(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0082346
(43) 공개일자 2023년06월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/00 (2017.01) *G06N 3/04* (2023.01)
G06T 3/40 (2006.01) *G06T 5/00* (2019.01)
G06T 7/11 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G06T 7/0004 (2013.01)
G06N 3/045 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2021-0170176
(22) 출원일자 2021년12월01일
심사청구일자 2021년12월01일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
명화공업주식회사
서울특별시 금천구 두산로 55
(72) 발명자
이상근
경기도 하남시 덕풍서로 65, 503동 103호(덕풍동, 하남풍산아이파크5단지)
정병길
경기도 수원시 영통구 웰빙타운로 70, 8704동 1102호(이의동, 광교 호반베르디움)
유희곤
경기도 안산시 상록구 광덕4로 460, 514동 102호(사동, 푸른마을5단지)
(74) 대리인
특허법인태백

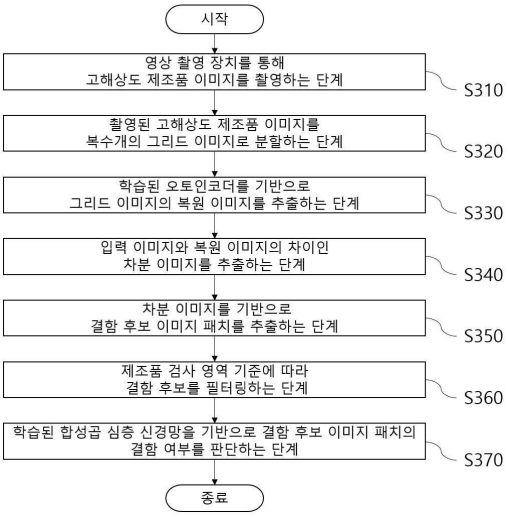
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 **오토인코더 및 합성곱 심층 신경망을 활용한 고해상도 영상 기반 제조품 결함 탐지 방법**

(57) 요 약

본 발명은 오토인코더 및 합성곱 심층 신경망을 활용한 고해상도 영상 기반 제조품 결함 탐지 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 영상 촬영 장치를 통해 촬영된 고해상도 제조품 이미지를 복수개의 그리드 이미지로 분할하는 단계; 기 학습된 오토인코더를 기반으로 상기 복수개의 그리드 이미지의 복원 이미지를 추출하는 단계; 상기 복원 이미지와 상기 그리드 이미지의 차이 연산을 통해 차분 이미지를 추출하는 단계; 상기 차분 이미지를 기반으로 결함 후보 이미지 패치를 추출하는 단계; 상기 결함 후보 이미지 패치에서 결함 후보를 필터링하는 단계; 및 기 학습된 합성곱 심층 신경망을 기반으로 필터링된 결함 후보 이미지 패치의 결함 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
G06T 3/4046 (2013.01)
G06T 5/002 (2023.01)
G06T 7/11 (2017.01)
G06T 2207/20084 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

영상 촬영 장치를 통해 촬영된 고해상도 제조품 이미지를 복수개의 그리드 이미지로 분할하는 단계;

기 학습된 오토인코더를 기반으로 상기 복수개의 그리드 이미지의 복원 이미지를 추출하는 단계;

상기 복원 이미지와 상기 그리드 이미지의 차이 연산을 통해 차분 이미지를 추출하는 단계;

상기 차분 이미지를 기반으로 결함 후보 이미지 패치를 추출하는 단계;

상기 결함 후보 이미지 패치에서 결함 후보를 필터링하는 단계; 및

기 학습된 합성곱 심층 신경망을 기반으로 필터링된 결함 후보 이미지 패치의 결함 여부를 판단하는 단계를 포함하는 오토인코더 및 합성곱 심층 신경망을 활용한 고해상도 영상 기반 제조품 결함 탐지 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 결함 후보 이미지 패치를 추출하는 단계는,

상기 차분 이미지에서 결함 후보 화소들을 추출하고, 추출된 상기 결함 후보 화소들을 기반으로 결함 후보 이미지 패치를 추출하는 오토인코더 및 합성곱 심층 신경망을 활용한 고해상도 영상 기반 제조품 결함 탐지 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

차분 이미지로부터 기 설정된 임계값을 이용하여 상기 결함 후보 화소들을 추출하거나, 화소 강도에 따라서 화소 강도가 높은 상위 N개(N은 자연수)의 화소들을 상기 결함 후보 화소로 추출하는 오토인코더 및 합성곱 심층 신경망을 활용한 고해상도 영상 기반 제조품 결함 탐지 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 결함 후보를 필터링하는 단계는,

상기 결함 후보 이미지 패치에서 인접한 화소 간의 수치를 비교하거나, 검사 영역 별 결함 크기 또는 결함 후보의 통계적 특성을 기 저장된 기준과 비교하여 상기 결함 후보를 필터링하는 오토인코더 및 합성곱 심층 신경망을 활용한 고해상도 영상 기반 제조품 결함 탐지 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 오토인코더 및 합성곱 심층 신경망을 활용한 고해상도 영상 기반 제조품 결함 탐지 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게 설명하면 제조품의 품질 개선을 위한 영상 기반 결함 탐지 기술에 있어서 오토인코더를 활용하여 제조품 이미지의 결함 후보를 검출하고, 합성곱 심층 신경망을 활용하여 검출된 결함 후보의 결함 여부를 판단하는 오토인코더 및 합성곱 심층 신경망을 활용한 고해상도 영상 기반 제조품 결함 탐지 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 카메라 등과 같은 영상 촬영 장치를 통해 촬영한 제조품의 이미지를 기반으로 결함 탐지를 수행하는 방식이 널리 수행되고 있다. 이러한 영상 기반 결함 탐지는 주로 이미지 인식 기술, 인공지능 기술 등에 의해 수행

될 수 있다.

[0003] 그러나, 종래의 인공지능 기술을 이용한 영상 기반 제조품 결함 탐지 기법은 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.

[0004] 첫째, 제조품 결함 탐지에 있어 정상 데이터에 비해 비정상 데이터가 부족한 상황인 클래스 불균형 문제는 매우 빈번하다. 또한, 동일한 제조품이라도 촬영 위치에 따라 데이터 양이 각각 다른 경우가 많으며, 이는 곧 데이터 불균형 문제로 이어진다. 이러한 문제들은 종래의 인공지능 기술을 이용한 영상 기반 제조품 결함 탐지 기법의 성능을 떨어뜨리는 원인이 된다.

[0005] 둘째, 고해상도 제조품 이미지의 경우 결함 화소의 개수는 제조품 이미지의 전체 화소의 개수와 비교했을 때 극히 일부의 비율로 존재한다. 따라서 심층 신경망 기반의 대부분의 종래 기술들은 고해상도 이미지를 기반으로 학습을 진행할 시 모델이 학습 데이터 세트에 대해 쉽게 과적합될 가능성이 높다는 문제가 있다.

