



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년09월05일
(11) 등록번호 10-1304137
(24) 등록일자 2013년08월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06T 7/00 (2006.01) G06T 7/60 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0063774

(22) 출원일자 2012년06월14일

심사청구일자 2012년06월14일

(56) 선행기술조사문헌

JP07058173 B2

KR1020080004834 A

JP2009216647 A

(73) 특허권자

한국기술교육대학교 산학협력단

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교)

(72) 발명자

김기석

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (가전리 307) 한국기술교육대학교 기숙사

조재수

대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 109동 703호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 진민숙

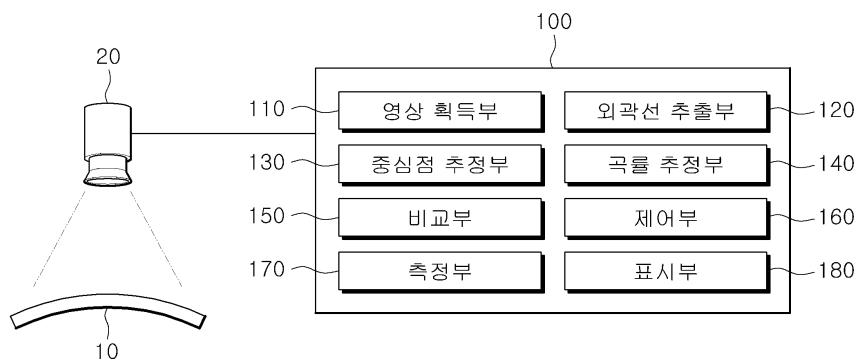
(54) 발명의 명칭 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 비전 기반의 부품 곡률 추정 장치를 이용한 부품 곡률 추정 방법에 있어서, 곡면이 형성된 부품에 대한 촬상 영상을 획득하는 단계와, 상기 촬상 영상으로부터 상기 부품의 외곽선을 추출하는 단계와, 상기 곡면에 대응되는 상기 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 곡면을 호로 하는 가상의 원에 대한 중심점 좌표를 추정하는 단계, 및 상기 외곽선을 구성하는 선택된 임의 좌표와 상기 중심점 좌표를 이용하여 상기 곡면에 대한 곡률을 추정하는 단계를 포함하는 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법을 제공한다.

상기 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법 및 장치에 따르면, 곡면이 형성된 부품에 대한 촬상 영상으로부터 외곽선을 추출한 다음 상기 곡면에 해당하는 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 곡면을 호로 하는 가상의 원에 대한 중심점 좌표를 추정하는 것을 통해 상기 곡면에 대한 실제 곡률 값을 정확하게 추정할 수 있고 그에 따른 제품 생산 효율을 높일 수 있는 이점이 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

이삭

경기도 오산시 갈곶동 화남아파트 101동 103호

박종섭

전라남도 목포시 죽동 162번지

특허청구의 범위

청구항 1

비전 기반의 부품 곡률 추정 장치를 이용한 부품 곡률 추정 방법에 있어서,

곡면이 형성된 부품에 대한 촬상 영상을 획득하는 단계;

상기 촬상 영상으로부터 상기 부품의 외곽선을 추출하는 단계;

상기 곡면에 대응되는 상기 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 곡면을 호로 하는 가상의 원에 대한 중심점 좌표를 추정하는 단계; 및

상기 외곽선을 구성하는 선택된 임의 좌표와 상기 중심점 좌표를 이용하여 상기 곡면에 대한 곡률을 추정하는 단계를 포함하는 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 중심점 좌표를 추정하는 단계는,

상기 외곽선을 구성하는 좌표들 중 N개의 좌표들 (x_i, y_i) 을 이용하여 상기 중심점 좌표 (x_0, y_0) 를 아래의 수학 식으로 연산하는 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법:

$$x = (A^T A)^{-1} A^T b,$$

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \\ \dots & \dots \\ a_N & b_N \end{bmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_N \end{bmatrix}$$

여기서, 상기 i 는 $1 \sim N$ 이고, 상기 N 은 2 이상의 자연수이며, $a_i = -2x_i + 2x_{i+1}$, $b_i = -2y_i + 2y_{i+1}$, $c_i = x_{i+1}^2 - x_i^2 + y_{i+1}^2 - y_i^2$ 이다.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 중심점 좌표를 추정하는 단계는,

상기 곡면에 대응되는 상기 외곽선의 좌표들 중에서 상기 외곽선의 양 끝점에 해당되는 2개의 좌표를 이용하여 상기 중심점 좌표를 연산하는 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

표본품의 곡면에 대해 획득된 기준 곡률 정보와 상기 추정된 곡률의 정보를 서로 비교하는 단계; 및

상기 추정된 곡률이 상기 기준 곡률의 오차 범위를 벗어난 경우, 곡률 성형 챔버를 제어하여 상기 부품의 곡률을 교정하는 단계를 더 포함하는 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 부품은 도어 프레임이고,

상기 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 도어 프레임의 길이와 폭, 타점의 개수, 타점 간 거리를 측정하는 단계를 더 포함하는 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법.

