



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0147359
(43) 공개일자 2023년10월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B29B 15/12 (2006.01) B29C 37/00 (2006.01)
B29C 70/16 (2006.01) B29C 70/50 (2018.01)
C08J 5/24 (2006.01) G06N 3/08 (2023.01)
B29L 31/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B29B 15/125 (2013.01)
B29C 70/16 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0046279

(22) 출원일자 2022년04월14일

심사청구일자 2022년04월14일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

재단법인 한국탄소산업진흥원

전라북도 전주시 덕진구 반룡로 110-11(팔복동2가)

주식회사 케이지에프

경상남도 창원시 의창구 동읍 의창대로 950 ()

(72) 발명자

정임두

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 112동 601-5호 (울산과학기술원)

서은혁

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 112동 805호 (울산과학기술원)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김종선, 이형석

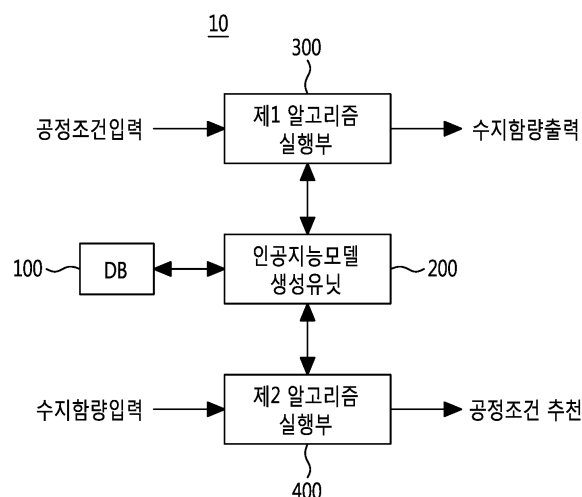
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 토우프레그의 수지함량 예측 및 공정조건 추천을 위한 설비시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 토우프레그의 생산설비의 공정조건에 따라 토우프레그에 코팅되는 수지함량을 예측하고 나아가 수지함량에 따라 최적의 공정조건을 추천할 수 있는 설비시스템을 제안한다. 본 발명의 설비 시스템은, 토우프레그의 공정조건 데이터 및 수지함량 데이터를 저장하는 데이터베이스가 구비된다. 그리고 데이터베이스에 저장된 데이터를 가공하여 학습한 인공지능모델을 생성하는 인공지능모델 생성유닛이 제공된다. 그리고 토우프레그의 수지함량을 예측하는 제1 알고리즘 실행부, 토우프레그의 공정조건을 추천하는 제2 알고리즘 실행부를 포함한다. 제1 알고리즘 실행부와 제2 알고리즘 실행부는 토우프레그의 공정조건과 이와 대응하는 수지함량 데이터의 연결고리를 인공신경망(Artificial Neural Network)을 통해 학습한 인공지능모델을 활용한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B29C 70/50 (2013.01)

C08J 5/24 (2023.05)

G06N 3/08 (2023.01)

B29C 2037/90 (2013.01)

B29C 2037/903 (2013.01)

B29L 2031/7156 (2013.01)

(72) 발명자

강정석

전라북도 전주시 덕진구 천마산로 113, 105동 806호 (송천동2가, 한라비발디)

김신

전라북도 전주시 덕진구 세병로 175, 1001동 2505호 (송천동2가, 에코시티더샵2차)

소현민

전라북도 전주시 덕진구 중상보로 10, 105동 106호 (우아동2가, 롯데아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415177824
과제번호	K210101002
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	(재)한국탄소산업진흥원
연구사업명	한국탄소산업진흥원운영(R&D)
연구과제명	탄소산업생태계중성및확신사업
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(재)한국탄소산업진흥원
연구기간	2021.03.02 ~ 2022.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

토우프레그의 공정조건 데이터 및 수지함량 데이터를 저장하는 데이터베이스;
저장된 데이터를 가공하여 인공지능모델을 생성하는 인공지능모델 생성유닛;
상기 인공지능모델을 이용하여 토우프레그의 수지함량을 예측하는 제1 알고리즘 실행부; 및
상기 인공지능모델을 이용하여 토우프레그의 공정조건을 추천하는 제2 알고리즘 실행부를 포함하고,
상기 인공지능모델은 상기 토우프레그의 공정조건과 이와 대응하는 수지함량 데이터의 연결고리를 인공신경망(Artificial Neural Network)을 통해 학습한 모델인 것을 특징으로 하는, 토우프레그 설비 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 인공지능모델 생성유닛은,
인공지능학습을 위해 토우프레그 공정데이터를 전처리하는 전처리부;
상기 전처리 된 데이터를 랜덤하게 트레이닝 셋(training set)과 테스트 셋(test set)으로 구분하는 셋 설정부;
상기 셋 설정된 데이터 전부를 대상으로 정규화하는 데이터 정규화부;
인공지능을 구성하는 하이퍼 파라미터(Hyperparameter)에 대한 정확도가 가장 높은 최적 조합을 검색하는 검색부; 및
상기 하이퍼 파라미터 조합을 순서대로 진행하여 최적의 하이퍼 파라미터 조합을 추출하는 추출부를 포함하여,
상기 인공지능모델을 생성하는, 토우프레그 설비 시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
상기 검색부는,
k-fold validation 방법을 사용하여 학습율(learning rate 값), 레이어(layer) 개수, 노드 구성(node 개수), 배치 정규화(batch normalization) 여부의 총 4가지 하이퍼 파라미터에 대한 정확도가 높은 최적의 조합을 검색하는, 토우프레그 설비 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 제1 알고리즘 실행부는,
목표 수지 온도, 센서 수지 온도 및 블레이드 갭 정보에 따라 수지함량을 예측하는, 토우프레그 설비 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 제2 알고리즘 실행부는,
수지함량정보가 입력되면, 무작위로 입력 데이터를 상기 인공지능모델로 예측한 후, 예측된 결과 중에서 사용자가 원하는 수지 함량 조건에 적합한 공정조건을 추천하는, 토우프레그 설비 시스템.