[0006] 셋째, 인공지능 모델 학습에 있어서 고해상도 이미지와 같이 방대한 양의 특징을 가진 데이터를 학습에 사용할 경우, 매우 빠른 속도로 컴퓨팅 자원의 한계치에 도달할 수 있는 문제가 있다.

[0007] 넷째, 제조 공정에서는 긁힘, 얼룩, 먼지 등의 노이즈가 제조품에 필연적으로 발생한다. 이러한 노이즈와 결함을 정확하게 구분하지 못하면, 결함 탐지시 정상 제품을 결함 제품으로 잘못 판단하는 과탐 문제로 이어질 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 이와 같이 본 발명에 따르면, 제조품의 품질 개선을 위한 영상 기반 결함 탐지 기술에 있어서 오토인코더를 활용하여 제조품 이미지의 결함 후보를 검출하고, 합성곱 심층 신경망을 활용하여 검출된 결함 후보의 결함 여부를 판단하는 오토인코더 및 합성곱 심층 신경망을 활용한 고해상도 영상 기반 제조품 결함 탐지 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면 오토인코더 및 합성곱 심층 신경망을 활용한 고해상도 영상 기반 제조품 결함 탐지 방법에 있어서, 영상 촬영 장치를 통해 촬영된 고해상도 제조품 이미지를 복수개의 그리드 이미지로 분할하는 단계; 기 학습된 오토인코더를 기반으로 상기 복수개의 그리드 이미지의 복원 이미지를 추출하는 단계; 상기 복원 이미지와 상기 그리드 이미지의 차이 연산을 통해 차분 이미지를 추출하는 단계; 상기 차분 이미지를 기반으로 결함 후보 이미지 패치를 추출하는 단계; 상기 결함 후보 이미지 패치에서 결함 후보를 필터링하는 단계; 및 기 학습된 합성곱 심층 신경망을 기반으로 필터링된 결함 후보 이미지 패치의 결함 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

[0010] 상기 결함 후보 이미지 패치를 추출하는 단계는, 상기 차분 이미지에서 결함 후보 화소들을 추출하고, 추출된 상기 결함 후보 화소들을 기반으로 결함 후보 이미지 패치를 추출할 수 있다. 이 경우, 차분 이미지로부터 기 설정된 임계값을 이용하여 상기 결함 후보 화소들을 추출하거나, 화소 강도에 따라서 화소 강도가 높은 상위 N개(N은 자연수)의 화소들을 상기 결함 후보 화소로 추출할 수 있다.

[0011] 상기 결함 후보를 필터링하는 단계는, 상기 결함 후보 이미지 패치에서 인접한 화소 간의 수치를 비교하거나, 검사 영역 별 결함 크기 또는 결함 후보의 통계적 특성을 기 저장된 기준과 비교하여 상기 결함 후보를 필터링할 수 있다.

발명의 효과

[0012] 이와 같이 본 발명에 따르면, 정상 데이터만을 학습에 사용하는 방식의 비지도 학습 이상 탐지 모델 중 하나인 오토인코더를 기반으로 결함 후보 이미지 패치를 추출하여 결함 탐지를 수행함으로써 클래스 불균형 및 데이터 불균형 문제를 해결할 수 있다.

[0013] 또한, 고해상도 이미지로부터 상대적으로 적은 개수의 특징을 가진 결함 후보 이미지 패치를 추출하여 심층 신경망 모델 학습에 사용함으로써 종래 기술에서 발생할 수 있는 과적합 문제를 해결할 수 있다.

[0014] 또한, 고해상도 이미지의 분할 및 결함 후보 이미지 패치의 추출을 통해 모델이 학습해야 할 특징의 개수를 현

저히 줄임으로써 컴퓨팅 자원의 과다 점유 문제를 해결할 수 있다.

[0015] 더 나아가, 비지도 학습 기반 이상 탐지 모델을 통해 추출된 결함 후보 이미지 패치를 지도 학습 기반 분류 모델에 사용함으로써 결함 탐지의 성능을 증대시킬 수 있고, 결함 후보 이미지 패치를 제품의 검사 영역의 결함 조건과 비교하는 필터링 작업을 통해 과탐 문제를 해결할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 제조품의 결함 탐지를 위한 검사 장비를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 오토인코더 및 합성곱 심층 신경망을 활용한 고해상도 영상 기반 제조품 결함 탐지 방법에서 학습 과정의 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 오토인코더 및 합성곱 심층 신경망을 활용한 고해상도 영상 기반 제조품 결함 탐지 방법에서 추론 과정의 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따라 고해상도 제조품 이미지를 복수개의 그리드 이미지로 분할하는 단계를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 오토인코더를 활용하여 고해상도 제조품 이미지의 차분 이미지를 추출하는 단계를 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 차분 이미지를 기반으로 결함 후보 이미지 패치를 추출하고 합성곱 심층 신경망을 기반으로 결함 후보 이미지 패치의 결함 여부를 판단하는 단계를 설명하기 위한 도면이다.

도 7 내지 도 9는 본 발명의 일 실시 예를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다.

[0018] 또한 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0019] 도 1은 제조품의 결함 탐지를 위한 검사 장비를 설명하기 위한 도면이다.

[0020] 도 1을 참조하면, 검사 대상이 되는 제조품은 투입부(110)를 통해 검사 장비로 투입될 수 있다. 투입부(110)는 예를 들어 바코드 스캐너를 통해 제조품에 부착된 바코드를 인식하여 검사 대상 제조품을 식별하고, 컨베이어 벨트를 통해 제조품을 촬영부(120)로 이동시킬 수 있다. 투입부(110)에서 식별된 검사 대상 제조품의 식별 정보는 검사 장비의 각 공정에서 생성된 데이터와 연계되어 관리 및 저장될 수 있다.

[0021] 촬영부(120)는 투입부(110)를 통해 이동된 제조품의 영상을 촬영할 수 있다. 촬영부(120)는 예를 들어 제조품의 영상을 촬영하는 카메라, 영상의 밝기 조절을 위한 조명 등을 포함하여 구성되며, PLC(150)의 제어 신호에 따라 제조품의 영상을 촬영하여 저장할 수 있다. 이 경우, 촬영부(120)는 제조품을 이동, 반전 또는 회전시키는 수단을 추가로 구비하고, 이를 통해 제조품의 위치 및 방향을 조절하여 제조품의 원하는 표면을 촬영하고, 촬영된 이미지를 Edge PC(140)에 저장할 수 있다.