청구항 6

곡면이 형성된 부품에 대한 촬상 영상을 획득하는 영상 획득부;

상기 촬상 영상으로부터 상기 부품의 외곽선을 추출하는 외곽선 추출부;

상기 곡면에 대응되는 상기 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 곡면을 호로 하는 가상의 원에 대한 중심점 좌표를 추정하는 중심점 추정부; 및

상기 외곽선을 구성하는 선택된 임의 좌표와 상기 중심점 좌표를 이용하여 상기 곡면에 대한 곡률을 추정하는 곡률 추정부를 포함하는 비전 기반의 부품 곡률 추정 장치.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 중심점 추정부는,

상기 외곽선을 구성하는 좌표들 중 N개의 좌표들 (x_i, y_i) 을 이용하여 상기 중심점 좌표 (x_0, y_0) 를 아래의 수학 식으로 연산하는 비전 기반의 부품 곡률 추정 장치:

$$x = (A^T A)^{-1} A^T b,$$

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \\ \dots & \dots \\ a_N & b_N \end{bmatrix}, x = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_N \end{bmatrix}$$

여기서, 상기 i 는 1~N이고, 상기 N은 2 이상의 자연수이며, $a_i = -2x_i + 2x_{i+1}$, $b_i = -2y_i + 2y_{i+1}$, $c_i = x_{i+1}^2 - x_i^2 + y_{i+1}^2 - y_i^2$ 이다.

청구항 8

청구항 6 또는 청구항 7에 있어서,

상기 중심점 추정부는,

상기 곡면에 대응되는 상기 외곽선의 좌표들 중에서 상기 외곽선의 양 끝점에 해당되는 2개의 좌표를 이용하여 상기 중심점 좌표를 연산하는 비전 기반의 부품 곡률 추정 장치.

청구항 9

청구항 7에 있어서,

표본품의 곡면에 대해 획득된 기준 곡률 정보와 상기 추정된 곡률의 정보를 서로 비교하는 비교부; 및

상기 추정된 곡률이 상기 기준 곡률의 오차 범위를 벗어난 경우, 곡률 성형 챔버를 제어하여 상기 부품의 곡률을 교정하는 제어부를 더 포함하는 비전 기반의 부품 곡률 추정 장치.

청구항 10

청구항 7에 있어서,

상기 부품은 도어 프레임이고,

상기 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 도어 프레임의 길이와 폭, 타점의 개수, 타점 간 거리를 측정하는 측정부를 더 포함하는 비전 기반의 부품 곡률 추정 장치.

명세서

기술분야

- [0001] 본 발명은 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법 및 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 컴퓨터 비전 시스템을 이용한 영상 신호 처리 기술을 기반으로 부품의 곡면 부위에 대한 곡률을 추정할 수 있는 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 최근 컴퓨터 비전 시스템(Computer Vision System)에 대한 수요가 많아지고 관련 영상 처리 기술이 발전함에 따라 사회 전반적으로 영상 신호 처리 기술에 대한 관심이 증대되고 있다. 그 예로서 산업 현장에서 영상 신호 처리 기술을 활용한 공정 자동화 및 제품 규격 검사 시스템의 보급이 확대되고 있다.
- [0003] 일반적으로 카메라를 이용한 비전 시스템은 카메라, 조명, 컴퓨터, 응용 S/W를 수반하므로, 특정한 공정의 분야(ex, 반도체, TFT-LCD, LED) 혹은 어느 정도 이상의 규모를 갖는 중소기업 혹은 대기업이 아닌 이상 산업 현장에서 활용하기가 쉽지 않은 것이 현실이다. 카메라를 이용한 반도체 및 전자부품 검사 장비는 매우 일반적이고 다양하지만, 소량-다품종 생산을 하는 많은 자동차 부품 제조업 분야나 기타 많은 다른 제조업 분야에서는 아직도 이러한 카메라를 이용한 비전 시스템을 활용하지 못하고 있다.
- [0004] 국내공개특허 제1999-0059799호에는 자동차 곡면 부재의 CCD 촬영 영상을 이용하여 곡면을 측정한다는 구성이 개시되어 있지만, 이는 단순히 차체의 곡면을 촬영하는 기술에 한하고 있으며 실질적으로 곡면의 곡률 값 등을 측정할 수 있는 기술은 부재되어 있다. 따라서, 비전 시스템을 활용하여 제품의 곡률이나 규격을 측정할 수 있다면 제품 생산의 효율성을 높이고 불량률을 줄일 수 있게 될 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명은, 곡면이 형성된 부품에 대한 촬상 영상으로부터 외곽선을 추출한 다음 상기 곡면에 해당하는 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 곡면을 호로 하는 가상의 원에 대한 중심점 좌표를 추정하는 것을 통해 상기 곡면에 대한 실제 곡률 값을 정확하게 추정할 수 있고 그에 따른 제품 생산 효율을 높일 수 있는 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법 및 장치를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명은, 비전 기반의 부품 곡률 추정 장치를 이용한 부품 곡률 추정 방법에 있어서, 곡면이 형성된 부품에 대한 촬상 영상을 획득하는 단계와, 상기 촬상 영상으로부터 상기 부품의 외곽선을 추출하는 단계와, 상기 곡면에 대응되는 상기 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 곡면을 호로 하는 가상의 원에 대한 중심점 좌표를 추정하는 단계, 및 상기 외곽선을 구성하는 선택된 임의 좌표와 상기 중심점 좌표를 이용하여 상기 곡면에 대한 곡률을 추정하는 단계를 포함하는 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법을 제공한다.
- [0007] 여기서, 상기 중심점 좌표를 추정하는 단계는, 상기 외곽선을 구성하는 좌표들 중 N개의 좌표들 (x_i , y_i)을 이용하여 상기 중심점 좌표 (x_0 , y_0)를 아래의 수학식으로 연산할 수 있다.

[0008]

$$x = (A^T A)^{-1} A^T b,$$

[0009]

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \\ \dots & \dots \\ a_N & b_N \end{bmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_N \end{bmatrix}$$

[0010]

여기서, 상기 i 는 $1 \sim N$ 이고, 상기 N 은 2 이상의 자연수이며, $a_i = -2x_i + 2x_{i+1}$, $b_i = -2y_i + 2y_{i+1}$, $c_i = x_{i+1}^2 - x_i^2 + y_{i+1}^2 - y_i^2$ 이다.

