(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0051933
(43) 공개일자 2024년04월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 19/418 (2024.01) *B05B 12/08* (2006.01)
G05B 17/02 (2006.01) *G05B 23/02* (2006.01)
G06N 20/10 (2019.01) *G06N 20/20* (2019.01)
G06N 3/0442 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G05B 19/41885 (2013.01)
B05B 12/082 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7005384
(22) 출원일자(국제) 2022년08월01일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년02월16일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2022/071520
(87) 국제공개번호 WO 2023/020821
국제공개일자 2023년02월23일
(30) 우선권주장
10 2021 121 320.7 2021년08월17일 독일(DE)

(71) 출원인
듀르 시스템스 아게, 슈트트가르트
독일, 74321 비티그하임-비신겐 칼-벤츠-슈트라쎄 34
(72) 발명자
코흐, 니코
독일, 71732 탐, 모짜르트스트라세 30
토매 , 폴
독일, 74343 자흐젠하임, 플란크스트라세 6
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김홍균

전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **코팅 시스템의 작동 방법 및 작동 방법을 수행하기 위한 코팅 시스템**

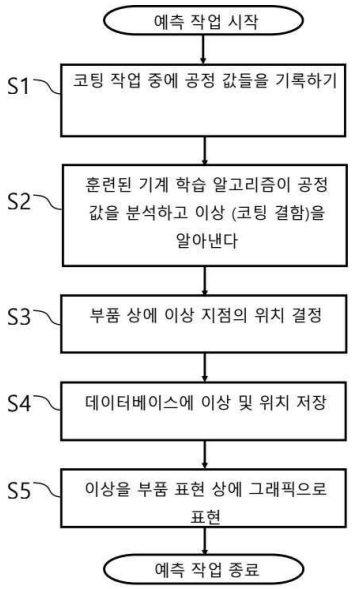
(57) 요 약

본 발명은 다음의 단계들을 포함하는, 애플리케이터(예를 들어, 회전식 분무기)를 사용하여 코팅제(예, 페인트)로 부품(예를 들어, 자동차 차체 부품)을 코팅하기 위한 코팅 시스템을 위한 작동 방법에 관한 것이다:

·부품을 코팅제로 코팅하는 단계, 이에 따라 개별 부품들의 코팅 중에 코팅 시스템의 장치들의 작동 변수들을

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



나타내는 부품 관련 공정값들이 획득되고, 이에 따라 개별 부품들의 코팅 중에 특정한 부품 관련 코팅 품질이 발생하고,

· 코팅 시스템의 부품 관련 공정 값들을 결정하는 단계,

· 부품들의 코팅 중에 예측 작업의 일부로서 개별 부품들의 코팅 중에 코팅 결함(19)을 검출하기 위한 공정 값들 내에서 품질 관련 이상을 선택적으로 결정하는 단계, 및

· 공정 값들의 평가에 의해 코팅된 부품들의 부품 표면 상의 이상에 해당하는 코팅 결함(19)의 위치를 결정하는 단계.

또한, 본 발명은 상기 작동 방법을 수행하기 위한 상응하는 코팅 시스템에 관한 것이다.

(52) CPC특허분류
B05B 12/085 (2013.01)
G05B 17/02 (2013.01)
G05B 19/41875 (2013.01)
G05B 23/024 (2013.01)
G06N 20/10 (2021.08)
G06N 20/20 (2021.08)
G06N 3/0442 (2023.01)
G05B 2219/33002 (2013.01)
G05B 2219/45013 (2013.01)

(72) 발명자
빈센쯔, 도미닉
독일, 74343 자흐젠하임, 부르카우어 스트라세 5
하임, 로빈
독일, 74363 귀글링겐, 헤레내커스트라세 42

명 세 서

청구범위

청구항 1

애플리케이터를 사용하여 부품을 코팅제로 코팅하기 위한 코팅 시스템을 위한, 특히 분무기를 사용하여 자동차 차체 부품을 페인트로 도장하기 위한 도장 설비를 위한 작동 방법에 있어서, 다음의 단계들을 포함하는 방법:

a) 부품들을 코팅제로 코팅하는 단계,

a1) 여기서, 개별 부품들의 코팅 중에 코팅 시스템 장치의 작동 변수들을 나타내는 부품 관련 공정 값들을 획득하고,

a2) 여기서, 개별 부품의 코팅 중에 특정한 부품 관련 코팅 품질이 발생하고,

b) 코팅 장비의 부품 관련 공정 값들을 결정하는 단계,

c) 선택적으로 부품 관련 품질 값들을 결정하는 단계, 품질 값들은 개별 부품들의 코팅 품질을 반영하고,

d) 부품의 코팅 중에 예측 작업의 맥락에서 개별 부품의 코팅 중에 코팅 결함(19)을 검출하기 위한 공정 값의 품질 관련 이상을 결정하는 단계,

e) 공정 값의 평가에 의해 코팅된 부품의 부품 표면 상의 이상에 해당하는 코팅 결함(19)의 위치를 결정하는 단계.

청구항 2

제1항에 있어서, 다음의 단계들을 특징으로 하는 작동 방법:

a) 디스플레이 스크린(15) 상에 그래픽으로 부품 표현(16)하는 형태로 부품을 그래픽으로 표현하는 단계, 및

b) 코팅 결함(19)을, 부품 표면 상의 코팅 결함(19)의 위치에 따라 스크린(15) 상에 그래픽으로 부품 표현(16) 상에 그래픽으로 표시하는 단계.

청구항 3

전 항들 중 어느 한 항에 있어서,

공정 값들의 품질 관련 이상이 기계기계 학습고리즘을 사용하여 예측 작업의 과정에서 결정되는 것을 특징으로 하는 작동 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

공정 값들의 결정된 품질 관련 이상은 연관된 품질 값들과 함께 데이터베이스에 저장되는 것을 특징으로 하는 작동 방법.

청구항 5

제3항 또는 제4항에 있어서,

기계 학습 알고리즘은, 특히

a) 예측 작업 이전에 및/또는

b) 예측 작업 중에 훈련 작업 과정에서 훈련되는 것을 특징으로 하는 작동 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

훈련 작업에서, 기계 학습 알고리즘을 훈련하기 위한 다음의 단계들을 특징으로 하는 작동 방법:

a) 코팅 작업 중에 공정 값을 결정하는 단계,

b) 코팅 작업 중에 관련 품질 값을 결정하는 단계,

c) 결정된 공정 값 및 결정된 품질 값을 데이터베이스에 저장하는 단계,

d) 데이터베이스에 저장된 공정 값과 데이터베이스에 저장된 품질 값에 기초하여 기계 학습 알고리즘을 훈련시키는 단계.

청구항 7

전 항들 중 어느 한 항에 있어서,

다음의 단계들을 특징으로 하는 작동 방법:

a) 코팅 결함을 피하기 위해 공정 값들을 최적화하기 위한 최적화 제안(20)을 결정하는 단계,

b) 최적화 제안(20)의 자동 실시(20) 단계, 또는

c) 최적화 제안(20)의 표시 단계.