[0022] 판정부(130)는 검사 대상 제조품의 판정 결과를 기초로 제조품을 양품 또는 불량으로 분기하여 출력할 수 있다. 이를 위해, 인공지능 모델은 촬영부(120)에 의해 촬영된 이미지를 입력 받아서 제조품의 정상 및 결함 유무를 판정할 수 있고, 판정 결과는 해당 제조품의 식별 정보와 함께 Edge PC(140)에 저장될 수 있다. 이에 따라, 판정부(130)는 컨베이어 벨트를 통해 이동되는 제조품을 바코드 스캐너를 통해 식별하고 식별된 제조품의 판정 결과를 조회하여 제조품을 양품 또는 불량으로 분기할 수 있다.

[0023] 본 발명의 실시예에 따르면, 제조품의 정상 및 결함 유무를 판정하기 위한 인공지능 모델은 비지도 학습 기반 이상 탐지 모델과 지도 학습 기반 분류 모델이 결합된 모델일 수 있다.

[0024] 예를 들어, 비지도 학습 이상 탐지 모델 중 하나인 오토인코더를 기반으로 결함 후보 이미지 패치를 추출하고, 지도 학습 기반 분류 모델 중 하나인 합성곱 심층 신경망을 기반으로 결함 후보 이미지 패치의 결함 여부를 판

단하도록 구성될 수 있다.

[0025] 여기서, 오토인코더는 입력 데이터와 출력 데이터의 크기가 동일한 심층 신경망을 의미하며, 주로 고차원의 입력 데이터에서 저차원의 표현을 학습하기 위해 사용된다. 오토인코더는 입력 데이터를 받아들이는 입력층, 고차원의 입력 데이터로부터 저차원의 잠재 벡터가 도출되도록 연산을 수행하는 인코더, 도출된 잠재 벡터로부터 복원 데이터를 생성하는 디코더, 및 입력 데이터와 동일한 크기를 가진 출력 데이터를 도출하는 출력층으로 구성될 수 있다. 본 발명에 따르면, 오토인코더는 정상 데이터의 주요 특징을 학습하여 입력 데이터를 정상 데이터와 유사하게 복원할 수 있다. 이러한 오토인코더는 각 제조품 이미지의 그리드 이미지 개수만큼 구비될 수 있다.

[0026] 한편, 합성곱 심층 신경망은 시각적 영상을 분석하기 위해 주로 사용되는 심층 신경망의 한 종류로서, 입력 벡터를 받아들이는 입력층, 이전 신경망의 출력값과 현재 신경망 가중치의 합성곱 연산을 수행하는 은닉층, 및 각 신경망으로부터 계산된 최종 출력값을 도출하는 출력층으로 구성될 수 있으며, 입력 벡터와 현재 신경망 가중치의 합성곱 연산을 통해 입력의 특징을 학습할 수 있다. 이러한 합성곱 심층 신경망은 정상 이미지 및 결함 이미지가 가지는 패턴의 학습을 통해서 결함 탐지를 수행하기 위해 사용된다.

[0027] 이하, 도 2 내지 도 9를 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 인공지능 모델의 학습 및 추론 방법과 이의 실시예에 대해 구체적으로 설명한다.

[0028] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 오토인코더 및 합성곱 심층 신경망을 활용한 고해상도 영상 기반 제조품 결함 탐지 방법에서 학습 과정의 흐름도이다.

[0029] 도 2를 참조하면, 우선 모델 학습을 위한 데이터 세트의 생성을 위해서 고해상도 정상 제조품 이미지를 복수개의 그리드 이미지로 분할한다(S210).

[0030] 여기서, 고해상도는 FHD(Full High-Definition) 해상도의 규격인 1920 x 1080 화소 이상의 해상도를 의미하는 것이다. 고해상도의 제조품 이미지는 영상 촬영 장치에 의해 촬영될 수 있으며, 예를 들어 jpg, png, bmp 등의 이미지 파일 형식으로 저장된 데이터로, 화소값은 일반적인 화소값인 0과 255 사이의 값을 가질 수 있다. 또한, 제조품의 모든 검사 영역을 촬영하기 위해 복수개의 영상 촬영 장치를 이용하여 다양한 각도에서 제조품의 영상을 촬영하고 이를 이용할 수 있다.

[0031] 또한, 그리드 이미지는 입력된 이미지로부터 격자 모양으로 분할된 작은 이미지들을 의미하는 것이다. 그리드 이미지의 해상도는 고해상도 정상 제조품 이미지의 해상도에 따라 256 x 256, 512 x 512 등과 같은 다양한 값을 가질 수 있으며, 컴퓨팅 자원의 상황 및 결함 탐지 성능에 따라 유동적으로 조정될 수 있다. 또한, 그리드 이미지는 제조품 이미지의 모든 검사 영역을 포함할 수 있다.

[0032] 모든 제조품 이미지에 대해 그리드 분할을 수행한 후, 복수개의 그리드 이미지들을 활용해 오토인코더 학습을 위한 데이터 세트를 생성한다(S220). 본 발명의 실시예에서 사용되는 오토인코더는 정상 데이터의 특징을 학습하여 복원 데이터를 생성하기 위한 비지도 학습 기반 모델이므로 정상 데이터만을 사용하여 오토인코더 학습을 위한 데이터 세트인 그리드 이미지를 생성한다.

[0033] 이후, 생성된 데이터 세트를 이용하여 오토인코더의 학습을 수행한다(S230).

[0034] 이후, 학습된 오토인코더를 기반으로 입력된 그리드 이미지에서 결함 후보 이미지 패치를 추출하고(S240). 추출된 결함 후보 이미지 패치를 활용해 합성곱 심층 신경망 학습을 위한 데이터 세트를 생성한다(S250). 본 발명의 실시예에서 사용되는 합성곱 심층 신경망은 지도 학습 기반 분류 모델이므로 학습을 위해서는 정상 데이터와 결함 데이터가 모두 필요하다. 따라서, 정상 이미지 패치 데이터는 정상 그리드 이미지로부터 추출할 수 있고, 결함 후보 이미지 패치 데이터는 비정상 그리드 이미지로부터 추출된 결함 후보 화소로부터 추출하거나, 획득한 결함 좌표를 중심으로 인접한 화소를 잘라내어 추출할 수 있다. 이와 같이 추출한 정상 이미지 패치 및 결함 후보 이미지 패치는 합성곱 심층 신경망 학습을 위한 데이터 세트로 사용된다.

[0035] 이후, 생성된 데이터 세트를 이용하여 합성곱 심층 신경망의 학습을 수행한다(S260).

[0036] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 오토인코더 및 합성곱 심층 신경망을 활용한 고해상도 영상 기반 제조품 결함 탐지 방법에서 추론 과정의 흐름도이다.

[0037] 도 3을 참조하면, 우선 영상 촬영 장치를 통해 고해상도 제조품 이미지를 촬영하고(S310), 촬영된 고해상도 제조품 이미지를 복수개의 그리드 이미지로 분할한다(S320).