[0011]

그리고, 상기 중심점 좌표를 추정하는 단계는, 상기 곡면에 대응되는 상기 외곽선의 좌표들 중에서 상기 외곽선의 양 끝점에 해당되는 2개의 좌표를 이용하여 상기 중심점 좌표를 연산할 수 있다.

[0012]

또한, 상기 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법은, 표본품의 곡면에 대해 획득된 기준 곡률 정보와 상기 추정된 곡률의 정보를 서로 비교하는 단계, 및 상기 추정된 곡률이 상기 기준 곡률의 오차 범위를 벗어난 경우, 곡률 성형 챔버를 제어하여 상기 부품의 곡률을 교정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013]

또한, 상기 부품은 도어 프레임이고, 상기 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법은 상기 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 도어 프레임의 길이와 폭, 타점의 개수, 타점 간 거리를 측정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0014]

그리고, 본 발명은 곡면이 형성된 부품에 대한 촬상 영상을 획득하는 영상 획득부와, 상기 촬상 영상으로부터 상기 부품의 외곽선을 추출하는 외곽선 추출부와, 상기 곡면에 대응되는 상기 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 곡면을 호로 하는 가상의 원에 대한 중심점 좌표를 추정하는 중심점 추정부, 및 상기 외곽선을 구성하는 선택된 임의 좌표와 상기 중심점 좌표를 이용하여 상기 곡면에 대한 곡률을 추정하는 곡률 추정부를 포함하는 비전 기반의 부품 곡률 추정 장치를 제공한다.

[0015]

여기서, 상기 비전 기반의 부품 곡률 추정 장치는 표본품의 곡면에 대해 획득된 기준 곡률 정보와 상기 추정된 곡률의 정보를 서로 비교하는 비교부, 및 상기 추정된 곡률이 상기 기준 곡률의 오차 범위를 벗어난 경우, 곡률 성형 챔버를 제어하여 상기 부품의 곡률을 교정하는 제어부를 더 포함할 수 있다.

[0016]

또한, 상기 부품은 도어 프레임이고, 상기 비전 기반의 부품 곡률 추정 장치는 상기 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 도어 프레임의 길이와 폭, 타점의 개수, 타점 간 거리를 측정하는 측정부를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0017]

본 발명에 따른 비전 기반의 부품 곡률 추정 방법 및 장치에 따르면, 곡면이 형성된 부품에 대한 촬상 영상으로부터 외곽선을 추출한 다음 상기 곡면에 해당하는 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 곡면을 호로 하는 가상의 원에 대한 중심점 좌표를 추정하는 것을 통해 상기 곡면에 대한 실제 곡률 값을 정확하게 추정할 수 있고 그에 따른 제품 생산 효율을 높일 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0018]

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 비전 기반의 부품 곡률 추정 장치의 구성도이다.

도 2는 도 1의 도어 프레임을 여러 각도로 도기한 도면이다.

도 3은 도 2의 도어 프레임을 가공하는 공정을 설명하는 개념도이다.

도 4는 도 1을 이용한 부품 곡률 추정 방법의 흐름도이다.

도 5는 도 4의 S410 단계에서 조명의 영향이 제거되기 이전과 이후의 촬상 영상의 정보를 나타낸다

도 6은 도 4의 S430 단계를 설명하는 개념도이다.

도 7은 도 4의 S410 내지 S430 단계를 요약한 화면을 나타낸다.

도 8은 도 2의 S460 단계를 설명하는 구성도이다.

도 9는 도 8에 대응되는 곡률 성형 챔버의 구성도이다.

도 10은 본 발명의 테스트를 위한 하드웨어 장비를 나타낸다.

도 11은 도 10에 의한 결과를 처리하는 응용 소프트웨어 화면을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 비전 기반의 부품 곡률 추정 장치의 구성도이다. 도 1을 참조하면, 상기 부품 곡률 추정 장치(100)는 영상 획득부(110), 외곽선 추출부(120), 중심점 추정부(130), 곡률 추정부(140), 비교부(150), 제어부(160), 측정부(170), 표시부(180)를 포함한다.

[0021] 상기 영상 획득부(110)는 곡면이 형성된 부품(10)에 대한 촬상 영상을 카메라(20)로부터 획득하는 부분이다. 상기 부품(10)은 곡면이 형성된 종류라면 무관하다. 이하에서는 상기 부품(10)이 차량의 도어 프레임인 경우를 실시예로 하여 설명한다.

[0022] 도 2는 도 1의 도어 프레임을 여러 각도로 도시한 도면이다. 도 3은 도 2의 도어 프레임을 가공하는 공정을 설명하는 개념도이다. 이러한 도 2에 도시된 도어 프레임(10)의 제조 공정을 도 3을 참조로 설명하면 다음과 같다.

[0023] 우선, 코일로 감겨 제공되는 평판형 재료를 초기성형, 중반성형, 후반성형, 최종성형을 거쳐 여러 번 절곡시킨 다음 서로 맞대어진 부분을 따라 여러 개의 롤 스톱 용접을 수행한 후 이를 곡면 성형 챔버로 이동시킨다. 그러면, 곡면 성형 챔버(Camber R)는 이동된 판형 재료를 곡면형의 재료로 성형(휨 가공)하여 배출하고 이후 절단 장치가 이를 원하는 길이로 절단한다. 이러한 도어 프레임(10)은 그 길이와 폭뿐만 아니라 곡률 값이 기 정해진 규격에 맞게 제조되어야 하며, 스폿 용접에 따른 타점(11)들 간의 간격 또한 일정해야 한다.

