)

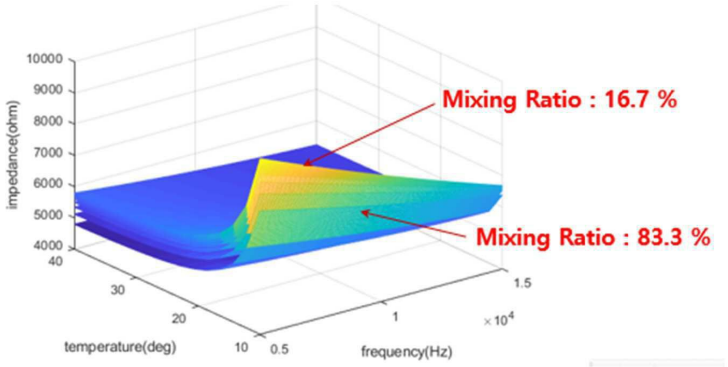

Impedance with different temperature
10deg
13deg
17deg
22deg
35deg
38deg
Impedance(ohm)
Frequency(kHz)
Impedance weight with different frequency
Impedance weight
Temperature(deg)
13 ℃

(b)


Impedance weight with different frequency
Impedance weight
Temperature(deg)
Impedance weight with different frequency(fit)
Impedance weight
Temperature(deg)

(c)

도면13



(a)

	A	B	C	D	E	...	AW	AX	AY	AZ	BA
1	13	7.5547	7.5103	7.4691	7.429		5.854	5.8258	5.7977	5.7654	20
2	15	6.9318	6.8979	6.8681	6.8306		5.6026	5.5811	5.5564	5.5403	20
3	17	6.5605	6.5307	6.5084	6.4713		5.473	5.4536	5.438	5.4218	20
4	19	6.3261	6.3063	6.2792	6.2537		5.3864	5.3796	5.3626	5.352	20
5	21	6.1712	6.1547	6.1246	6.1077		5.3485	5.3363	5.3252	5.3047	20
6	23	6.0659	6.0466	6.0264	6.0045		5.311	5.3002	5.2952	5.2868	20
7	25	5.9957	5.9681	5.9532	5.9336		5.2978	5.2882	5.2778	5.2651	20
8	27	5.9406	5.9175	5.8977	5.8821		5.2751	5.271	5.2651	5.2534	20
9	29	5.8916	5.878	5.8602	5.8369		5.2653	5.26	5.2531	5.2445	20
10	31	5.8675	5.8469	5.8251	5.807		5.2638	5.2577	5.2474	5.2354	20
11	33	5.8377	5.8263	5.8007	5.7899		5.2599	5.2542	5.2411	5.2338	20
12	35	5.8177	5.8007	5.7859	5.7665		5.256	5.247	5.236	5.2282	20

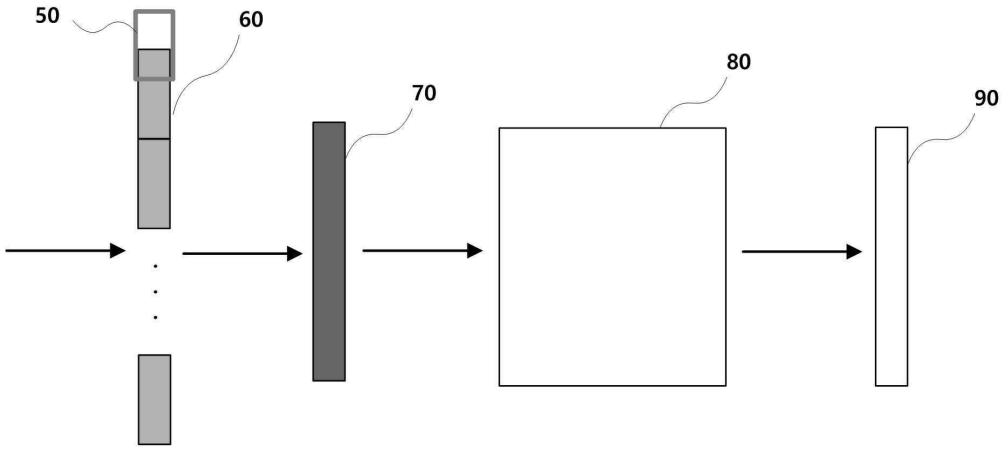
온도(℃) 임피던스(kΩ) 혼합비(%)

(b)

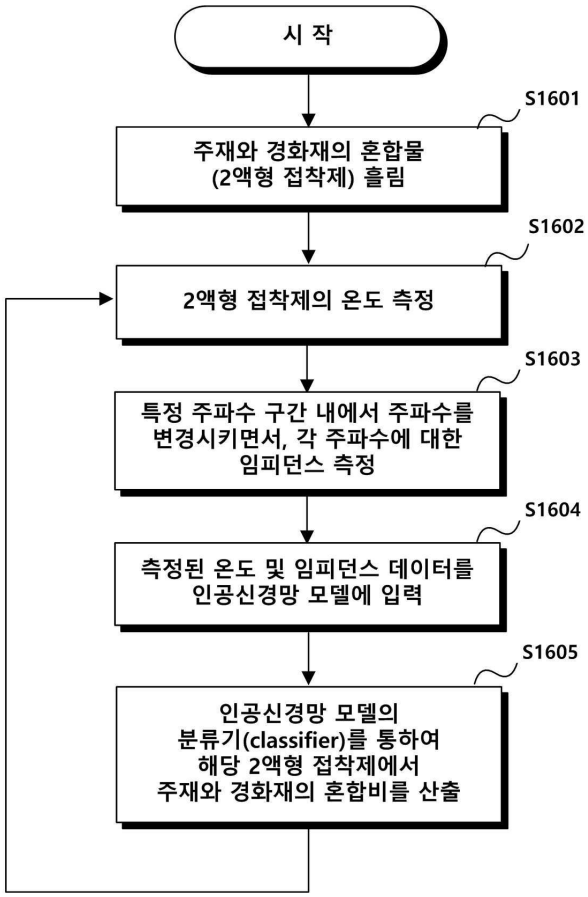
도면14

No	Test Data		Predicted Ratio	Diff.	Error(%)
	Temp.	Ratio			
1	28.57	19.48	20.79	-1.31	-6.71%
2	13.53	22.94	23.37	-0.42	-1.85%
3	14.18	35.36	35.98	-0.62	-1.75%
4	29.19	38.36	38.73	-0.37	-0.97%
5	13.53	40.45	41.04	-0.59	-1.46%
6	14.18	47.92	48.23	-0.30	-0.64%
7	12.58	61.74	61.10	0.64	1.04%
8	12.58	66.67	65.73	0.95	1.42%
9	11.94	67.20	65.36	1.85	2.75%
10	11.94	72.76	71.37	1.38	1.90%

도면15



도면16


시 작
S1601
주재와 경화재의 혼합물
(2액형 접착제) 흘림
S1602
2액형 접착제의 온도 측정
S1603
특정 주파수 구간 내에서 주파수를
변경시키면서, 각 주파수에 대한
임피던스 측정
S1604
측정된 온도 및 임피던스 데이터를
인공신경망 모델에 입력
S1605
인공신경망 모델의
분류기(classifier)를 통하여
해당 2액형 접착제에서
주재와 경화재의 혼합비를 산출