[0038] 도 4는 본 발명의 실시예에 따라 고해상도 제조품 이미지를 복수개의 그리드 이미지로 분할하는 단계를 설명하기 위한 도면이다.

[0039] 도 4를 참조하면, 좌측에 도시된 바와 같은 고해상도 제조품 이미지가 입력 이미지로서 입력되면, 이를 기 설정된 해상도를 갖는 복수개의 그리드 이미지로 분할하여 복수개의 분할된 제조품 이미지, 즉 그리드 이미지를 획득할 수 있다.

[0040] 이후, 기 학습된 오토인코더를 기반으로 그리드 이미지의 복원 이미지를 추출하고(S330), 입력 이미지와 복원 이미지의 차이인 차분 이미지를 추출한다(S340). 여기서, 복원 이미지는 심층 신경망으로 구성된 오토인코더 기반의 생성 모델을 통해 입력 이미지(즉, 그리드 이미지)로부터 도출된 이미지를 의미하는 것으로, 생성 모델의 가중치와 입력 이미지로부터 계산된 값이므로 0과 255 사이의 값을 가지지 않을 수 있다. 또한, 차분 이미지는 입력 이미지와 복원 이미지의 차이를 연산하여 도출된 이미지를 의미하는 것으로, 차분 이미지의 각 화소는 입력 이미지와 복원 이미지의 차이 연산으로 계산될 수 있는 양수값, 음수값, 또는 절대값을 포함할 수 있다. 또한, 차분 이미지의 화소값은 입력 이미지와 복원 이미지의 차이로부터 비롯된 값이므로 수치를 절대값으로 환산한 경우 0과 255 사이의 값을 가지지 않을 수 있다.

[0041] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 오토인코더를 활용하여 고해상도 제조품 이미지의 차분 이미지를 추출하는 단계를 설명하기 위한 도면이다.

[0042] 도 5를 참조하면, 복수개의 영상 촬영 장치에 의해 촬영된 복수개의 고해상도 제조품 이미지는 각각 복수개의 그리드 이미지로 분할되어 오토인코더로 입력된다. 기 학습된 오토인코더는 입력 이미지로부터 노이즈 및 결함이 포함되지 않은 복원 이미지를 추출할 수 있다. 복원 이미지와 입력 이미지의 차이 연산을 통해 차분 이미지를 추출하며, 차분 이미지에는 노이즈 및 실제 결함 화소들이 포함될 수 있다.

[0043] 이후, 차분 이미지를 기반으로 결함 후보 이미지 패치를 추출하고(S350), 제조품 검사 영역 기준에 따라 결함 후보를 필터링한 후(S360), 학습된 합성곱 심층 신경망을 기반으로 결함 후보 이미지 패치의 결함 여부를 판단한다(S370).

[0044] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 차분 이미지를 기반으로 결함 후보 이미지 패치를 추출하고 합성곱 심층 신경망을 기반으로 결함 후보 이미지 패치의 결함 여부를 판단하는 단계를 설명하기 위한 도면이다.

[0045] 도 6을 참조하면, 우선 차분 이미지를 기반으로 결함 탐지에 활용될 가능성이 높은 화소들인 결함 후보 화소들을 추출한다. 여기서, 결함 후보 화소들은 차분 이미지로부터 추출한 화소들로서, 결함 탐지에 활용될 가능성이 높은 최적의 화소들을 의미한다. 결함 후보 화소는 화소 자체를 의미함과 동시에, 화소의 절대 좌표 정보나, 화소 강도 등 화소가 가질 수 있는 특성 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 차분 이미지로부터 기 설정된 임계값을 이용하여 결함 후보 화소들을 추출하거나, 화소 강도에 따라서 화소 강도가 높은 상위 N개(N은 자연수)의 화소를 결함 후보 화소로 추출하는 방법 등에 따라 결함 후보 화소들을 추출할 수 있다.

[0046] 다음으로, 추출된 결함 후보 화소들을 기반으로 결함 후보 이미지 패치를 추출할 수 있다. 여기서, 결함 후보 이미지 패치는 결함 후보 화소의 좌표를 기준으로 인접한 입력 이미지 및 차분 이미지의 일부 화소들을 추출한 이미지를 의미한다. 다시 말해, 결함 후보 이미지 패치는 예를 들어 64 x 64, 128 x 128 등과 같이 작은 크기의 이미지로, 입력 이미지보다 상대적으로 적은 개수의 화소로 구성된다. 예를 들어, 결함 후보 화소들은 화소 강도, 좌표 정보 등을 포함하고 있으므로, 좌표 정보를 이용하여 입력 이미지 및 차분 이미지에서 결함 후보 화소에 인접한 주변 화소들을 추출하여 결함 후보 이미지 패치를 생성할 수 있다. 이와 같이 입력 이미지 및 차분 이미지로부터 결함 후보 이미지 패치를 추출함으로써 고해상도 제조품 이미지의 고차원성을 줄일 수 있다.

[0047] 상술한 바에 따라 생성한 결함 후보 이미지 패치는 노이즈와 실제 결함이 혼재해 있을 가능성이 높으므로 이를 분리해 주기 위해 제조품 검사 영역 기준에 따라 결함 후보를 필터링 하는 작업을 수행할 수 있다. 예를 들어, 인접한 화소 간의 수치를 비교하거나, 검사 영역 별 결함 크기, 결함 후보의 통계적 특성 등을 비교함으로써 결함 후보를 필터링할 수 있다.

[0048] 이후, 합성곱 심층 신경망은 합성곱 연산을 통해 필터링이 수행된 결함 후보 이미지 패치의 결함 여부를 판단할 수 있다. 예를 들어, 합성곱 심층 신경망의 입력 벡터로 변환된 결함 후보 이미지 패치는 은닉층의 합성곱 연산을 통해 소프트맥스 출력값이 도출되며, 소프트맥스 출력값은 기 설정된 임계값을 기초로 정상 혹은 결함 범례로 변환할 수 있고, 이를 기반으로 결함 여부를 추론할 수 있다.

[0049] 도 3을 참조하여 상술한 과정은 영상 촬영 장치에 의해 촬영된 모든 제조품 이미지에 대해 동일하게 수행될 수

있으며, 하나의 제조품에 대해 촬영된 모든 이미지에 대해 정상으로 추론된 경우, 해당 제조품은 결함이 없는 정상 제조품으로 판단할 수 있다.

[0050] 도 2 및 도 3을 참조하여 상술한 본 발명에 따른 방법은 입력된 이미지 데이터를 기초로 인공지능 모델의 학습 및 추론이 가능한 프로세싱 장치에 의해 수행될 수 있다.

[0051] 도 7 내지 도 9는 본 발명의 일 실시 예를 설명하기 위한 도면이다.