[0024] 상기 외곽선 추출부(120)는 상기 촬상 영상으로부터 상기 도어 프레임(10)의 외곽선을 추출한다. 외곽선 추출 기법은 기 공지된 다양한 방법이 사용될 수 있다.

[0025] 상기 중심점 추정부(130)는 상기 곡면에 대응되는 상기 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 곡면을 호(弧)로 하는 가상의 원에 대한 중심점 좌표를 추정한다. 이러한 중심점 좌표의 추정에는 N개의 특징점을 이용한 과결정법(Over-determined system)과 최소 자승법(Least-Mean Square)을 이용할 수 있다. 이러한 중심점 추정의 상세한 방법은 후술할 것이다.

[0026] 상기 곡률 추정부(140)는 상기 외곽선을 구성하는 선택된 임의 좌표와 상기 중심점 좌표를 이용하여 상기 곡면에 대한 곡률을 추정한다. 중심점과 원의 좌표들만 알면 곡면의 곡률 또한 쉽게 연산된다.

[0027] 상기 비교부(150)는 표본품의 곡면에 대해 획득된 기준 곡률 정보와, 상기 추정된 곡률의 정보를 서로 비교한다. 만약, 상기 추정된 곡률이 상기 기준 곡률의 오차 범위를 벗어난 경우, 상기 제어부(160)는 곡률 성형 챔버를 제어하여 상기 도어 프레임(10)의 곡률을 교정하도록 한다.

[0028] 상기 측정부(170)는 상기 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 도어 프레임(10)의 길이와 폭, 타점(11)의 개수, 타점(11) 간의 거리를 측정한다. 이러한 본 발명은 도어 프레임(10)의 곡률 값을 추정할 수 있을 뿐만 아니라 길이와 폭 등의 다양한 규격정보를 비전 정보에 기반하여 획득할 수 있다. 획득된 정보는 기 저장된 기준 규격 정보와 비교된 다음 해당 오차 범위에 속하는지의 여부에 따라 불량과 양품 판정을 수행할 수 있다.

[0029] 상기 표시부(180)는 상기 장치(100)에서의 일련의 과정들을 화면으로 제공하는 역할을 한다. 그리고, 별도의 입력부(미도시)를 통해 사용자로부터 각종 처리의 명령을 입력받으면 표시부(180)는 그에 대응되는 내용으로 화면을 전환하고 사용자에게 원하는 정보를 제공한다.

[0030] 도 4는 도 1을 이용한 부품 곡률 추정 방법의 흐름도이다. 이하에서는 이러한 비전 기반의 부품 곡률 추정 장치(100)를 이용한 부품 곡률 추정 방법에 관하여 상세히 알아본다.

[0031] 먼저, 영상 획득부(110)에서는 곡면이 형성된 부품(10)(이하, 도어 프레임)에 대한 촬상 영상을 카메라(20)로부

터 획득한다(S410).

[0032] 카메라 영상을 이용하여 제품의 규격을 검사하기 위해서는 먼저 카메라(20)의 다양한 왜곡을 보정하고, 카메라(20)의 한 화소가 실제 몇 mm에 해당하는지를 찾아내야 한다. 카메라 보정은 일반적으로 카메라의 렌즈 왜곡을 보정하는 과정이 필요하다. 일반적으로 체스판을 이용하여 카메라 보정을 수행하지만 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0033] 카메라 보정 이후에는 영상의 중심 부근에 집중되어 있는 불균일한 조명의 영향을 제거하는 과정이 필요하다. 이를 위해 기 공지된 Lab 컬러모델 변환을 통한 조명 제거 알고리즘을 적용할 수 있다. 이 알고리즘은 RGB 모델을 LAB 모델로 변환하여 명도(Lightness) 채널을 분리해낸 다음, 미디언 필터(Median Filter)를 적용하여 그래디에이션(Gradation) 조명의 정보를 얻어내고, 이를 반전하여 반전된 조명을 얻어낸다. 도 5는 도 4의 S410 단계에서 조명의 영향이 제거되기 이전과 이후의 촬상 영상의 정보를 나타낸다. 앞서 반전된 조명을 원본 영상과 Composition하면 조명의 영향이 제거된 영상을 얻을 수 있다.

[0034] 이렇게 도어 프레임(10)의 촬상 영상을 획득한 다음, 외곽선 추출부(120)에서는 상기 촬상 영상으로부터 상기 도어 프레임(10)의 외곽선을 추출한다(S420). 이러한 S420 단계는 영상으로부터 물체의 외곽선을 추출하는 기 공지된 다양한 방법이 적용될 수 있다. 예를 들어 S420 단계는 Canny 에지 검출 방식을 사용할 수 있다.

[0035] 이후, 중심점 추정부(130)에서는 상기 곡면에 대응되는 상기 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 곡면을 호(弧)로 하는 가상의 원에 대한 중심점 좌표를 추정한다(S430).

[0036] 도 6은 도 4의 S430 단계를 설명하는 개념도이다. 도어 프레임(10)의 곡물 정보는 도어 프레임(10)의 외곽선 상의 각 좌표로부터 일정한 거리(R) 상에 위치한 중심점 C를 통해 획득할 수 있다.

[0037] 중심점 좌표의 추정에는 2개 또는 그 이상의 복수 개의 외곽선 좌표들을 이용할 수 있다. 만약, 상기 곡면에 대응되는 상기 외곽선의 좌표들 중에서 상기 외곽선의 양 끝점에 해당되는 2개의 좌표(도 6의 A,B)를 이용하여 상기 중심점 좌표를 연산하는 경우, 선분 CA와 선분 CB의 길이가 같다는 점을 이용한다.