청구항 6

토우프레그 설비시스템이,

사용자로부터 토우프레그 공정조건을 입력받는 단계; 및

상기 공정조건이 입력되면, 토우프레그의 공정조건과 수지함량의 연결고리를 인공지능을 통해 학습한 인공지능 모델을 이용하여 상기 공정조건에 따른 수지함량을 예측하는 단계를 포함하여 수행되는 것을 특징으로 하는, 토우프레그 설비 시스템을 이용한 수지함량 예측방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 인공지능은, 인공신경망(Artificial Neural Network)을 통해 학습하는, 토우프레그 설비 시스템을 이용한 수지함량 예측방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 인공지능모델은,

토우프레그 공정데이터를 전처리하는 단계;

상기 전처리 된 데이터를 랜덤하게 트레이닝 셋(training set)과 테스트 셋(test set)으로 구분하는 단계;

상기 셋 설정된 데이터 전부를 대상으로 정규화하는 단계; 및

하이퍼 파라미터(Hyperparameter)에 대한 정확도가 가장 높은 최적 조합을 검색하고, 검색된 하이퍼 파라미터 중 하나의 조합으로 인공지능모델을 생성하는 단계를 포함하는, 토우프레그 설비 시스템을 이용한 수지함량 예측방법.

청구항 9

토우프레그 설비시스템이,

사용자로부터 수지함량 정보를 입력받는 단계;

상기 수지함량 정보 입력에 따라 공정조건 추천 알고리즘이 실행되면, 입력 데이터를 무작위로 생성하는 단계; 및

생성된 상기 입력 데이터들 전부를 토우프레그의 공정조건과 수지함량의 연결고리를 인공지능을 통해 학습한 인공지능모델로 검색하고, 검색된 공정조건들 중에서 수지함량 조건에 맞는 공정조건을 추천하는 단계를 포함하여 수행되는 것을 특징으로 하는, 토우프레그 설비 시스템을 이용한 공정조건 추천방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 인공지능모델은,

토우프레그 공정데이터를 전처리하는 단계;

상기 전처리 된 데이터를 랜덤하게 트레이닝 셋(training set)과 테스트 셋(test set)으로 구분하는 단계;

상기 셋 설정된 데이터 전부를 대상으로 정규화하는 단계; 및

하이퍼 파라미터(Hyperparameter)에 대한 정확도가 가장 높은 최적 조합을 검색하고, 검색된 하이퍼 파라미터 중 하나의 조합으로 인공지능모델을 생성하는 단계를 포함하는, 토우프레그 설비 시스템을 이용한 공정조건 추천방법.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 토우프레그의 생산설비의 공정조건에 따라 토우프레그에 코팅되는 수지함량을 예측하고 나아가 수지함량에 따라 최적의 공정조건을 추천할 수 있는 설비시스템, 그리고 이를 이용한 예측 및 추천방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 수소연료 전지차량용 압력용기 등과 같은 장비들은 기본적으로 강인하고 고압에 견디는 특성을 가져야 한다, 이를 위해 금속재질의 소재를 비강성(specific stiffness) 및 비강도(specific strength)가 우수한 탄소섬유 복합재료, 예를 들면 토우프레그로 대체하는 것이 효과적이다.

[0003] 도 1은 토우프레그 제조공정을 설명하는 도면이다. 도 1의 제조공정에 따르면, 제1 보빈(1)에서 공급되는 원사(보강섬유, 탄소섬유, 유리섬유 등)를 수지조(2)에 저장된 용액 상태의 수지에 함침하여 일정 두께로 코팅을 하고, 제2 보빈(3)에 다시 감는 공정을 포함하고 있다.

[0004] 이러한 제조공정은 작업자가 직접 공정조건을 변경하면서 작업을 하였다. 이때 토우프레그의 수지함량은 고객사의 요청에 따라 달라질 수 있기 때문에 이를 맞추기 위한 공정조건 역시 변경되어야 한다. 즉 공정조건과 수지함량은 서로 대응된다고 볼 수 있다. 그렇기 때문에 작업자는 공정조건에 따라 수지함량이 어느 정도인지 알 수 있어야 하고, 수지함량에 따라 이에 적절한 공정조건으로 토우프레그를 제조해야 하는지 알고 있어야 한다.

[0005] 종래에는 작업자가 공정조건을 변경하면서 원하는 수지함량을 맞춰 작업을 하였다. 이 경우 작업자에 따라 동일한 결과물인 토우프레그를 생산한다고 하더라도 공정조건은 물론 수지함량이 매번 달라질 수 있었다. 작업자가 전반적으로 공정에 관여하기 때문에 그만큼 공정조건을 최적화하는 것과 수지함량을 예측하는 것이 어려웠다. 또 작업자의 경험에 의해 토우프레그의 제조공정이 실시되기 때문에 함침 속도나 함침할 수지를 결정하는 것도 제조공정 마다 달라질 수 있고, 이럴 경우 보강섬유에 함침이 제대로 되지 않거나 다른 수지를 사용하게 되어 불량상태의 토우프레그를 폐기 처분하는 경우도 종종 발생한다.