[0052] 도 7 내지 도 9를 참조하면, 우선 도 7에 도시된 바와 같이 고해상도 제조품 이미지가 입력되면 이를 복수개의 그리드 이미지로 분할할 수 있다.

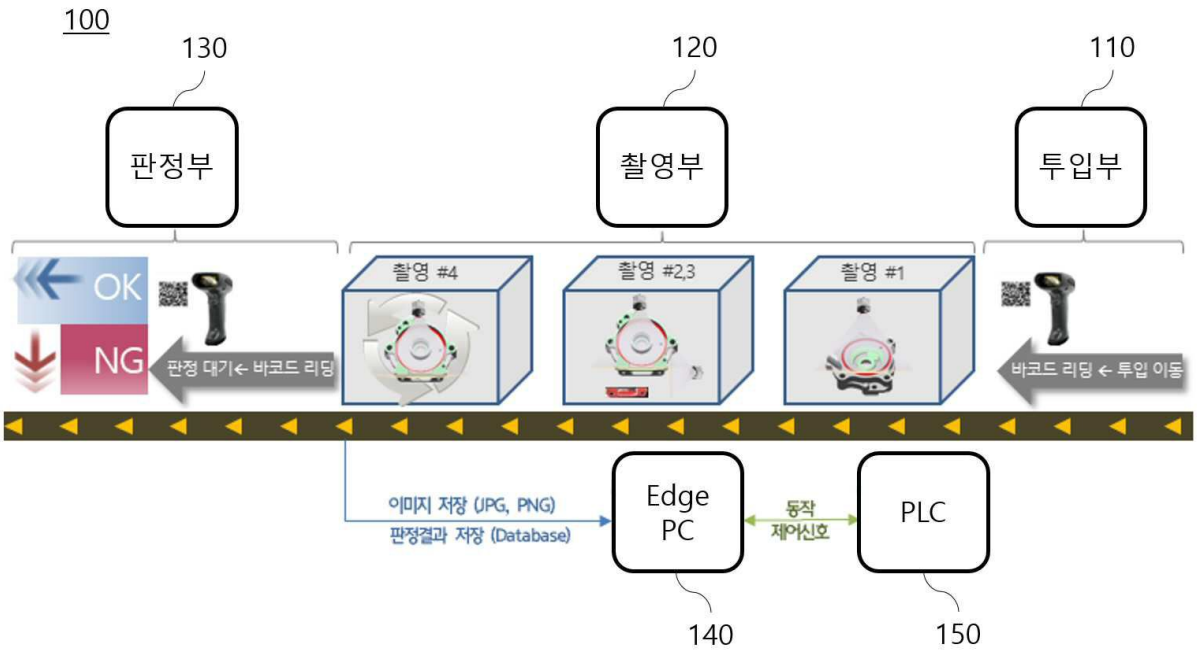
[0053] 이후, 도 8에 도시된 바와 같이 학습된 오토인코더를 기반으로 각 그리드 이미지에 대한 차분 이미지를 추출하고 이를 기반으로 결함 후보 이미지 패치를 추출한 후 합성곱 심층 신경망 학습을 통해서 결함 여부를 판단할 수 있다.

[0054] 도 9는 본 발명의 실시예에 따라 결함 탐지를 수행한 경우의 최종 결과물의 예시로서, 우측에 도시된 결함 탐지 결과 이미지에서 흰색 사각형은 분할된 그리드의 영역을 나타내고, 파란색 사각형은 결함 후보 이미지 패치를 나타내고, 초록색 사각형은 결함 후보 필터링에 따라 결함 후보로 걸러진 이미지 패치를 나타내며, 붉은색 사각형은 결함으로 최종 판정된 이미지 패치를 나타내는 것이다.

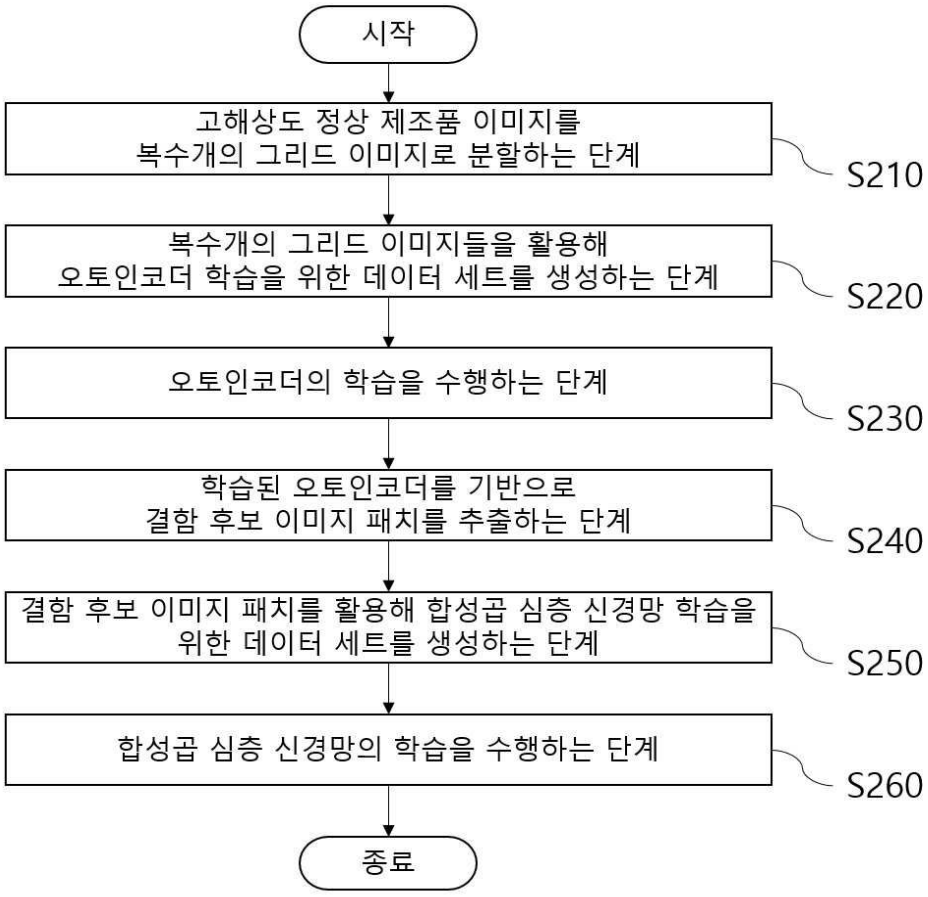
[0055] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