[0038] 중심점 C(x_0, y_0)는 두 점 A(x_1, y_1), B(x_2, y_2)에 대하여 수학식 1과 수학식 2를 통해 얻을 수 있다.

수학식 1

$$\overline{CA} = \overline{CB}$$

수학식 2

$$\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2} = \sqrt{(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2}$$

수학식 2를 풀어 정리하면, 수학식 3과 수학식 4를 얻을 수 있다.

수학식 3

$$[-2x_1 + 2x_2 \quad -2y_1 + 2y_2] \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} = [x_2^2 - x_1^2 + y_2^2 - y_1^2]$$

수학식 4

$$\begin{bmatrix} a_1 & b_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} = c_1$$

[0043]

여기서,

$$a_1 = -2x_1 + 2x_2, \quad b_1 = -2y_1 + 2y_2,$$

$$c_1 = x_2^2 - x_1^2 + y_2^2 - y_1^2 \text{ 이다.}$$

[0044]

[0045] 이러한 두 점만으로 중심점 좌표를 계산할 수 있으나, 영상에 잡음이 포함되거나, 촬상 영상을 구성하는 프레임 간의 충분한 대조비(contrast)가 확보되지 않은 경우에는 오차를 유발하게 된다.

[0046] 본 실시예에서는 계산상의 충분한 강인성을 보장하기 위하여 과결정 시스템(Over-determined system)을 이용하도록 한다.

[0047] N 개의 특징점에 대한 과결정 시스템을 적용하면, 수학식 4는 수학식 5로 정의될 수 있다.

수학식 5

$$\begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \\ \dots & \dots \\ a_N & b_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_N \end{bmatrix}$$

[0048]

[0049] 수학식 5를 행렬과 벡터의 형태로 표현하면 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$Ax = b$$

[0050]

[0051] 이러한 수학식 6의 각 요소는 아래의 수학식 7로 정리된다.

수학식 7

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \\ \dots & \dots \\ a_N & b_N \end{bmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_N \end{bmatrix}$$

[0052]

[0053] 여기서, 곡물의 중심점 좌표에 대해 최소 자승법 추정 알고리즘을 적용하면 수학식 8의 결과를 얻을 수 있다.

수학식 8

$$x = (A^T A)^{-1} A^T b$$

[0055] 본 발명에서는 이러한 수학식 7과 수학식 8을 통해 최종적으로 중심점 좌표 $C(x_0, y_0)$ 를 획득할 수 있다.

[0056] 이상과 같이, 본 발은 도어 프레임(10)의 외곽선을 구성하는 좌표들 중 N개의 좌표들 (x_i, y_i) 을 이용하여 상기 중심점 좌표 (x_0, y_0) 를 수학식 7과 8을 통해 얻는다. 여기서, i 는 1~N이고, N은 2 이상의 자연수이며, $a_i = -2x_i + 2x_{i+1}$, $b_i = -2y_i + 2y_{i+1}$, $c_i = x_{i+1}^2 - x_i^2 + y_{i+1}^2 - y_i^2$ 이다.

[0057] 도 7은 도 4의 S410 내지 S430 단계를 요약한 화면을 나타낸다. 도 7의 (a)는 카메라(20)로부터 획득된 촬상 영상에 해당되고, (b)는 노이즈를 제거하여 영상을 전처리한 영상으로서 모두 S410 단계와 관련된다. 도 7의 (c)는 외곽선을 추출하는 S420 단계에 해당되고, (d)는 중심점 좌표의 추정을 위한 S430 단계에 해당된다. 이러한 도 7의 화면은 실제로 곡물 추정을 위한 과정에서 표시부(180) 상에 제공되는 화면에 해당될 수 있다.

[0058] 이후, 상기 곡물 추정부(140)에서는 상기 외곽선을 구성하는 선택된 임의 좌표와 상기 추정된 중심점 좌표를 이용하여 상기 곡면에 대한 곡물을 추정한다(S440). 예를 들어, 선분 CA 또는 선분 CB의 길이를 계산하면 곡물을 추정할 수 있다. 원을 구성하는 임의 좌표와 그 중심점만 알면(원이 정의되면) 해당 곡물을 계산할 수 있음은 자명한 것이므로 곡물을 계산하는 구체적인 방법은 생략한다.

[0059] 이렇게 곡물이 계산되면, 비교부(150)에서는 이 추정된 곡물의 정보를 그 표본품의 곡면에 대한 기준 곡물 정보와 비교한다(S450).

[0060] 만약, 상기 추정된 곡물이 상기 기준 곡물의 오차 범위를 벗어난 경우, 제어부(160)에서는 곡물 성형 챔버를 제어하여 상기 도어 프레임(10)의 곡물을 교정한다(S460).

[0061] 도 8은 도 2의 S460 단계를 설명하는 구성도이다. 도 9는 도 8에 대응되는 곡물 성형 챔버의 구성도이다. 도 8은 도 9의 곡물 성형 챔버를 개략적으로 도시한 것으로서, 도어 프레임(10)의 양측면에 접하는 롤러(30)과 이를 구동시키는 모터 등으로 구성된다. 제어부(160)를 통해 모터를 제어하여 롤러(30)의 이동 방향(화살표 방향)과 이동량을 조절함에 따라, 도어 프레임(10)을 원하는 곡물로 교정할 수 있다.

[0062] 한편, 본 발명은 이러한 도어 프레임(10)의 곡물 측정 이외에도, 상기 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 도어 프레임(10)의 길이와 폭, 타점(11)의 개수, 타점(11) 간의 거리를 측정하는 과정을 포함한다.