[0006] 그리고 공정조건에 따른 수지함량을 작업자가 일일이 검사해야 하기 때문에(trial & error 방법), 많은 시간과 비용이 낭비되는 문제가 있다. 또 초보 작업자에 의한 오류를 최소화하기 위해 노하우가 있는 숙련공을 필요하기 때문에 인건비 상승을 초래한다.

[0007] 기존에 이러한 문제를 해결할 수 있는 방안은 아직까지 제안된 바 없다. 예를 들어 토우프레그와 관련되어 등록특허 10-2341164호, 공개특허 10-2021-0013039호가 공개되고 있지만, 이들 선행특허들은 단지 생산성이 좋고 성능이 개선된 토우프레그를 제조하는 방법만이 개시되어 있고, 수지함량을 예측하거나 최적의 공정조건을 추천하는 방안은 개시하지 못하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-2341164호(2021. 12. 15)
(특허문헌 0002) 한국공개특허 10-2021-0013039호(2021. 02. 03)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 일련의 공정조건으로 토우프레그를 생산할 때 보강섬유에 코팅되는 수지함량을 예측하는 토우프레그 설비 시스템을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 보강섬유에 코팅될 수지함량에 따라 최적의 공정조건을 추천하는 토우프레그 설비 시스템을 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명의 또 다른 목적은 수지함량 예측방법 및 수지함량에 따른 최적의 공정조건 추천방법을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 토크프리그 설비 시스템은, 토크프리그의 공정조건 데이터 및 수지함량 데이터를 저장하는 데이터베이스; 저장된 데이터를 가공하여 인공지능모델을 생성하는 인공지능모델 생성유닛; 상기 인공지능모델을 이용하여 토크프리그의 수지함량을 예측하는 제1 알고리즘 실행부; 및 상기 인공지능모델을 이용하여 토크프리그의 공정조건을 추천하는 제2 알고리즘 실행부를 포함하고, 상기 인공지능모델은 상기 토크프리그의 공정조건과 이와 대응하는 수지함량 데이터의 연결고리를 인공신경망(Artificial Neural Network)을 통해 학습한 모델인 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 인공지능모델 생성유닛은, 인공지능학습을 위해 토크프리그 공정데이터를 전처리하는 전처리부; 상기 전처리된 데이터를 랜덤하게 트레이닝 셋(training set)과 테스트 셋(test set)으로 구분하는 셋 설정부; 상기 셋 설정된 데이터 전부를 대상으로 정규화하는 데이터 정규화부; 인공지능을 구성하는 하이퍼 파라미터(Hyperparameter)에 대한 정확도가 가장 높은 최적 조합을 검색하는 검색부; 및 하이퍼 파라미터 조합을 순서대로 진행하여 최적의 하이퍼 파라미터 조합을 추출하는 추출부를 포함하여, 상기 인공지능모델을 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 상기 검색부는 k-fold validation 방법을 사용하여 학습율(learning rate 값), 레이어(layer) 개수, 노드 구성(node 개수), 배치 정규화(batch normalization) 여부의 총 4가지 하이퍼 파라미터에 대한 정확도가 높은 최적의 조합을 검색한다.

[0016] 상기 제1 알고리즘 실행부는 목표 수지 온도, 센서 수지 온도 및 블레이드 갭 정보에 따라 수지함량을 예측한다.

[0017] 상기 제2 알고리즘 실행부는 수지함량정보가 입력되면, 무작위로 입력 데이터를 상기 인공지능모델로 예측한 후, 예측된 결과 중에서 사용자가 원하는 수지 함량 조건에 적합한 공정조건을 추천한다.

[0018] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 토크프리그 설비 시스템을 이용한 수지함량 예측방법은, 토크프리그 설비시스템이, 사용자로부터 토크프리그 공정조건을 입력받는 단계; 및 상기 공정조건이 입력되면, 토크프리그의 공정조건과 수지함량의 연결고리를 인공지능을 통해 학습한 인공지능모델을 이용하여 상기 공정조건에 따른 수지함량을 예측하는 단계를 포함하여 수행되는 것을 특징으로 한다.

[0019] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 토크프리그 설비 시스템을 이용한 공정조건 추천방법은, 토크프리그 설비시스템이, 사용자로부터 수지함량 정보를 입력받는 단계; 상기 수지함량 정보 입력에 따라 공정조건 추천 알고리즘이 실행되면, 입력 데이터를 무작위로 생성하는 단계; 생성된 상기 입력 데이터들 전부를 토크프리그의 공정조건과 수지함량의 연결고리를 인공지능을 통해 학습한 인공지능모델로 검색하고, 검색된 공정조건들 중에서 수지함량 조건에 맞는 공정조건을 추천하는 단계를 포함하여 수행되는 것을 특징으로 한다

[0020] 상기 인공지능은, 인공신경망(Artificial Neural Network)을 통해 학습한다.

[0021] 상기 인공지능모델은, 토크프리그 공정데이터를 전처리하는 단계; 상기 전처리된 데이터를 랜덤하게 트레이닝 셋(training set)과 테스트 셋(test set)으로 구분하는 단계; 상기 셋 설정된 데이터 전부를 대상으로 정규화하는 단계; 하이퍼 파라미터(Hyperparameter)에 대한 정확도가 가장 높은 최적 조합을 검색하고, 검색된 하이퍼 파라미터 중 하나의 조합으로 인공지능모델을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0022] 이와 같은 본 발명에 따르면, 미리 학습된 인공지능모델을 이용하여, 공정조건 데이터의 입력으로 수지함량을 예측하거나, 원하는 토크프리그의 수지함량 정보의 입력으로 최적의 공정조건을 추천받아 토크프리그를 생산할 수 있어, 종래의 trial & error 기반의 품질검사방법보다 생산성 향상, 검사비용을 절감할 수 있는 효과가 있다.