청구항 8

전 항들 중 어느 한 항에 있어서, 하기의 특징을 갖는 작동 방법:

a) 스크린(15)상의 그래픽 부품 표현(16)이 2차원이거나,

b) 스크린(15)상의 그래픽 부품 표현(16)이 3차원이다.

청구항 9

전 항들 중 어느 한 항에 있어서,

공정 값들은 코팅 시스템의 장치들의 작동 변수들의 목표 값들 및/또는 실제 값들인 것을 특징으로 하는 작동 방법.

청구항 10

전 항들 중 어느 한 항에 있어서,

공정 값들은 다음과 같은 작동 변수들 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는, 작동 방법:

a) 코팅 로봇을 구동하기 위한 로봇 구동 장치의 구동 변수들, 특히 위치, 각도, 회전 속도 및/또는 회전 토크의 목표 값 및/또는 실제 값,

b) 로봇 이동의 경로 데이터, 특히 로봇 경로를 따라 공간에서 애플리케이터의 경로 위치 및/또는 경로 속도의 목표 값들 및/또는 실제 값들,

c) 코팅제 펌프의 펌프 변수들, 특히 코팅제의 흐름 속도, 코팅제의 송출 속도, 펌프 속도, 펌프 구동 장치의 토크의 목표 값들 및/또는 실제 값들,

d) 계량 펌프의 계량 피스톤의 작동 변수들, 특히 계량 피스톤의 위치의 목표 값들 및/또는 실제 값들, 계량 펌프의 입구 또는 출구에서의 압력, 계량 펌프를 통한 흐름 속도, 펌프 구동 장치의 토크,

e) 압력 센서의 압력 측정 값들, 특히 코팅제 펌프의 상류측 코팅제 압력, 코팅제 펌프의 하류에 있는 코팅제 압력, 계량 피스톤의 하류에 있는 코팅제,

f) 밸브의 밸브 변수들, 특히 페인트, 용매, 물, 밀봉제, 절연 재료 또는 접착제의 흐름을 제어하기 위한 밸브에서 코팅제의 흐름을 제어하기 위한 코팅제 밸브의 특히, 목표 값들 및/또는 실제 값들,

g) 공기 압력 조절기의 작동 변수들, 특히 압력의 목표 값들 및/또는 실제 값들, 매체의, 특히 성형 공기, 분무화 공기, 경적 공기 또는 자유 흐름 공기의 흐름 속도,

h) 속도 제어기의 작동 변수들, 특히 회전식 분무기의 경우에서 속도, 모터 공기 압력, 모터 공기량의 목표 값

들 및/또는 실제 값들,

i) 페인트 압력 제어기의 작동 변수들, 특히 페인트 압력 및/또는 흐름 속도의 목표 값들 및/또는 실제 값들,

j) 정전기 코팅제 충전 시스템의 작동 변수들, 특히 정전기 코팅제 충전 시스템의 전압 및/또는 전류의 목표 값들 및/또는 실제 값들,

k) 코팅 부스의 부스 공기 조절 시스템의 작동 변수들, 특히 코팅 부스의 공기 온도, 공기 습도 및/또는 공기 싱크 속도의 목표 값들 및/또는 실제 값들,

l) 마모 변수들, 특히, 바람직하게는 기계 부품 상에 , 특히 RFID 태그에 저장되는 마모 카운터 또는 작동 시간의 카운터 판독,

m) 근접 센서들, 특히 용량성 또는 유도성 근접 센서들의 실제 값들,

n) 필드 버스 참가자들의 유형 및 특성들, 필드 버스 시스템들의 연결 상태 또는 에러 카운터들,

o) 특히 구동 장치들, 애플리케이터 또는 재료 공급부에서 온도 센서의 실제 값들,

p) 코팅 작업에 관여하는 장비, 특히 도포 로봇, 핸들링 로봇, PLC/셀 제어, 세척 장비, 컨베이어 기술, 부스 컨디셔닝 및/또는 전처리 장비로부터의 결함 메시지들,

q) 코팅될 부품을 식별하기 위한 공작물 식별 번호들,

r) 코팅제의 특성들, 특히 색상, 색상 번호, 색상 코드, 접착제 유형, 점도, 보관 온도, 도포 온도, 배치(batch),

s) 작동 변수들의 기록 시간들의 타임 스탬프(time stamp).

청구항 11

전 항들 중 어느 한 항에 있어서, 하기의 특징을 갖는 작동 방법:

a) 부품들이 각각 서로 옆에서 주행하는 코팅 트랙에서 코팅되고,

b) 각 경우에 공정 값들은 현재 코팅된 코팅 트랙 및 또한 인접한 코팅 트랙들과 관련이 있다.

청구항 12

전 항들 중 어느 한 항에 있어서, 품질 값들은 다음과 같은 변수들 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는, 작동 방법:

a) 각 부품 내의 코팅 결함들(19)의 갯수,

b) 부품과 관련하여 또는 코팅된 부분 표면과 관련하여 공간 내의 코팅 결함들(19)의 위치,

c) 코팅 결함들의 유형(19).

청구항 13

전 항들 중 어느 한 항에 있어서, 하기의 특징을 갖는 작동 방법:

a) 코팅될 부품들이 자동차 차체 부품들이고, 그리고/또는

b) 코팅제는 페인트, 접착제, 밀봉제 또는 절연 물질이고, 그리고/또는

c) 애플리케이터는 프린트 헤드 또는 분무기, 특히 회전식 분무기이다.

청구항 14

코팅제로 부품들을 코팅하기 위한 코팅 시스템, 특히 자동차 차체 부품들을 도장하기 위한 도장 설비에 있어서,

a) 코팅제를 도포하기 위한, 특히 회전식 분무기의 형태인 하나 이상의 애플리케이터,

b) 애플리케이터를 이동시키기 위한 하나 이상의 코팅 로봇(1-4), 및

c) 코팅 로봇 및 애플리케이터를 제어하기 위한 제어 시스템(5-15)을 포함하고,

d) 제어 시스템(5-14)이 전 항들 중 어느 한 항에 따른 작동 방법을 수행하도록 적응되는 것을 특징으로 하는 코팅 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서,