[0063] 예를 들어, 상기 도어 프레임(10)의 좌우 길이는 앞서 추출된 곡면 외곽선으로부터 양 끝점(A,B)의 좌표 추출을 통해, 두 좌표 간의 유클리디안 거리(Euclidean distance)로 측정할 수 있다. 그리고, 도어 프레임(10)의 폭은 측정된 유클리디안 거리의 중점 부근에 대응되는 위아래 외곽선의 두 좌표점 간의 거리를 계산하여 측정할 수 있다.

[0064] 타점(11)의 개수와 타점(11)의 간 거리의 경우, 촬상 영상에 대해 블롭 라벨링(blob labeling) 등과 같은 이미지 처리를 수행하여 타점 후보를 추출하고, 일정한 크기(ex, 반지름, 직경)를 만족하는 타점을 선정하여 타점(11)의 개수를 측정한다. 또한, 라벨링된 타점의 중점 좌표를 계산하고, 이 중점 좌표들 간의 거리를 통해 타점(11)간의 거리를 측정한다.

[0065] 이하에서는 본 발명의 실시예의 테스트 결과를 설명한다.

[0066] 도 10은 본 발명의 테스트를 위한 하드웨어 장비를 나타낸다. 이러한 도 10은 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 도어 프레임의 규격을 검사하기 위해서 도어 프레임을 촬영할 수 있는 하드웨어 시스템으로서, 카메라, 조명, 도어 프레임 거치대 등을 포함한다. 하드웨어의 경우 한번에 도어 프레임의 윗면과 옆면을 모두 촬영하기 위해 두 대의 카메라를 사용하였고, 외부 조명환경의 영향을 배제하기 위해 내부 LED 조명을 사용하였다.

[0067] 도 11은 도 10에 의한 결과를 처리하는 응용 소프트웨어 화면을 나타낸다. 소프트웨어 개발환경은 Windows7 O.S에서 Visual Studio 2010과 OpenCV 라이브러리를 활용하였다. 이러한 도 11은 표시부(180)를 통해 표시되는 화

면으로서, 검사제품 선택, 카메라 연결, 검사 시작, 결과 저장, 규격 설정, 종료 등의 명령 실행 버튼과, 촬상 영상의 원본 영상 및 측정 영상을 비교하여 제공하고, 이외에도 측정 항목의 선택(ex, 길이, 폭, 타점 개수, 타점 간 거리)이 가능하도록 한다. 측정 결과는 별도의 테이블 형태로 화면에 제공되는데, 이를 통해 기준 규격과 비교하여 오차가 어느 정도인지를 확인할 수 있게 하고, 오차의 정도에 따라 해당 부품이 불량인지 양품인지의 결과를 제공할 수 있다.

[0068] 표 1은 도어 프레임의 규격 검사 결과를 나타낸다.

표 1

[0069]

검사항목	기준규격	측정결과	오차(error)
프레임 길이	67.5000000	67.785866	0.285866
프레임 높이	3.400000	3.285714	-0.114286
프레임 폭	8.400000	8.387345	-0.012654
곡률(R)	126.1111	125.942046	-0.169054
스폿 개수	13	13	0
스폿 간격 1	3.9	3.811904	-0.088096
스폿 간격 2	3.1	2.998299	-0.101701
스폿 간격 3	5.5	5.425281	-0.074719
스폿 간격 4	8.1	8.124666	0.024666
스폿 간격 5	5	5.079418	0.079418
스폿 간격 6	7.4	7.518596	0.118596
스폿 간격 7	7.6	7.784870	0.184870
스폿 간격 8	5.0	5.095893	0.095893
스폿 간격 9	7.4	7.444864	0.044864
스폿 간격 10	5.4	5.379142	-0.020858
스폿 간격 11	3.05	2.911457	-0.138543
스폿 간격 12	3.9	3.836932	-0.063068

[0070] 도어 프레임의 모든 규격에 대하여 측정 추정 에러가 $\pm 0.5\text{cm}$ 이내로서 비교적 정확하고 정교한 추정이 가능함을 알 수 있다.

[0071] 검사 시간 측면을 고려하여 볼 때, 기존에는 작업자가 일일이 수동으로 검사를 수행하므로 전체 검사 시간이 15~25분 정도 소요되었으나 본 실시예의 경우 별도의 인력 없이 총 17개의 규격검사를 단 1분 이내로 처리할 수 있었다. 전체 검사 장비의 가격적인 측면을 고려하여 볼 때, 본 발명은 수십만원 대의 비교적 저렴한 산업용 CCD 카메라 2대로 구현함에 따라, 일반적인 고가의 컴퓨터 비전 시스템과 비교하여 경쟁력이 있으며 실용 가능성이 높은 이점이 있다.

[0072] 이상과 같은 본 발명에 따르면, 곡면이 형성된 부품에 대한 촬상 영상으로부터 외곽선을 추출한 다음 상기 곡면에 해당하는 외곽선의 임의 좌표들을 이용하여 상기 곡면을 호로 하는 가상의 원에 대한 중심점 좌표를 추정하는 것을 통해 상기 곡면에 대한 곡률 값을 정확하게 추정할 수 있고 그에 따른 제품 생산 효율을 높일 수 있는 이점이 있다.