[0023] 본 발명에 따르면, 토크프리그의 생산공정 이외에 다른 공정조건 데이터를 활용한 인공지능모델을 제공할 수 있어, 다양한 탄소 산업용 제조 데이터에 대한 확장 및 적용이 가능한 효과도 기대할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 일반적인 토우프레그 제조공정을 설명하는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 수지함량 예측 및 공정조건 추천을 위한 토우프레그 설비 시스템의 구성도이다.
- 도 3은 본 발명에 적용되는 인공지능망의 개념도이다.
- 도 4는 도 2의 인공지능모델 생성유닛의 구성도이다.
- 도 5는 본 발명에 따른 인공지능모델의 성능 측정결과를 예시한 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 수지함량 예측 및 공정조건 추천을 위한 흐름도이다.
- 도 7 및 도 8은 수지함량 예측 정보와 공정조건을 추천하는 화면 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0026] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0027] 본 발명에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0028] 공간적으로 상대적인 용어인 아래(below, beneath, lower), 위(above, upper) 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 소자 또는 구성 요소들과 다른 소자 또는 구성 요소들과의 상관 관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 소자의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 소자를 뒤집을 경우, 다른 소자의 아래(below, beneath)로 기술된 소자는 다른 소자의 위(above, upper)에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 아래는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 소자는 다른 방향으로도 배향될 수 있고, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.
- [0029] 본 발명에서 사용되는 “부” 또는 “부분” 등의 일부분을 나타내는 표현은 해당 구성요소가 특정 기능을 포함할 수 있는 장치, 특정 기능을 포함할 수 있는 소프트웨어, 또는 특정 기능을 포함할 수 있는 장치 및 소프트웨어의 결합을 나타낼 수 있음을 의미하나, 꼭 표현된 기능에 한정된다고 할 수는 없으며, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0030] 또한, 본 발명에서 사용되는 모든 전기 신호들은 일 예시로서, 본 발명의 회로에 반전기 등을 추가적으로 구비하는 경우 이하 설명될 모든 전기 신호들의 부호가 반대로 바뀔 수 있음을 유의해야 한다. 따라서, 본 발명의 권리범위는 신호의 방향에 한정되지 않는다.
- [0031] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.
- [0033] 이하에서는 도면에 도시한 실시 예에 기초하면서 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명하기로 한다.

[0034] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 수지함량 예측 및 공정조건 추천을 위한 토우프레그 설비 시스템의 구성도이다.

[0035] 도 2를 보면, 토우프레그 설비 시스템(10)은 토우프레그의 공정조건 데이터 및 수지함량 데이터를 저장하는 데이터베이스(DB)(100), 저장된 데이터를 가공하여 인공지능모델을 생성하는 인공지능모델 생성유닛(200), 생성된 상기 인공지능모델을 이용하여 토우프레그의 수지함량을 예측하는 제1 알고리즘 실행부(300), 상기 인공지능모델을 이용하여 토우프레그의 공정조건을 추천하는 제2 알고리즘 실행부(400)를 포함하여 구성된다.

[0036] 제1 알고리즘 실행부(300)는 공정조건을 입력으로 하여 수지함량을 예측하고, 제2 알고리즘 실행부(400)는 수지함량정보가 입력되면, 대량(ex, 10만개)의 입력 데이터를 무작위로 생성하고, 생성된 입력 데이터 모두를 인공지능모델로 예측한 후, 예측된 결과 중에서 사용자가 원하는 수지 함량 조건에 적합한 공정조건을 추천하는 구성이다.

[0037] 한편 데이터베이스(100)에 저장된 공정조건 데이터는 예를 들면 설비 시스템(10)에 구비되는 블레이드 갭(Blade gap)이나 목표 수지 온도, 센서 수지 온도 등을 계속 변경하면서 토우프레그를 생산할 때의 실험 데이터일 수 있고, 수지함량 데이터는 공정조건에 따라 보강섬유에 함침된 수지함량 데이터일 수 있다.

[0038] 공정 조건에 따른 수지함량 데이터의 예를 다음 [표 1]과 같다. [표 1]은 토우프레그 설비 시스템에서 반복적으로 여러 번 테스트를 실시한 결과 그 각각의 공정 조건에 따른 수지함량정보를 데이터베이스화 정보이다.

표 1

순서	구분	시작 시간	방 온도 (℃)	방 습도	FIBER	목표수 지온도 (℃)	센서수 지온도 (℃)	블레이드 갭(μm)	수지 함량 RD(%)
1	1-5-1	10:32	22.1	43	HA 400m	43	42.5	210	24.09
2	1-5-2	14:34	22.1	43	HA 400m	43	43.1	230	24.86
3	1-5-3	14:57	21.7	41	HA 400m	43	43.2	250	25.95
4	1-5-4	15:20	22.3	42	HA 400m	43	43	270	27.71
5	1-5-5	11:15	22.2	44	HA 400m	43	43	290	26.76
6	1-5-6	11:34	22.1	44	HA 400m	43	43.6	310	28.02
7	1-5-7	11:53	22.1	44	HA 400m	43	43.8	330	28.48
8	1-5-8	12:50	21.9	41	HA 400m	43	42.2	350	29.47
9	1-5-9	13:12	21.9	41	HA 400m	43	42.9	370	31.84
10	1-5-10	13:36	22.2	42	HA 400m	43	43.1	390	31.64
11	1-5-11	13:54	22.4	42	HA 400m	43	43.6	410	32.95
12	1-5-12	14:12	22.4	42	HA 400m	43	43.2	430	33.87

[0039]

[0040] 상기 수지함량 예측 및 공정조건 추천에 사용되는 인공지능모델은 공정 조건별 수지함량의 원시 데이터를 전처리 한 데이터를 기반으로 생성되며, 이러한 인공지능모델은, 토우프레그의 공정조건과 그에 상응하는 품질결과 데이터(즉 수지함량 데이터)의 연결고리를 인공신경망(Artificial Neural Network)을 통해 학습한 모델을 말할 수 있다.