제어 시스템이 다음 시스템 구성 요소들 중 하나 이상를 포함하는 것을 특징으로 하는 코팅 시스템:

a) 코팅 로봇(1-4)을 제어하기 위한 하나 이상의 로봇 제어기(5-8), 로봇 제어기(5-8) 또는 추가 획득 장치는 공정 값들의 적어도 일부를 공급하고, 및/또는

b) 특히 로봇 셀을 제어하는 셀 제어기(9)의 형태로, 로봇 제어기에 추가로 하나 이상의 추가 제어기(9), 이러한 추가 제어기(9)는 공정 값들의 적어도 일부를 공급하고,

c) 공정 값들 및 관련 품질 값들을 저장하기 위한 데이터베이스가 있는 데이터베이스 컴퓨터(12),

d) 품질 값들의 수동 또는 자동 획득을 위한 품질 값 컴퓨터(11),

e) 연결 컴퓨터(10), 이것은

e1) 하나 이상의 로봇 제어기(5-8) 및/또는 추가 제어기(9)로부터 공정 값들을 수신하여 데이터베이스 컴퓨터(12)로 전달하고, 그리고/또는

e2) 품질 값 컴퓨터(11)로부터 품질 값들을 수신하여 데이터베이스 컴퓨터(12)로 전달하고,

f) AI 컴퓨터(13),

f1) 이는 데이터베이스 컴퓨터(12)로부터 공정 값들 및 관련 품질 값들을 수신하고, 기계 학습 알고리즘을 사용하여 공정 값들의 품질 관련 이상 및 부품 상의 관련 위치를 결정하고,

f2) 결정된 품질 관련 이상을 데이터 뱅크 내에 저장을 위한 데이터베이스 컴퓨터(12)에 전송하고,

g) 부품 표면 상의 코팅 결함(19)의 위치에 부합하는

그래픽 부품 디스플레이(16)상에 코팅 결함(19)을 그래픽으로 표시하기 위한 디스플레이 컴퓨터(14).

청구항 16

제 15 항에 있어서,

하기의 특징을 갖는 코팅 시스템:

a) 제어 시스템(5-15)의 시스템 구성 요소들(5-15)이 별도의 하드웨어 구성 요소들로 설계되어 있거나, 또는

b) 제어 시스템(5-15)의 시스템 구성 요소들(5-15)이 각각 통합 제어 컴퓨터 내에서 하드웨어 모듈들 또는 소프트웨어 모듈들을 형성하고,

c) 다음의 시스템 구성 요소들(5-15) 중 두 개 이상, 세 개 이상, 네 개 이상, 다섯 개 이상 또는 전부가 통합 컴퓨터 내에 통합된다:

c1) 연결 컴퓨터(10),

c2) 데이터베이스 컴퓨터(12),

c3) AI 컴퓨터 (13),

c4) 제어 컴퓨터,

c5) 디스플레이 컴퓨터(14),

c6) 품질 값 컴퓨터 (11).

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 애플리케이터(예, 회전식 분무기)를 사용하여 코팅제(예, 페인트)로 부품들(예, 자동차 차체 부품들)을 코팅하기 위한 코팅 시스템을 위한 작동 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 자동차 본체 부품들을 도장하기 위한 현대적인 도장 시스템에서, 도장 결과가 특정 기준을 충족하도록 보장하기 위해 도장 공정의 품질 관리가 수행된다. 예를 들어, 도포된 페인트의 품질 특성, 가령, 몇 가지 예를 들면, 층 두께, 균일도, 색조, 명도, 경도, 가교결합 정도 및 광택이 측정된다. 이러한 방식으로, 자동차 차체의 페인트 상에 품질 결함들이 그때 결정될 수 있다. 이러한 품질 특성 측정에 따라, 도장 시스템의 공정 값들(예, 정전기 페인트 충전 시스템의 고전압, 페인트 흐름, 공기 흐름 형성 등)은 도장 공정의 품질을 개선하기위해 그때 조정될 수 있다. 지금까지, 도장 공정의 품질을 개선하기 위한 이러한 도장 공정의 공정 값들의 조정은 전문가의 경험에 기초하여 전문가에 의해 수동으로 수행되어왔다. 가능한 품질 결함의 원인은 또한 시행착오 원칙에 따라 공정 값들을 변경함으로써 수동으로 결정되는데, 변경이 코팅 작업의 품질에 미치는 영향은 각각의 경우에 평가된다. 이러한 유형의 품질 관리는 오류 가능성이 있고 이를 위임받은 전문가의 경험에 크게 의존한다.

[0003] 공정 값들이 결정되는 코팅 시스템은 WO 2020/141372 A1, CN 112 246 469 A, EP 2 095 336 B1 및 DE 197 56 467 A1으로부터 공지되어 있다. 공정 값들을 평가하는 것에 의하여, 고장 상태가 그때 감지될 수 있다. 하지만, 이것은 아직 완전히 만족스럽지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 따라서, 본 발명은 부품들(예, 자동차 차체 부품들)을 코팅하기 위한 코팅 시스템(예, 페인팅 플랜트)에서의 품질 관리를 개선하는 과제에 기반한다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기 과제는 본 발명에 따른 작동 방법 또는 독립적인 청구항들에 따른 상응하는 적합한 코팅 시스템에 의해 해결된다.

발명의 효과

[0006] 본 발명에 따른 작동 방법은 일반적으로 애플리케이터를 사용하여 코팅제로 부품들을 코팅하기 위한 코팅 시스템에 적합하다.

[0007] 그럼에도 불구하고, 본 발명의 바람직한 실시예에서, 코팅 시스템은 자동차 차체 부품을 페인트로 코팅하기 위한 코팅 시스템이며, 여기서 분무기(예, 회전식 분무기)가 애플리케이터로서 사용될 수 있다.

[0008] 하지만, 본 발명은 도포된 코팅제에 관련하여 페인트에 국한되지 않는다. 오히려, 도포된 코팅제는 몇 가지 예를 들면 접착제, 밀봉제 또는 절연 물질일 수도 있다.

[0009] 더욱이, 본 발명은 애플리케이터의 유형과 관련하여 분무기에 국한되지 않는다. 오히려, 프린트 헤드 또는 소위 씰링 애플리케이터와 같은 상이한 애플리케이터가 발명의 범위 내에서 사용될 수도 있다.

[0010] 더 나아가, 코팅되는 부품들과 관련하여, 본 발명은 본 발명의 바람직한 실시예에서 도장되는 자동차 차체 부품들에 국한되지 않는다. 오히려, 본 발명에 따른 작동 방법은 일반적으로 상이한 유형들의 부품들을 코팅하는데 적합하다.

[0011] 본 발명에 따른 작동 방법에서, 부품들(예, 자동차 차체 부품들)은 최신 기술에 부합하여 코팅제(예, 페인트)로 코팅된다. 이러한 코팅 작업 중에, 부품 관련 공정 값들(예, 페인트 흐름, 성형 공기 흐름, 정전기 페인트 충전 시스템의 충전 전압 등)이 생성되고, 이는 개별 부품의 코팅 중에 코팅 시스템의 장치의 작동 변수들을 반영한다. 위에서 예시로 언급한 공정 값들에 더하여, 광범위한 공정 값들이 생성되고 평가될 수 있는데, 이는 이후에 자세히 설명될 것이다.

[0012] 개별 부품들의 코팅 중에, 부품 관련 코팅 품질은 각각의 경우에 발생하는데, 즉, 개별 부품들이 개별 코팅 품

질로 코팅된다.

[0013] 본 발명은 코팅 시스템의 부품 관련 공정 값들이 적어도 부분적으로 결정되는 것을 규정한다. 이는 예를 들어, 자동차 차체를 도장하는 동안, 이 자동차 차체가 도장되는 공정 값들이 결정된다는 것을 의미한다. 이는 품질 관리를 가능하게하고, 이는 이후에 자세히 설명될 것이다.