[0073] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0074]

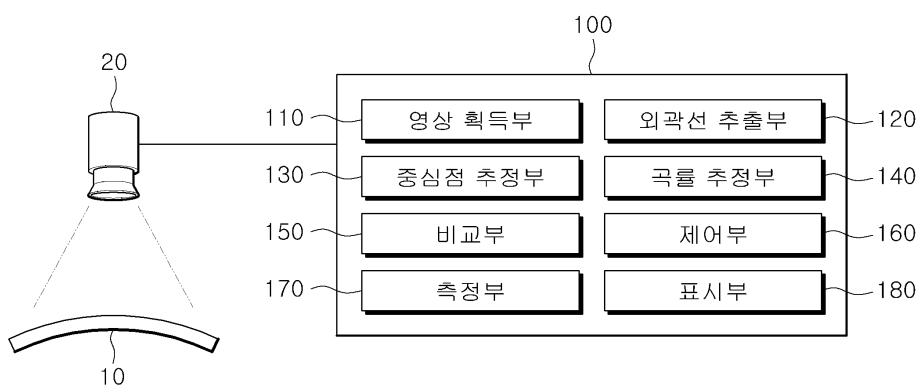
- 10: 부품
- 20: 카메라
- 100: 비전 기반의 부품 곡률 추정 장치
- 110: 영상 획득부
- 120: 외곽선 추출부
- 130: 중심점 추정부
- 140: 곡률 추정부
- 150: 비교부
- 160: 제어부