[0042] 도 3은 본 발명의 인공지능모델에 적용된 인공신경망의 개념도이다. 이에 도시한 바와 같이 인공신경망은 입력 레이어(Input layer), 히든 레이어(Hidden layer), 출력 레이어(Output layer)를 포함하고, 입력 레이어를 통해 목표 수지 온도(℃), 센서 수지 온도(℃) 및 블레이드 갭(μm)을 입력받고, 히드 레이어의 학습에 따라 출력 레이어를 통해 수지 함량(RC, %) 정보를 출력하는 구조이다.

[0044] 본 발명에 따르면 이러한 인공신경망을 이용한 인공지능모델이 제공되며, 도 4는 인공지능모델을 생성하기 위한 구성도이다.

[0045] 도 4에 도시된 바와 같이 ANN 기반의 인공지능모델 생성유닛(200)은 전처리부(210), 셋(set) 설정부(220), 데이터 정규화부(230), 검색부(240), 추출부(250)를 포함한다.

- [0046] 전처리부(210)는, 인공지능학습을 위해 토큰프레그 공정데이터를 전처리 한다. 즉 인공지능학습을 위한 데이터 포맷으로 처리하는 것이다. 전처리동작시 입력은 목표 수지 온도(℃), 센서 수지 온도(℃) 및 블레이드 갭(μm) 등이고, 출력은 수지함량(RC, %)이다.
- [0047] 셋 설정부(220)는 전처리 된 데이터를 랜덤하게 트레이닝 셋(training set)과 테스트 셋(test set)으로 구분하여 설정하는 유닛이다. 실시 예에서 트레이닝 셋과 테스트 셋의 비율을 85:15일 수 있다.
- [0048] 데이터 정규화부(230)는 데이터 범위를 0.1 내지 0.9 사이의 값으로 정규화하는 유닛이다. 입력되는 데이터마다 변수나 범위가 서로 다르기 때문에 소정 기준을 정해 정규화하는 과정이 필요하다.
- [0049] 검색부(240)는 인공지능을 구성하는 하이퍼 파라미터(Hyperparameter)에 대한 정확도가 가장 높은 최적 조합을 검색하는 것이다. 하이퍼 파라미터 튜닝작업이라고 할 수 있다. 구체적으로 검색부는 트레이닝 셋을 기반으로 교차검증방법 중 하나인 k-fold validation(교차검증)를 사용하여 학습율(learning rate 값), 레이어(layer) 개수, 은닉층은 몇 개로 구성할지, 각 층마다 노드는 몇 개로 구성할 것인지에 대한 노드 구성(node 개수), 배치 정규화(batch normalization) 여부의 총 4가지 하이퍼 파라미터에 대한 정확도가 높은 최적의 조합을 검색한다.
- [0050] 추출부(250)는, 하이퍼 파라미터 조합을 순서대로 진행하여 최적의 하이퍼 파라미터 조합을 추출한다. 이때 베이시안 최적화(bayesian optimization) 기법이 이용될 수 있다.
- [0051] 이와 같은 구성을 통해 최적의 하이퍼 파라미터들의 조합으로 이루어진 인공지능모델을 생성할 수 있고, 생성된 인공지능모델이 제1 알고리즘 실행부(300) 및 제2 알고리즘 실행부(400)에 제공되어 수지함량 예측과 공정조건 추천을 하게 된다.
- [0053] 도 5는 본 발명에 따른 인공지능모델의 성능 측정결과를 예시한 그래프이다.
- [0054] 테스트 셋 데이터를 이용하여 인공지능모델의 성능을 측정한 결과 예측 결과가 비교적 정확함을 알 수 있다. 도 5는 특정 업체의 토큰프레그 공정데이터를 수집하여 적용하였고, 132개 정도의 적은 양의 데이터를 이용하여 결과이다.
- [0055] 이를 보면 비교적 테스트 셋 데이터가 적었지만 정확한 예측이 가능함을 확인할 수 있었다. 따라서 상기한 인공지능모델을 이용하더라도 수지함량 예측과 공정조건 추천이 가능함을 알 수 있는 것이다.
- [0057] 도 6은 본 발명의 토큰프레그 설비 시스템을 이용한 수지함량 예측과 공정조건 추천과정을 도시한 흐름도이다.
- [0058] 도 6을 살펴보면, 인공지능모델 생성과정(S100), 수지함량 예측과정(S200), 공정조건 추천과정(S300)을 포함하며, 수지함량 예측과 공정조건 추천은 순서에 상관없이 실시될 수 있다.
- [0059] 인공지능모델 생성은 인공지능모델 생성유닛(200)에 의해 실시된다.
- [0060] 알려진 바와 같이 토큰프레그 설비 시스템(10)은 보강섬유를 수지에 함침하여 일정 두께로 코팅하여 토큰프레그를 생산하는데, 토큰프레그 설비 시스템(10)의 공정조건을 변경하면서 테스트 공정을 실시한다. 공정조건은 토큰프레그 설비 시스템(10)의 블레이드 갭이나, 목표 수지 온도, 센서 수지 온도 등이고, 작업자는 공정조건을 매번 다르게 하여 테스트를 실시한다. 이러한 테스트 공정에 따른 공정조건 및 이에 따른 수지함량 데이터는 데이터베이스화 되어 저장된다.
- [0061] 인공지능모델 생성유닛(200)은 데이터베이스(100)에 저장된 데이터를 이용한다.
- [0062] 먼저 전처리부(210)가 토큰프레그 공정데이터를 전처리한다(S110).
- [0063] 그런 다음 셋 설정부(220)가 전처리 된 데이터를 랜덤하게 트레이닝 셋(training set)과 테스트 셋(test set)으로 구분하고(S120), 데이터 정규화부(230)가 모든 데이터를 정규화한다(S130).
- [0064] 이후 검색부(240)가 하이퍼 파라미터에 대한 정확도가 가장 높은 최적 조합을 검색한다(S140). 이때 검색부는 k-fold validation(교차검증)를 사용하여 4가지 파라미터, 즉 학습율, 레이어 개수, 노드 구성(node 개수), 배치 정규화(batch normalization)에 대한 정확도가 높은 최적의 조합을 검색한다.
- [0065] 추출부(250)는 베이시안 최적화 방법을 이용하여 검색된 하이퍼 파라미터 조합을 추출하고, 인공지능모델을 생