[0014] 또한, 본 발명은 바람직하게는 개별 코팅된 부품들에 대해 부품 관련 품질 값들이 결정되고, 이는 개별 부품들의 코팅 품질을 반영함을 규정한다. 따라서, 하나 이상의 품질 값 또는 바람직하게는 품질 값들의 세트가 각각의 코팅된 부품에 대해 결정된다.

[0015] 본 발명은 이제 추가적으로, 부품들의 코팅중에 예측 작업의 과정에서 개별 부품들의 코팅중에 코팅 결함들을 검출할 수 있도록, 공정 값들의 품질 관련 이상이 결정된다는 것을 규정한다. 본 발명의 맥락에서, 코팅 결함의 결정은 따라서 측정된 품질 값들을 평가함으로써, 즉, 후향적으로 수행될 뿐만 아니라, 공정 값들에서 품질 관련 이상을 결정함으로써 사전에 수행되어야 한다. 예측 작업의 범위 내에서 공정 값들의 품질 관련 이상을 결정하는 것은 바람직하게는 기계 학습 알고리즘, 즉 인공 지능(AI)에 의해 수행된다.

[0016] 더 나아가, 본 발명은 코팅된 부품들의 부품 표면 상의 품질 관련 이상에 상응하는 코팅 결함들의 위치가 공정 값들의 평가에 의해 결정된다는 것을 규정한다. 따라서 공정 값들의 품질 관련된 이상이 발생하는 때 부품 표면의 어느 위치가 막 코팅되었는지가 결정된다.

[0017] 공정 값들을 평가할 때, 한편으로는 코팅 결함을 초래할 수 있는 품질 관련 이상이 결정된다. 다른 한편으로는, 부품 표면 상의 코팅 결함의 위치도 결정된다. 부품 표면 상의 코팅 결함 위치가 결정되면 결함 제거가 용이하고, 코팅 결함을 스크린 상에 그래픽으로 표현하는 것을 가능하게 하고, 이는 자세히 설명될 것이다. 한편으로는 코팅 결함과 다른 한편으로는 공정 값들의 품질 관련 이상 사이의 상관 관계는 코팅 품질을 향상시키기 위해 공정 값들의 최적화를 용이하게 하므로, 작업자의 경험 지식이 덜 필요한다.

[0018] 본 발명의 바람직한 실시예에서, 부품들의 그래픽 표현은 스크린 상에서의 그래픽 부품 표현의 형태로 제공된다. 자동차 차체 부품을 도장할 때, 도장될 자동차 차체 부품은 예를 들어, 사시도 또는 다른 관점들(예를 들어, 측면도, 상면도, 배면도)로 스크린 상에 표시될 수 있다. 이전에 결정된 코팅 결함들은 코팅 결함의 위치에 따라 그래픽 부품 표현 상에 그때 마킹될 수 있다. 만약, 예를 들어, 자동차 차체의 전방 좌측 펜더 상에 코팅 결함이 있는 것으로 이전에 결정된 경우, 이러한 코팅 결함은 스크린 상에서 자동차 차체의 그래픽 표현 상 전방 좌측 펜더 상에도 그에 따라 마킹된다. 이러한 그래픽 표현은 작업자가 결함을 감지하고 그에 따라 공정 값들을 조정하여 결함을 제거하는 것을 더욱 용이하게 해준다.

[0019] 스크린 상에 부품의 그래픽 표현이 예를 들어 2차원(예, 상면도, 측면도, 배면도 또는 정면도) 또는 3차원(사시도)일 수 있다는 것이 여기서 언급되어야 한다.

[0020] 공정 값들의 결정된 품질 관련 이상은 바람직하게는 데이터베이스 내에 관련 품질 값들과 함께 저장되는데, 이는 평가를 가능하게 한다.

[0021] 공정 값들의 품질 관련 편차를 결정하는 것은 바람직하게는 훈련 작업 과정에서 훈련될 수 있는 기계 학습 알고리즘에 의해 수행된다는 것이 위에서 이미 간략하게 언급되었다. 기계 학습 알고리즘의 이러한 훈련 작업은 바람직하게는 실제 예측 작업 이전에, 즉, 실제 도장 공정과는 별개로 수행된다. 그럼에도 불구하고, 기계 학습 알고리즘의 훈련 작업은 예측 작업 중에, 즉, 실제 도장 공정 중에 이루어질 수도 있다. 또한, 기계 학습 알고리즘을 훈련시키기 위해 실제 도장 공정 이전에 훈련 작업이 이루어지는 것이 가능하다. 그런 다음 기계 학습 알고리즘은 일반 도장 공정중에 더 최적화될 수 있다.

[0022] 훈련 모드에서 기계 학습 알고리즘의 훈련은 일반적으로 여러 단계들로 구성된다. 먼저, 공정 값들이 코팅 작업을 위해 결정된다. 또한, 관련 품질 값들이 코팅 작업을 위해 결정된다. 그런 다음 결정된 공정 값들과 결정된 품질 값들은 데이터베이스 내의 할당부에 저장된다. 그런 다음 후속적으로 데이터베이스에 저장된 공정 값들과 데이터베이스에 저장된 품질 값들을 사용하여 기계 학습 알고리즘이 훈련될 수 있다.

[0023] 추가로, 본 발명은 또한 바람직하게는 공정 매개변수들이 발생된 코팅 결함을 회피하기 위해 최적화될 수 있는 방법을 지정하는 최적화 제안이 결정되는 것을 규정한다. 최적화 제안은 바람직하게는 자동적으로 결정되고 또한 바람직하게는 자동적으로 구현된다. 만약, 예를 들어 공정 값들의 분석과 코팅 결함의 분석에서 코팅 흐름이 너무 높은 것으로 나타나면, 최적화 제안은 코팅 흐름이 감소되는 것을 규정할 수 있다. 또한, 최적화 제안은 바람직하게는 또한 시각적으로 표시된다. 따라서, 본 발명의 범위 내에서, 최적화 제안은 단지 표시될 수 있고,

그 결과 코팅 시스템의 작업자는 그가 최적화 제안을 수락하고 구현할지 여부를 그때 결정할 수 있다.

[0024] 본 발명의 맥락에서 사용되는 공정 값들이라는 용어는 일반적인 의미로 이해되는 것으로서, 코팅 시스템의 개별 장치들의 작동 변수들의 목표 값들 및/또는 실제 값들을 포함할 수 있다.