도면

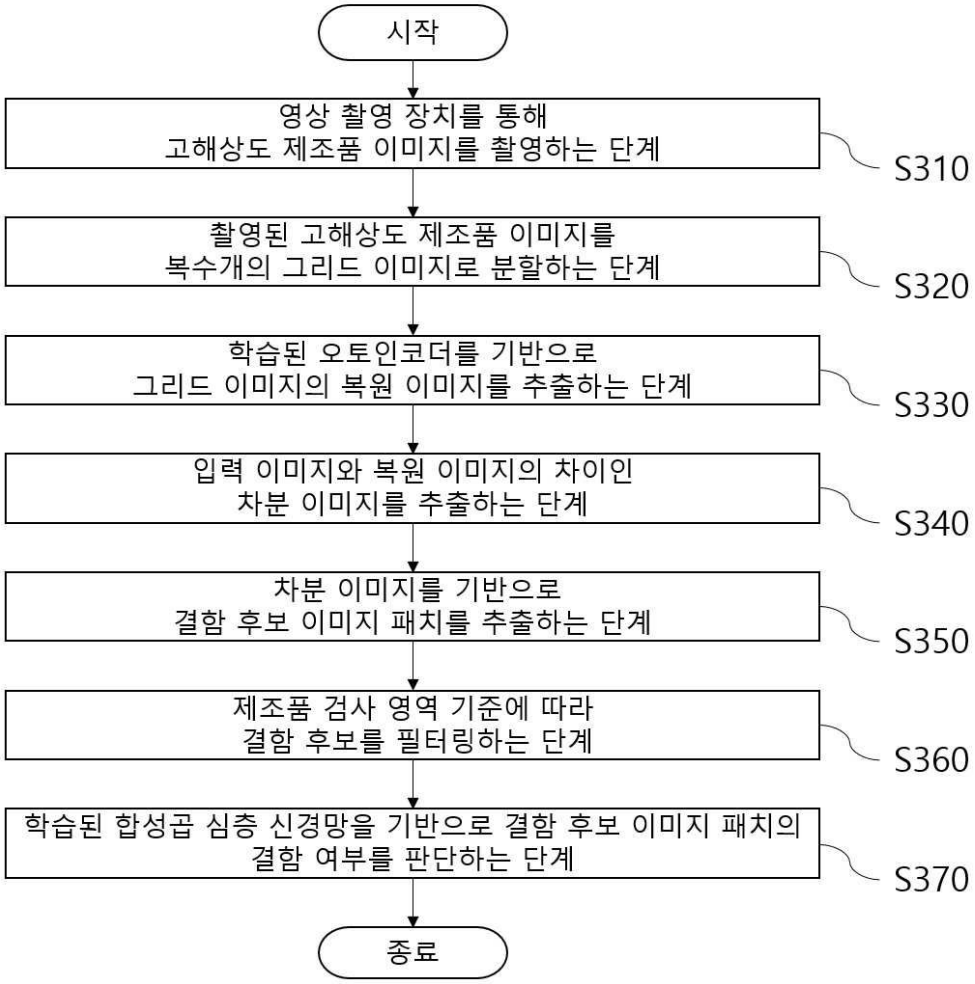
도면1



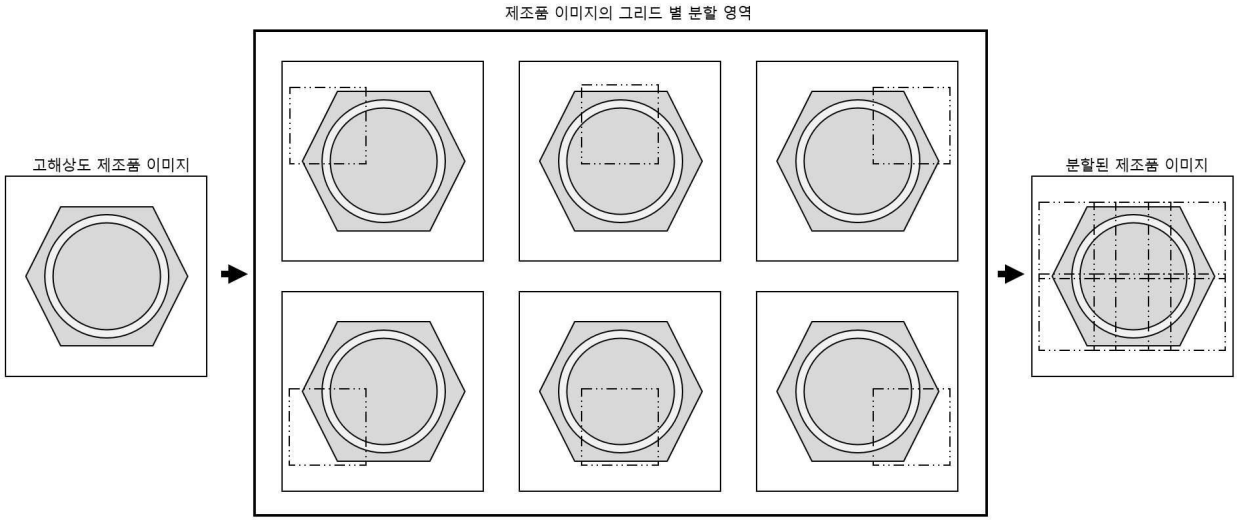
도면2


시작
고해상도 정상 제조품 이미지를
복수개의 그리드 이미지로 분할하는 단계
S210
복수개의 그리드 이미지들을 활용해
오토인코더 학습을 위한 데이터 세트를 생성하는 단계
S220
오토인코더의 학습을 수행하는 단계
S230
학습된 오토인코더를 기반으로
결함 후보 이미지 패치를 추출하는 단계
S240
결함 후보 이미지 패치를 활용해 합성곱 심층 신경망 학습을
위한 데이터 세트를 생성하는 단계
S250
합성곱 심층 신경망의 학습을 수행하는 단계
S260
종료