성하도록 한다(S150).

[0067] 본 발명에 따르면 수지함량 예측과정, 공정조건 추천과정은 상기한 인공지능모델을 이용한다.

[0068] 수지함량 예측과정(S200)

[0069] 작업자는 제1 알고리즘 실행부(300)를 통해 작업할 공정조건에 따른 수지함량을 예측할 수 있다. 제1 알고리즘 실행부(300)는, 사용자 인터페이스(UI) 형태로 설계되며, 일련의 단말장치(미도시)에서 작업자가 상기 제1 알고리즘 실행부(300)를 실행하면 공정조건 입력을 위한 입력창이 화면 표시된다.

[0070] 그래서 작업자가 입력창에 공정조건을 입력하면, 제1 알고리즘 실행부(300)는 상기 인공지능모델과 협력하여 상기 공정조건에 대응하는 수지함량 정보를 출력한다. 수지함량의 예측 화면은 도 7에 도시하였다. 즉 화면 좌측의 입력창에 목표 수지 온도, 센서 수지 온도, 블레이드 갭 정보를 입력하고 실행하면 화면 우측의 하단에 수지함량을 예측하여 표시하고 있다.

[0071] 이렇게 공정조건 입력만으로 수지함량 정보를 빠르게 확인할 수 있다.

[0072] 공정조건 추천과정(S300)

[0073] 작업자는 제2 알고리즘 실행부(400)를 통해 생산할 토우프레그에 함침되어야 할 수지함량 정보를 이용하여 공정조건을 추천받을 수 있다. 제1 알고리즘 실행부(300)와 마찬가지로 제2 알고리즘 실행부(400) 역시 사용자 인터페이스(UI) 형태로 설계되며, 일련의 단말장치에서 작업자가 상기 제2 알고리즘 실행부(400)를 실행하면 수지함량 정보 입력을 위한 입력창이 화면 표시된다.

[0074] 그래서 작업자가 입력창에 수지함량을 입력하면, 제2 알고리즘 실행부(200)는 무작위로 생성된 대량의 입력 데이터를 상기 인공지능모델이 학습하여 도 8에 도시한 바와 같이 상기 수지함량 정보에 대응하는 공정조건을 추천한다. 즉 도 8를 보면 화면 우측 하단에 총 10개의 공정조건들이 추천되어 표시되고 있다.

[0076] 한편, 추천되는 공정조건들은 적어도 하나 이상일 수 있고, 복수 개의 공정조건이 추천될 경우 작업자는 수지함량에 가장 최적의 하나의 공정조건을 선택할 수 있다. 이 경우 복수 개의 공정조건 별로 작업 시간 등의 정보를 예측하여 제공할 수 있고, 이에 작업자는 동일한 조건에서 최적의 공정조건을 쉽게 선택하는 것이 가능하다.

[0077] 이렇게 선택된 공정조건에 의해 고객사가 요청한 함량대로 수지가 함침된 토우프레그를 생산할 수 있다. 종래에 고객사가 요청한 수지함량을 맞추기 위해 작업자가 공정조건을 결정하여 수행하는 것에 비해 간단하게 토우 프레그를 생산할 수 있는 것이다.

[0078] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은 토우프레그의 공정조건과 그에 상응하는 품질결과 데이터인 수지 함량정보의 연결고리를 인공지능모델을 통해 학습하고, 학습된 인공지능모델을 이용하여 공정조건이나 수지함량 정보를 입력하는 것만으로 수지 함량을 예측하거나 공정조건을 추천받을 수 있어 생산성 향상 및 품질검사 비용을 절약할 수 있게 됨을 알 수 있다.