[0025] 예를 들어, 공정 값들은 코팅 시스템의 다음 작동 변수들 중 하나 이상 일 수 있다:

[0026] · 코팅 로봇을 구동하기 위한 로봇 구동 장치의 구동 변수들, 특히 위치, 각도, 속도 및/또는 토크의 목표 값 및/또는 실제 값,

[0027] · 로봇 이동의 경로 데이터, 특히 로봇 경로를 따라 공간에서 애플리케이터의 경로 위치 및/또는 경로 속도의 목표 값들 및/또는 실제 값들,

[0028] · 코팅제 펌프의 펌프 변수들, 특히 코팅제의 흐름 속도, 코팅제의 송출 속도, 펌프 속도, 펌프 구동 장치의 토크의 목표 값들 및/또는 실제 값들,

[0029] · 계량 펌프의 계량 피스톤의 작동 변수들, 특히 계량 피스톤의 위치의 목표 값들 및/또는 실제 값들, 계량 펌프의 입구 또는 출구에서의 압력, 계량 펌프를 통한 흐름 속도, 펌프 구동 장치의 토크,

[0030] · 압력 센서의 압력 측정 값들, 특히 코팅제 펌프의 상류측 코팅제 압력, 코팅제 펌프의 하류에 있는 코팅제 압력, 계량 피스톤의 하류에 있는 코팅제,

[0031] · 밸브의 밸브 변수들, 특히 페인트, 용매, 물, 밀봉제, 절연 재료 또는 접착제의 흐름을 제어하기 위한 밸브에서 코팅제의 흐름을 제어하기 위한 코팅제 밸브의 특히, 목표 값들 및/또는 실제 값들,

[0032] · 공기 압력 조절기의 작동 변수들, 특히 압력의 목표 값들 및/또는 실제 값들, 매체의, 특히 성형 공기, 분무화 공기, 경적 공기 또는 자유 흐름 공기의 흐름 속도,

[0033] · 속도 제어기의 작동 변수들, 특히 회전식 분무기에서 속도, 모터 공기 압력, 모터 공기량의 목표 값들 및/또는 실제 값들,

[0034] · 페인트 압력 제어기의 작동 변수들, 특히 페인트 압력 및/또는 흐름 속도의 목표 값들 및/또는 실제 값들,

[0035] · 정전기 코팅제 충전 시스템의 작동 변수들, 특히 정전기 코팅제 충전 시스템의 전압 및/또는 전류의 목표 값들 및/또는 실제 값들,

[0036] · 코팅 부스의 부스 공기 조절 시스템의 작동 변수들, 특히 코팅 부스의 공기 온도, 공기 습도 및/또는 공기 싱크 속도의 목표 값들 및/또는 실제 값들,

[0037] · 마모 변수들, 특히, 바람직하게는 기계 부품 상에, 특히 RFID 태그(RFID: 전파식별)에 저장되는 마모 카운터 또는 작동 시간의 카운터 판독,

[0038] · 근접 센서들, 특히 용량성 또는 유도성 근접 센서들의 실제 값들,

[0039] · 필드버스 장치의 유형 및 속성, 필드버스 시스템의 연결 상태 또는 오류 카운터,

[0040] · 특히 구동 장치들, 애플리케이터 또는 재료 공급부에서 온도 센서의 실제 값들,

[0041] · 코팅 작업에 관여하는 장치, 특히 도포 로봇, 핸들링 로봇, PLC/셀 제어, 세척 장치, 컨베이어 기술, 부스 컨디셔닝 및/또는 전처리로부터의 결함 메시지들,

[0042] · 코팅될 부품을 식별하기 위한 공작물 식별 번호들,

[0043] · 코팅제의 특성들, 특히 색상, 색상 번호, 색상 코드, 접착제 유형, 점도, 보관 온도, 도포 온도, 배치(batch),

[0044] · 작동 변수들의 기록 시간들의 타임 스탬프.

[0045] 위에서 언급한 작동 변수들의 조합은 공정 값들로 평가될 수 있음이 여기에서 언급되어야 한다. 실제로, 다수의 작동 변수들의 완전 집합은 공정 값들로 평가되고 품질 관리에 고려된다.

[0046] 또한, 종래 기술 그 자체로부터 알려진 바와 같이, 코팅될 부품들은 바람직하게는 나란히 구동되는 여러 개의 코팅 트랙들에서 코팅된다는 것이 언급되어야 한다. 서로 옆에서 주행하는 코팅 트랙들은 가장자리에서 오버랩되고 부품상에 연속적인 코팅 필름을 형성한다. 공정 값들은 코팅 트랙들 각각에 대해 개별적으로 품질 관리를

수행할 수 있도록 개별 코팅 트랙들에 대해 개별적으로 결정될 수 있다. 하지만, 각 경우에 공정 값이 현재 코팅된 코팅 트랙 및 인접한 코팅 트랙 중 하나 이상와 관련되는 것도 가능하다.

[0047] 본 발명의 범위 내에서, 코팅 작업의 품질을 반영하는 품질 값들이 결정된다는 것은 위에서 이미 언급된 바 있다. 예를 들어, 이러한 품질 값들은 다음 수량들 중 하나 이상일 수 있다:

[0048] · 각 부품의 코팅 결함 수,

[0049] · 부품 또는 코팅된 부분 표면과 관련하여 공간 상의 코팅 결함 위치,

[0050] · 코팅 결함의 유형.

[0051] 또한, 본 발명은, 본 발명에 따른 위에서 기술된 작동 방법에 대한 보호만을 주장하는 것이 아니라는 것이 언급되어야 한다. 오히려, 본 발명은 또한 본 발명에 따른 작동 방법을 수행하도록 적합하게 설계된 코팅 시스템에 대한 보호를 청구한다.

[0052] 이를 위해, 본 발명에 따른 코팅 시스템은 먼저, 코팅제(예, 페인트)를 부품(예, 자동차 차체 부품)에 도포하는 데 사용되는 하나 이상의 애플리케이터(예, 회전식 분무기)를 포함한다.

[0053] 더욱이, 본 발명에 따른 코팅 시스템은 애플리케이터를 이동시키기 위한 하나 이상의 코팅 로봇을 포함한다.

[0054] 코팅 로봇과 애플리케이터는 종래 기술에서 알려진 제어 시스템에 의해 제어된다.

[0055] 본 발명은 이제 제어 시스템이 본 발명에 따른 작동 방법을 수행하도록 설계됨을 규정한다. 이러한 목적을 위해, 해당 제어 프로그램은 일반적으로 제어 시스템에 저장되고, 이는, 제어 시스템 상에서 실행될 때, 본 발명에 따른 작동 방법을 수행한다.

[0056] 여기서 제어 시스템은 바람직하게는 상이한 기능들을 수행하는 여러 상이한 시스템 구성 요소들을 가지고 있음이 언급되어야 한다. 여기서 개별 시스템 구성 요소들은 단일 컴퓨터에서 소프트웨어 모듈들로 집중될 수도 있다. 그럼에도 불구하고, 개별 시스템 구성 요소들이 별도의 하드웨어 구성 요소들로 구현되는 것도 대안적으로 가능하다.