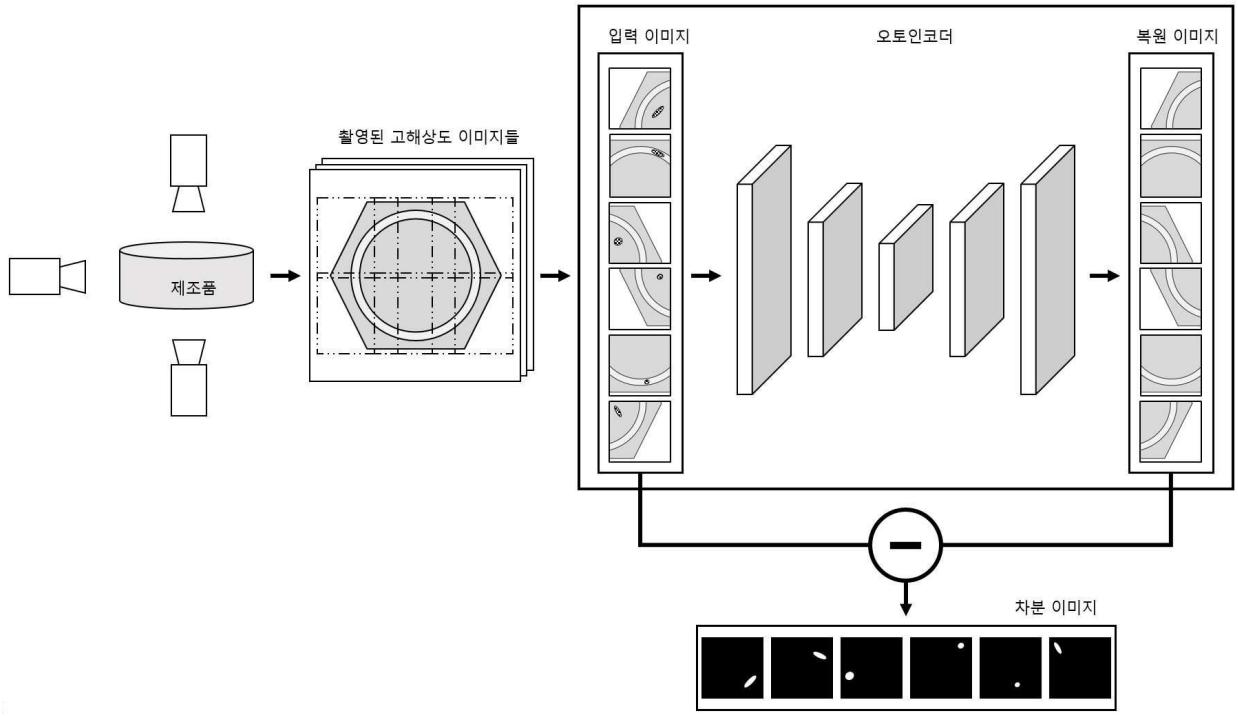
도면3


시작
영상 촬영 장치를 통해
고해상도 제조품 이미지를 촬영하는 단계
S310
촬영된 고해상도 제조품 이미지를
복수개의 그리드 이미지로 분할하는 단계
S320
학습된 오토인코더를 기반으로
그리드 이미지의 복원 이미지를 추출하는 단계
S330
입력 이미지와 복원 이미지의 차이인
차분 이미지를 추출하는 단계
S340
차분 이미지를 기반으로
결함 후보 이미지 패치를 추출하는 단계
S350
제조품 검사 영역 기준에 따라
결함 후보를 필터링하는 단계
S360
학습된 합성곱 심층 신경망을 기반으로 결함 후보 이미지 패치의
결함 여부를 판단하는 단계
S370
종료