[0080] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 타 실시 예들이 가능하다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적인 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0082] 10: 본 발명의 설비 시스템

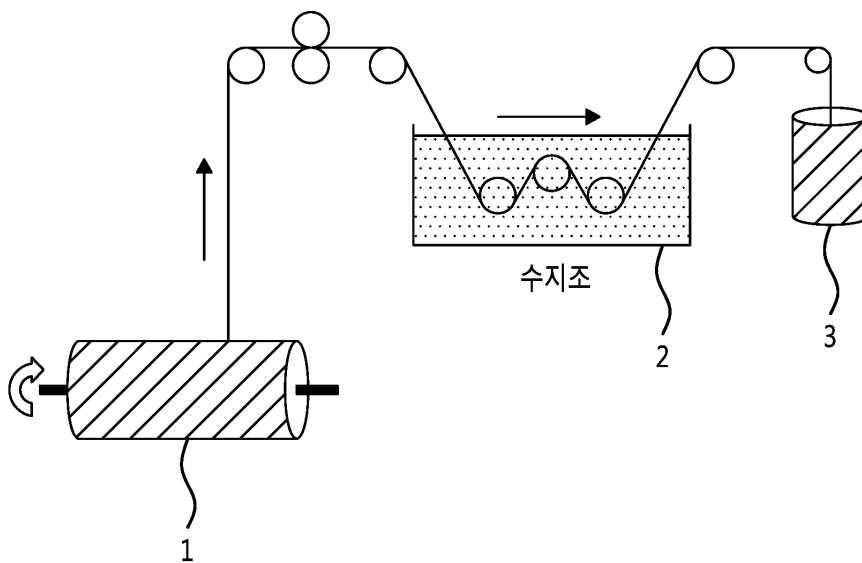
100: DB

200: 인공지능모델 생성유닛

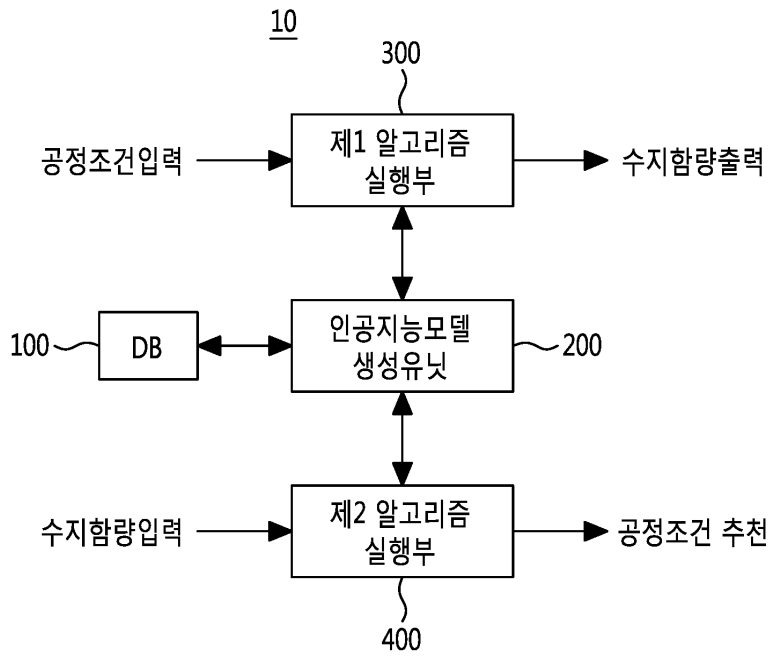
- 210: 전처리부
- 220: 셋 설정부
- 230: 데이터 정규화부
- 240: 검색부
- 250: 추출부
- 300: 제1 알고리즘 실행부
- 400: 제2 알고리즘 실행부