[0057] 예를 들어, 본 발명에 따른 코팅 시스템의 제어 시스템은 다음과 같은 시스템 구성 요소들을 가질 수 있다:

[0058] · 코팅 로봇을 제어하기 위한 하나 이상의 로봇 제어기, 로봇 제어기 또는 공정 값들의 적어도 일부를 공급하는 추가적인 획득 장치,

[0059] · 특히 로봇 셀을 제어하는 셀 제어 시스템의 형태로, 로봇 제어기에 추가로 하나 이상의 추가 제어 시스템, 이러한 추가 제어 시스템은 공정 값들의 적어도 일부를 공급하고,

[0060] · 공정 값들 및 관련 품질 값들을 저장하기 위한 데이터베이스가 있는 데이터베이스 컴퓨터,

[0061] · 품질 값들의 수동 또는 자동 획득을 위한 품질 값 컴퓨터,

[0062] · 연결 컴퓨터, 상기 연결 컴퓨터는 하나 이상의 로봇 제어기 및/또는 추가 제어기로부터 공정 값들을 수신하여 데이터베이스 컴퓨터로 전달하고, 품질 값 컴퓨터로부터 품질 값들을 수신하여 데이터베이스 컴퓨터로 전달하고,

[0063] · 데이터베이스 컴퓨터로부터 공정 값들 및 관련 품질 값들을 수신하고, 기계 학습 알고리즘을 사용하여 공정 값들의 품질 관련 이상 및 부품 상의 관련 위치를 결정하고, 결정된 품질 관련 이상을 데이터베이스에 저장하기 위해 데이터베이스 컴퓨터로 전송하는 AI 컴퓨터,

[0064] · 부품 표면 상의 코팅 결함의 위치에 상응하는 그래픽 부품 디스플레이 상에 코팅 결함을 그래픽으로 표현하기 위한 디스플레이 컴퓨터.

[0065] 기록된 공정 값들과 품질 데이터 간의 상관 관계의 인식은 바람직하게는 이진 또는 멀티-클래스 분류기(예를 들어, 린, 크레이터 등과 같은 코팅 결함의 상이한 유형들을 분류하는 의미에서 멀티-클래스 분류기)를 훈련함으로써 수행된다.

[0066] 품질 측정의 측정 지점에 공정 값들을 할당하는 것은 바람직하게는 로봇 경로들을 통해 수행되고, 이 경로들은 또한 기록된다. 품질 측정 지점의 경우, 측정 지점에 대한 애플리케이터의 거리가 정의된 측정 값을 초과하지 않는 공정 값들은 바람직하게는 설명적 특징들로 고려된다.

[0067] 이는 품질 측정에 대한 시계열의 할당을 초래한다. 단순화를 위해, 분류기의 복잡성을 감소시키기 위하여 시계열로부터 집합체가 형성될 수 있다.

[0068] 로봇 경로들을 통해 할당된 공정 값들에 더하여 개별 부품의 유지보수 상태, 부스 상태(특히 온도, 습도)와 같은 다른 특징들이 분류기를 통해 포함될 수 있다.

[0069] 다음 기계 학습 알고리즘들이 분류기에 대해 특히 적합하다: 그래디언트 부스팅, LSTM(장기 단기 메모리), 인공 신경망, SVM(지원 벡터 머신).

[0070] 훈련 공정의 실제 실행뿐만 아니라 교정은 바람직하게는 분류기를 훈련시키기 위한 "최상의 사례들"에 따라 언급된 소프트웨어 툴을 사용하여 수행되는데, 즉, 본 발명은 이러한 점에서 새로운 절차를 요구하지 않는다.본 발명의 다른 유리한 추가의 실시예는 종속항에 표시되거나 본 발명의 바람직한 실시예의 설명과 함께 도면을 참조하여 아래에서 보다 상세히 설명된다.

도면의 간단한 설명

[0071] 도 1은 공정 값들의 품질 관련 이상을 검출하기 위한 기계 학습 알고리즘의 훈련 작업을 나타낸 흐름도이다.

도 2는 실제 도장 공정 중에 예측 작업을 나타낸 흐름도이다.

도 3은 본 발명에 따른 도장 시스템의 개략도를 나타낸다.

도 4는 자동차 차체의 사시도와 코팅 결함 표시가 있는 스크린 디스플레이를 보여준다.

도 5는 도 4의 일변형을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0072] 다음에서는, 먼저 기계 학습 알고리즘의 훈련 작업을 나타낸 도 1에 따른 흐름도를 설명할 것이다. 훈련 작업의 임무는 기계 학습 알고리즘이 공정 값들에서의 품질 관련 이상을 인식하는 것을 가능하게 하는 것이다.

[0073] 제 1 단계 S1에서, 공정 값들은 코팅 작업에서 측정되고 기록된다. 공정 값들은 코팅 작업에 관여되는 장치의 다양한 작동 변수들일 수 있다. 예를 들어, 이는 몇 가지 예를 들면 페인트 흐름, 성형 공기 흐름, 정전기 페인트 충전 시스템의 충전 전압 또는 도장 로봇의 경로 속도일 수 있다. 바람직하게는, 그럼에도 불구하고, 공정 값들의 평가를 가능한 한 의미 있게 하기 위하여 다수의 상이한 공정 값들이 측정되고 기록된다.

[0074] 추가 단계 S2에서, 코팅 작업의 품질을 반영하는 품질 값들이 기록된다. 예를 들어, 이러한 품질 값들은 도포된 코팅의 코팅 두께, 균일도, 색조, 경도, 광택 수준 또는 기타 특성들을 반영할 수 있다.

[0075] 다음 단계 S3에서, 이전에 결정된 공정 값들은 마찬가지로 서로 할당되어 결정된 품질 값들과 함께 데이터베이스에 저장된다. 예를 들어, 공정 값들과 품질 값들은 각각 타임 스탬프와 함께 저장될 수 있는데, 이는 후속 평가를 용이하게 한다.

[0076] 그런 다음, 기계 학습 알고리즘은, 공정 값들에서 품질 관련 이상을 감지할 수 있도록, 데이터베이스에 저장된 공정 값들과 데이터베이스에 또한 저장된 품질 값들에 기초하여 훈련될 수 있다.

[0077] 다음에서는, 도 2에 따른 흐름도에 대해 설명되고, 이는 실제 도장 공정 중에 발생하는 실제 예측 작업을 설명한다.

[0078] 제 1 단계, S1에서는 공정 값들이 다시 측정되고 기록되는데, 이러한 공정 값들은 일반 도장 공정 중에 발생한다.

[0079] 다음 단계 S2에서, 이전에 훈련된 기계 학습 알고리즘은 측정된 공정 값들을 그때 분석하고 코팅 결함을 나타내는 품질 관련 이상을 결정한다.

[0080] 추가 단계 S3에서, 공정 값들의 품질 관련 이상에 할당될 부품 상의 위치가 결정된다.

[0081] 이후에, 결정된 공정 값들의 이상이 단계 S4에서 부품 상의 위치와 함께 데이터베이스에 저장된다.

[0082] 다음 단계 S5에서, 사용자가 오류를 분석하고 문제 해결을 용이하게 하는 것을 가능하게 하기 위하여, 부품 디스플레이 상에 공정 값들의 이상이 그래픽으로 표시된다.

[0083] 다음에서, 본 발명에 따른 도장 시스템의 개략적 표현이 도 3에 기재된다.