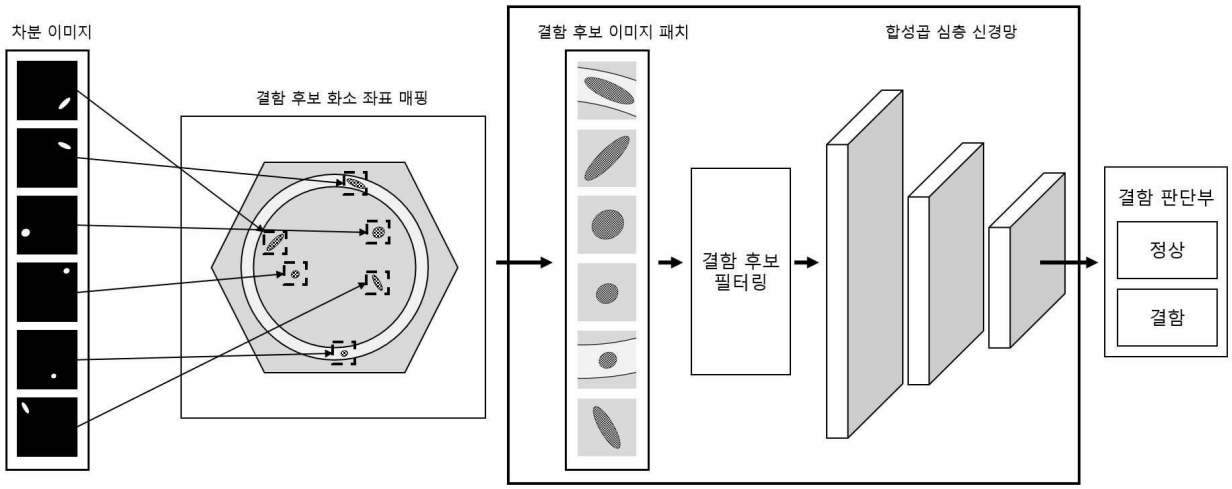
도면4


제조품 이미지의 그리드 별 분할 영역
고해상도 제조품 이미지
분할된 제조품 이미지

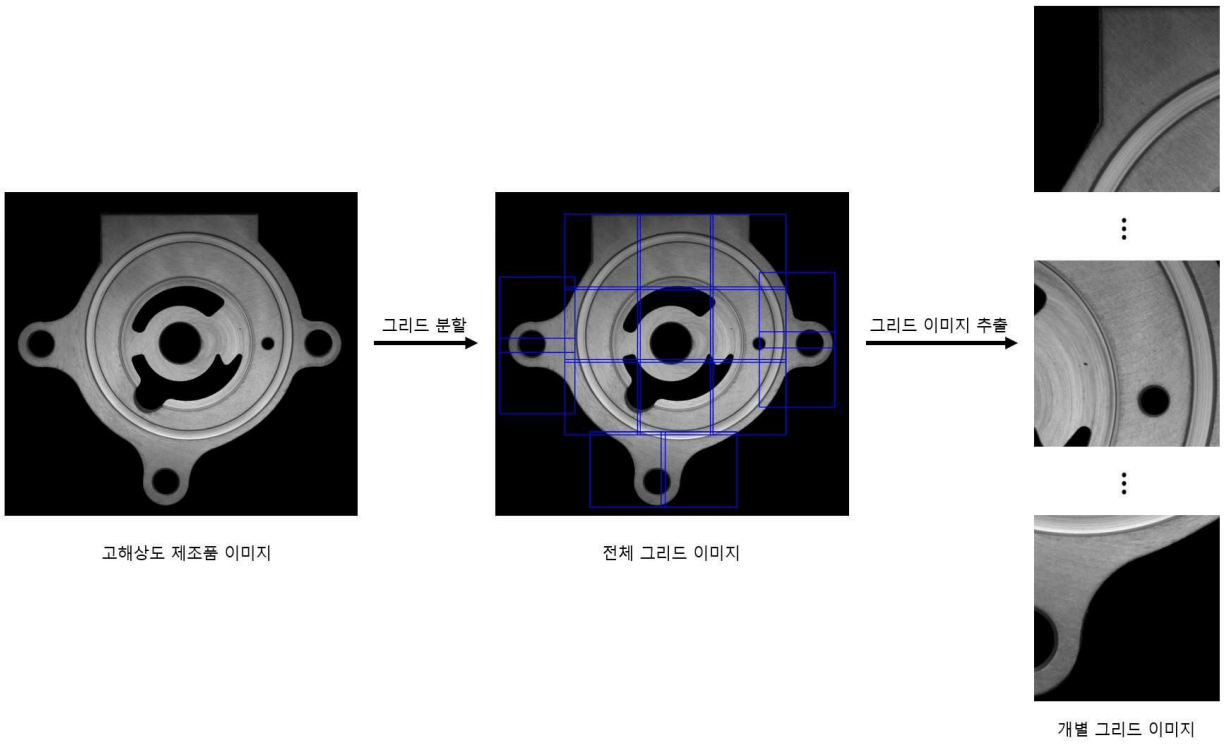
도면5


입력 이미지
오토인코더
복원 이미지
촬영된 고해상도 이미지들
제조품
차분 이미지

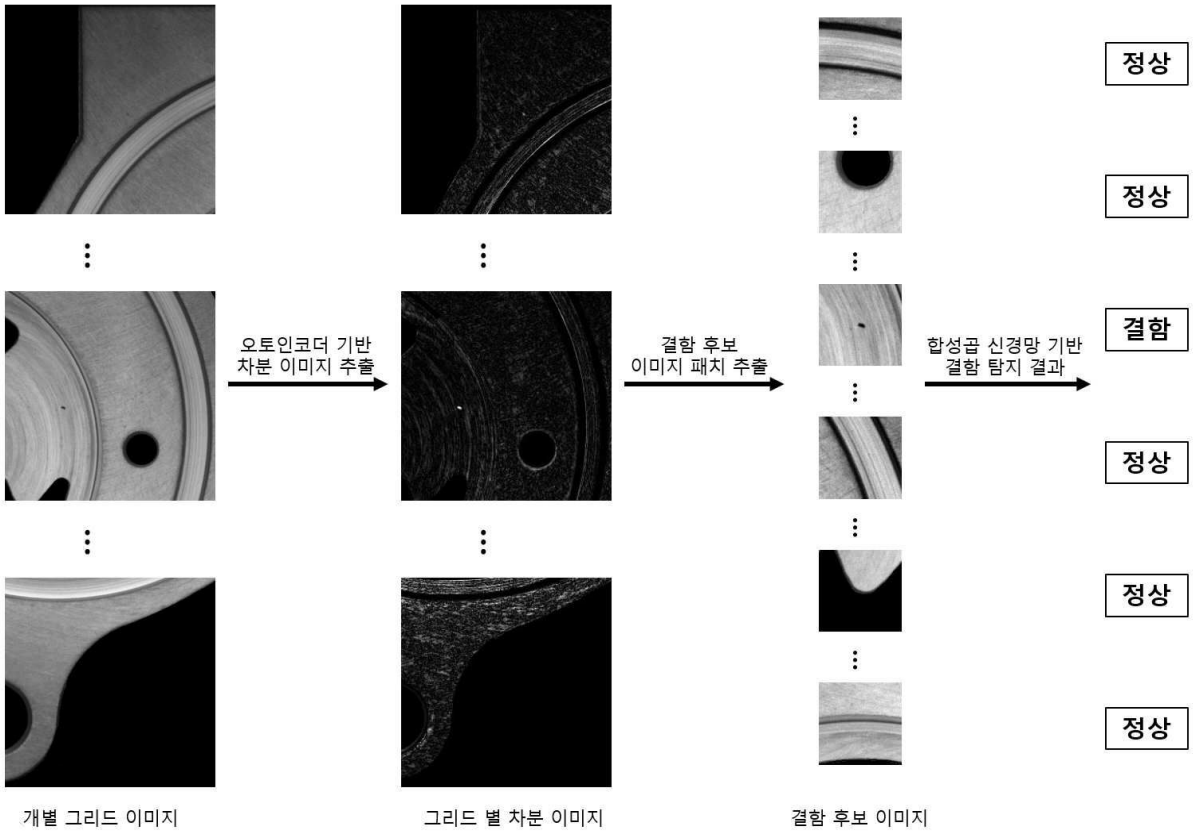
도면6


차분 이미지
결함 후보 화소 좌표 매핑
결함 후보 이미지 패치
합성곱 심층 신경망
결함 후보
필터링
결함 판단부
정상
결함

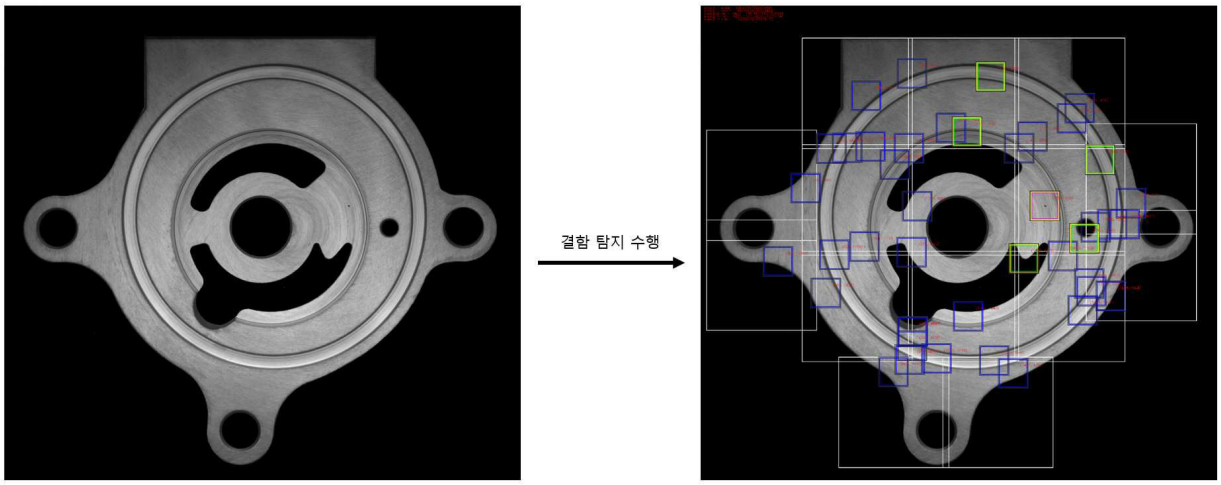
도면7


그리드 분할
그리드 이미지 추출
고해상도 제조품 이미지
전체 그리드 이미지
개별 그리드 이미지

도면8


오토인코더 기반
차분 이미지 추출
결함 후보
이미지 패치 추출
합성곱 신경망 기반
결함 탐지 결과
정상
정상
결함
정상
정상
정상
개별 그리드 이미지
그리드 별 차분 이미지
결함 후보 이미지

도면9



결함 탐지를 수행할 제조품 이미지

결함 탐지 결과 이미지