도면

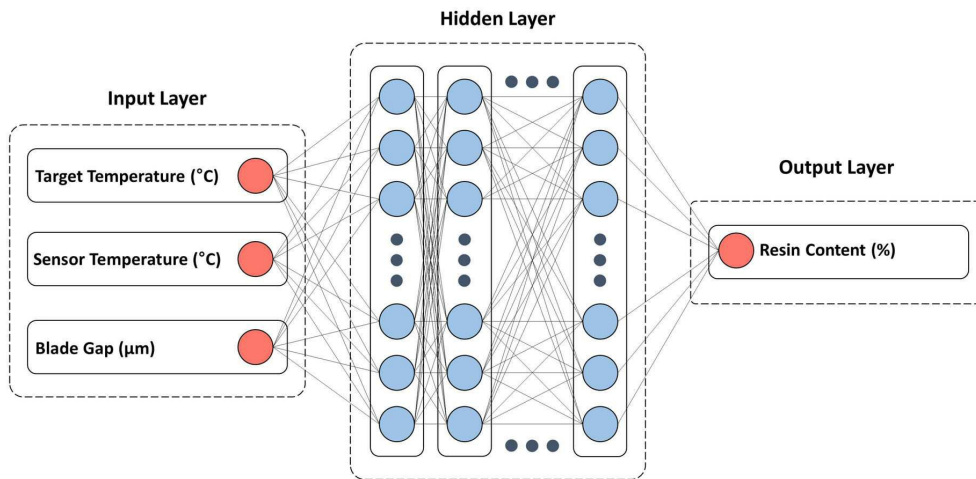
도면1



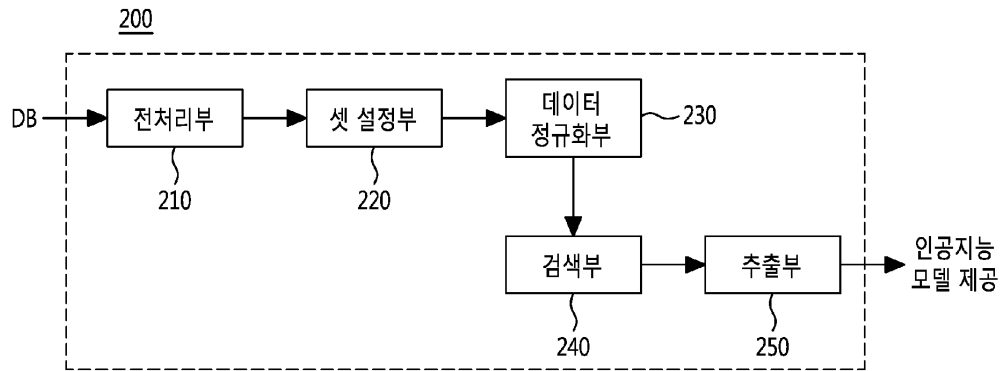
도면2



도면3

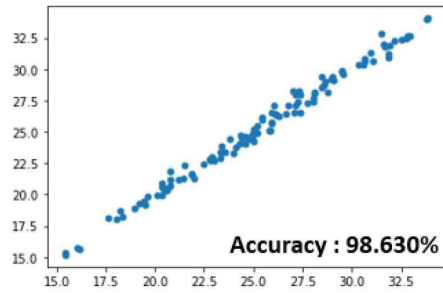
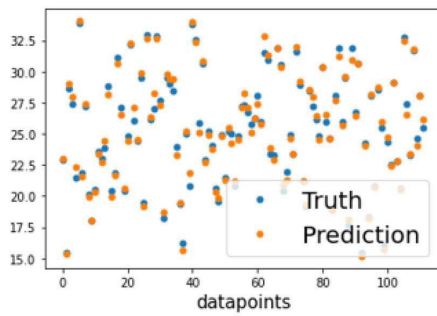


도면4

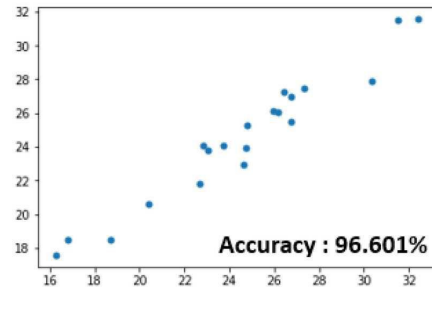
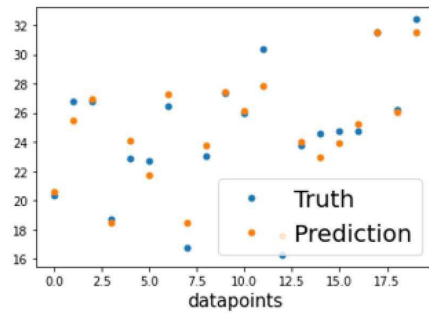


도면5

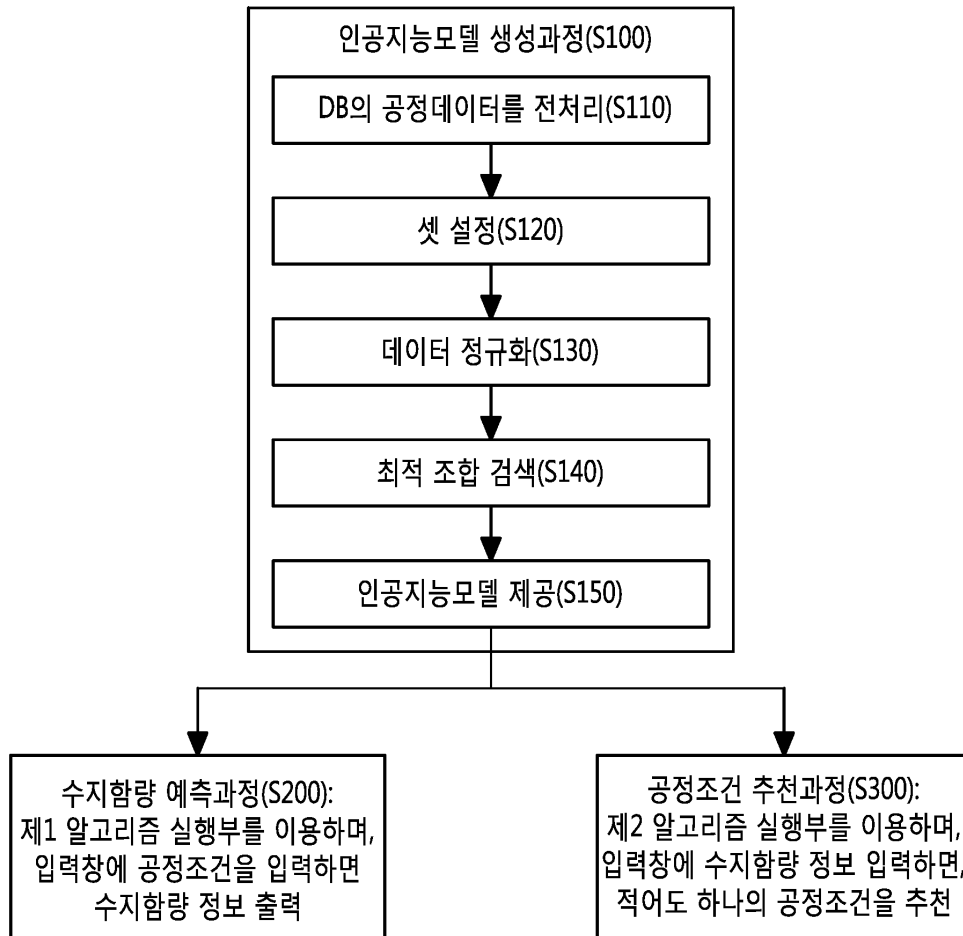
Training Set



Test Set



도면6



도면7

[IMM_LAB] Towpreg_Estimation

Load A.I Model File
Model:DNN_Tow2_all_M3_39...

Target Temp
Temp[°C]: 45

Sensor Temp
Temp[°C]: 50

Blade Gap
Gap[μm]: 380

Start Estimation

Towpreg [Resin Content] Estimation

	Target_Temp	Sensor_Temp	Blade_Gap
Input	45.0 [°C]	50.0 [°C]	380.0 [μm]

Resin Content: 26.97 %

도면8