[0084] 본 발명에 따른 도장 시스템은 여러 개의 도장 로봇들(1-4)을 포함하고, 도장 로봇들 각각은 로봇 제어기(5-8)에 의해 제어된다.

[0085] 또한, 별도의 셀 제어기(9)가 구비되는데, 이는 페인팅 셀(페인트 부스) 내의 개별 장치들을 상위 방식으로 제어한다.

[0086] 로봇 제어기(5-8)와 셀 제어기(9)는 연결 컴퓨터(10)에 연결되고, 이는 데이터 교환을 가능하게 한다. 따라서, 연결 컴퓨터(10)는 로봇 제어기들(5-8)로부터 그리고 또한 셀 제어기(9)로부터 다수의 공정 값들, 예를 들어, 각각의 페인팅 셀 내의 장치들의 목표 값들 및 실제 값들을 수신한다.

[0087] 연결 컴퓨터(10)는 품질 값 컴퓨터(11)에 연결되며, 이 컴퓨터는 측정 완료된 도장 공정의 품질을 반영하는 품질 값들을 공급한다. 이러한 품질 값들은 기본적으로 공정 값들에서 품질 관련 이상을 감지하기 위한 기계 학습 알고리즘을 훈련하는 데 사용된다.

[0088] 또한, 연결 컴퓨터(10)는 데이터베이스 컴퓨터(12)에 연결되며, 이 컴퓨터는 연결 컴퓨터(10)로부터 공정 값들 및 관련 품질 값들을 수신한다.

[0089] 데이터베이스 컴퓨터(12)는 교대로 AI 컴퓨터(13)에 연결되고, 여기서 기계 학습 알고리즘은 공정 값들의 품질 관련 이상들을 결정하고, 이들을 다시 데이터베이스 컴퓨터(12)로 보고한다.

[0090] 마지막으로, 데이터베이스 컴퓨터(12)는 또한 디스플레이 컴퓨터(14)에 연결되고, 이 컴퓨터는 스크린을 구비하고, 스크린 상에 도장 결함이 있는 도장된 자동차 차체 부품의 그래픽 표현을 디스플레이하며, 이는 상세히 설명될 것이다.

[0091] 도 4는 본체 표현(16)이 있는 디스플레이 컴퓨터(14)의 스크린(15)의 예시적인 표현을 나타낸다. 여기서, 분무기가 자동차 차체를 도장하는 개별 페인팅 경로들(17)이 또한 그래픽으로 표현된다. 또한, 본체 표현(16) 상에 눈에 띄지 않는 지점들(18)과 비정상 지점들(19)이 마킹되고, 비정상 지점들(19)은 고도의 확률로 코팅 결함을 나타내는데, 이는 측정된 공정 값들의 평가로부터 알 수 있다.

[0092] 또한, 스크린(15) 상에는 여전히 최적화 제안(20)이 디스플레이된다. 본 실시예에서, 최적화 제안(20)은 회전식 분무기의 분무기 속도를 50,000rpm에서 55,000rpm으로 증가시키는 것으로 구성된다. 그럼에도 불구하고, 이는 본 발명을 설명하기 위한 단지 하나의 예시일 뿐이다. 그때, 도장 시스템의 작업자는 최적화 제안(20)을 채택하고 구현할 수 있다.

[0093] 도 5는 상이한 본체 표현(16)이 있는 도 5의 변형을 나타내고, 여기서는 단지 2차원의 표현으로, 두 개의 측면도, 하나의 상면도, 및 하나의 배면도를 포함한다. 그외에는, 반복을 피하기 위해, 위의 설명이 참조된다.

[0094] 본 발명은 전술한 바람직한 실시예에 한정되지 않는다. 오히려, 본 발명의 발상을 이용하는 많은 변종과 변종이 가능하므로 보호의 범위에 포함된다. 특히, 본 발명은 또한 각 경우에 언급된 청구 범위와 별개로 특히 또한 주요 청구항의 특징들이 없는 종속 청구항들의 특징 및 주제에 대한 보호를 주장한다. 따라서, 본 발명은 서로 독립적으로 보호를 누리는 본 발명의 상이한 양태들을 포함한다.

부호의 설명

[0095] 1-4 도장 로봇

5-8 로봇 제어기

9 셀 제어기

10 연결 컴퓨터

11 품질 값 컴퓨터

12 데이터베이스 컴퓨터

13 AI 컴퓨터

14 디스플레이 컴퓨터

15 스크린

16 스크린 상의 본체 표현

17 자동차 본체 표현상의 페인트 트랙들

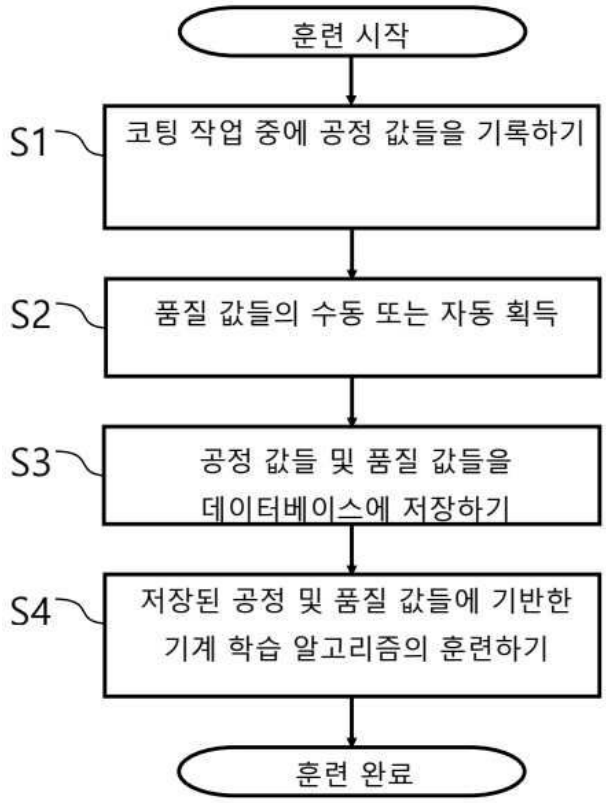
18 자동차 본체 표현상 눈에 띄지 않는 지점들

19 자동차 본체 표현상의 비정상 지점들

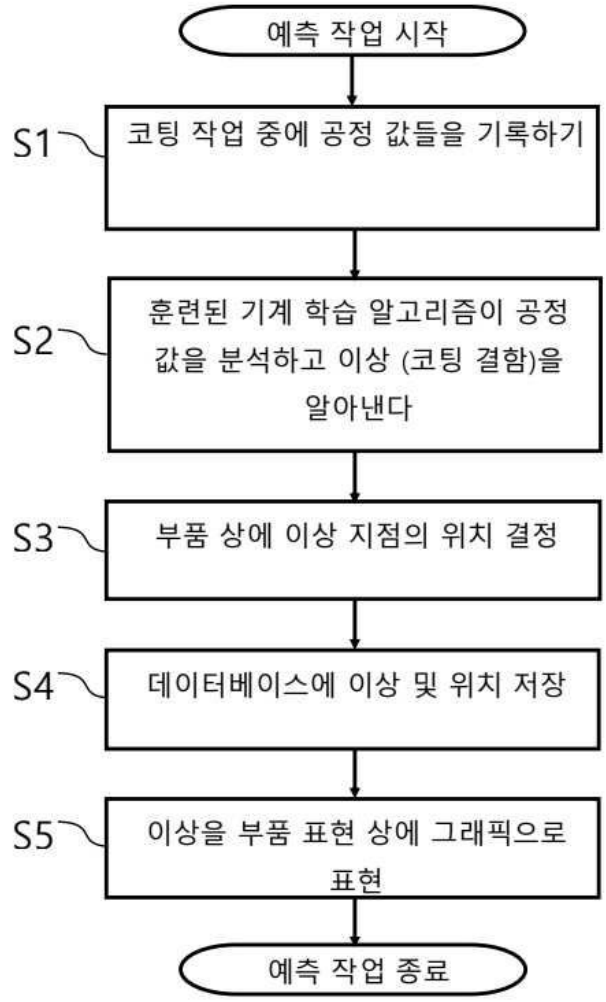
20 스크린 상의 최적화 제안

도면

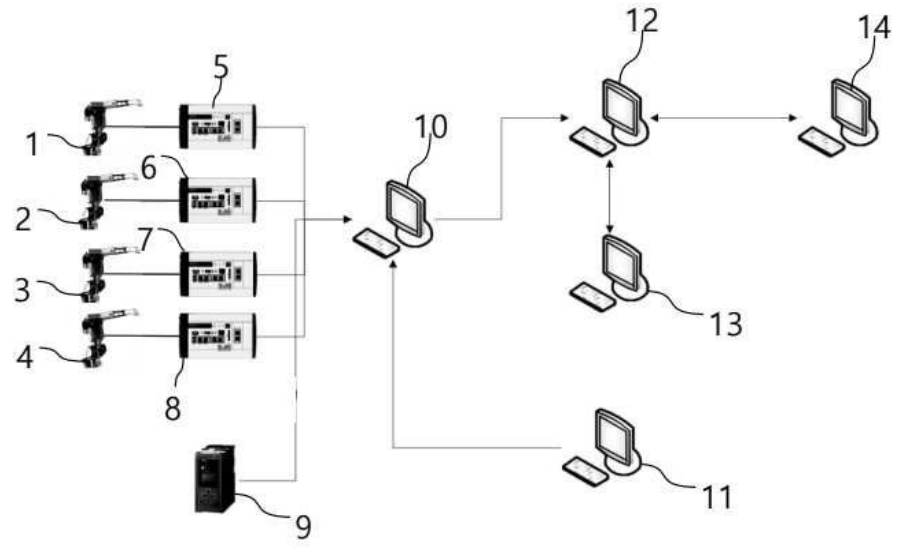
도면1



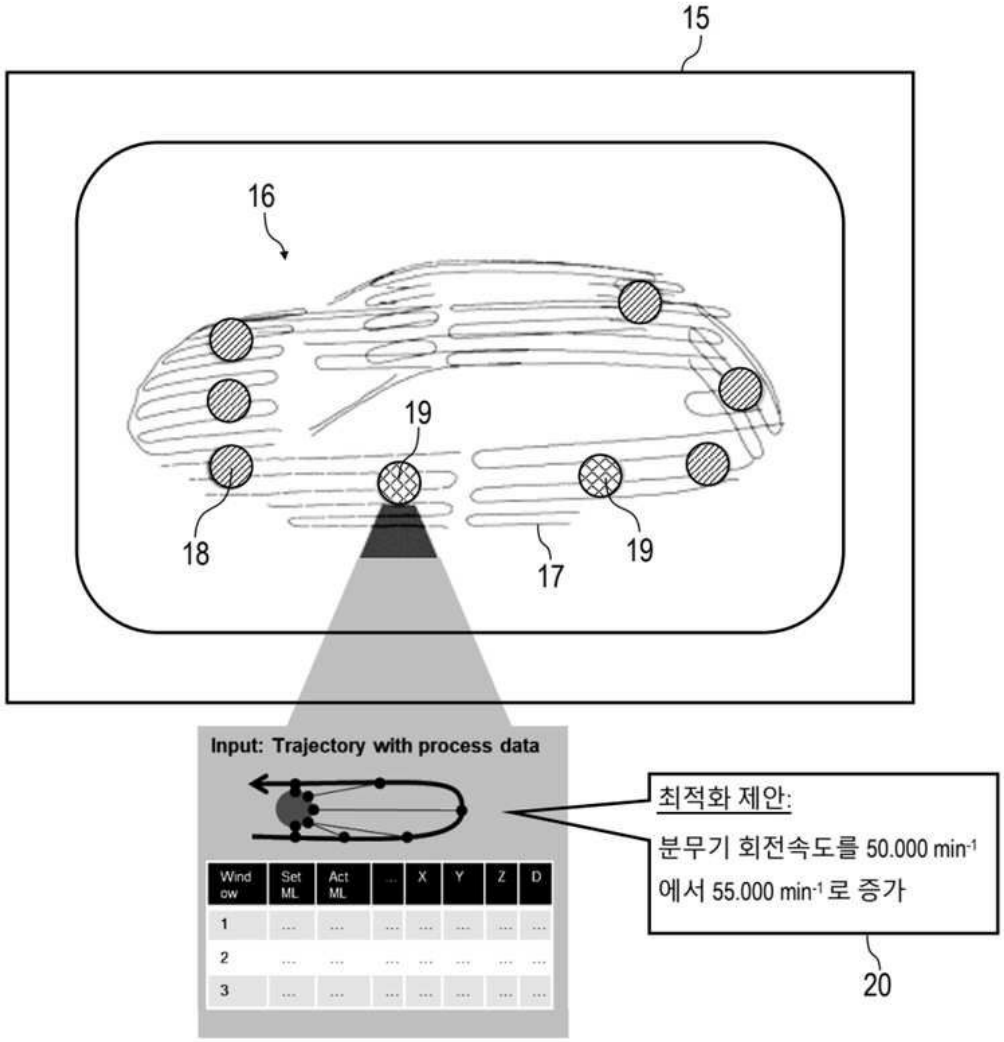
도면2


예측 작업 시작
S1
코팅 작업 중에 공정 값들을 기록하기
S2
훈련된 기계 학습 알고리즘이 공정 값을 분석하고 이상 (코팅 결함)을 알아낸다
S3
부품 상에 이상 지점의 위치 결정
S4
데이터베이스에 이상 및 위치 저장
S5
이상을 부품 표현 상에 그래픽으로 표현
예측 작업 종료

도면3


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

도면4


15
16
19
18
17
19
Input: Trajectory with process data
Wind ow
Set ML
Act ML
...
X
Y
Z
D
1
2
3
최적화 제안:
분무기 회전속도를 50.000 min-1
에서 55.000 min-1 로 증가
20

도면5