170: 측정부

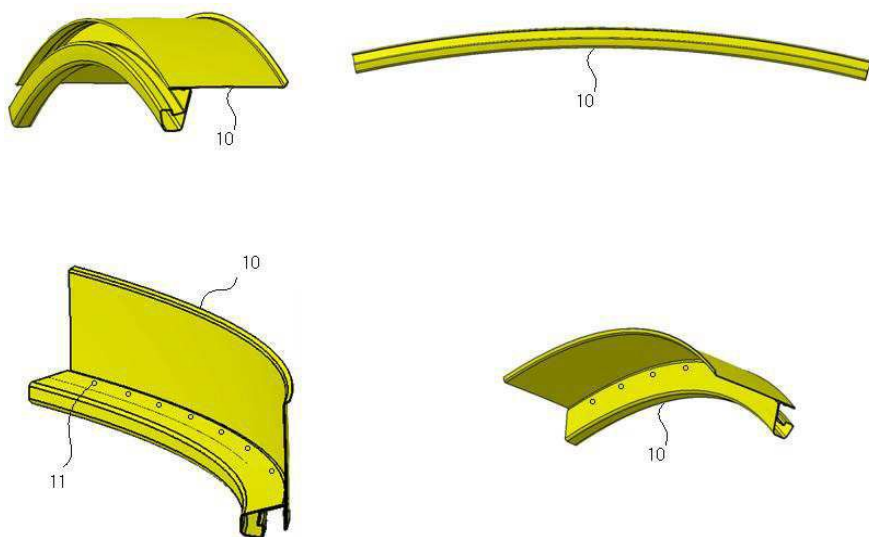
180: 표시부

도면

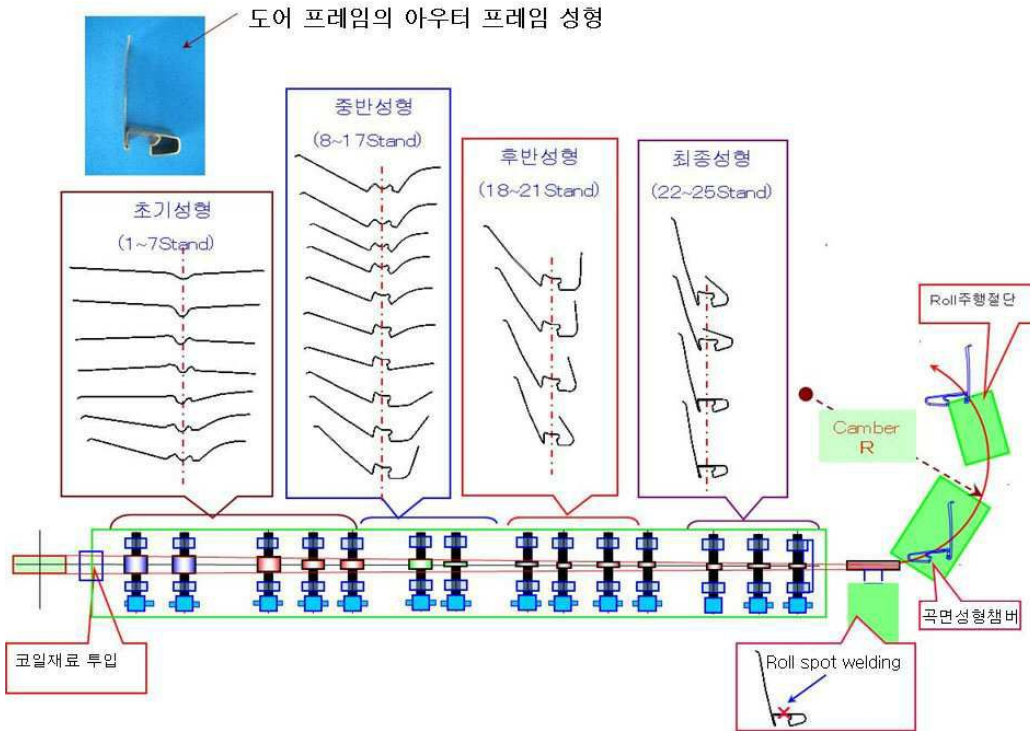
도면1



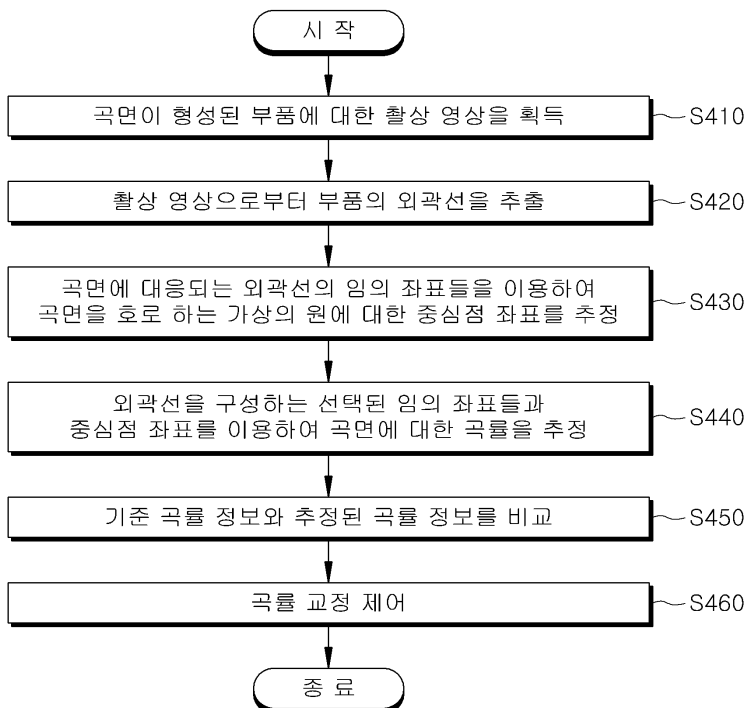
도면2



도면3



도면4



도면5

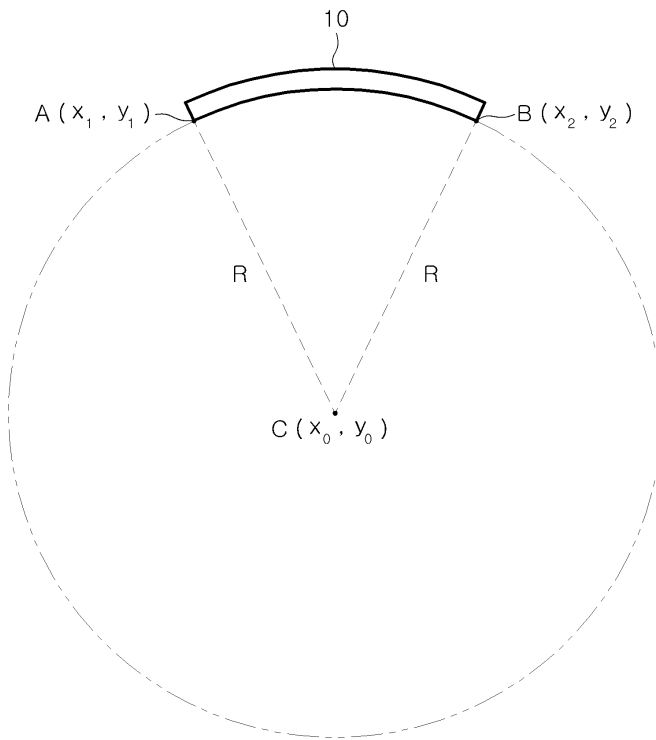


(a) 조명 영향 제거 전

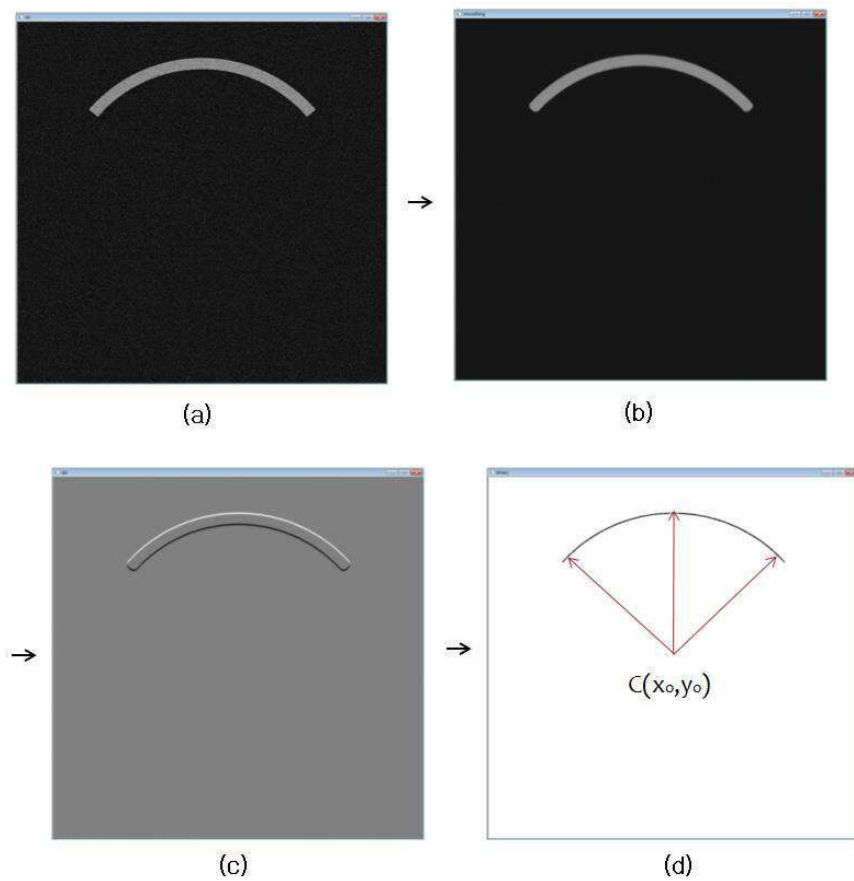


(b) 조명 영향 제거 후

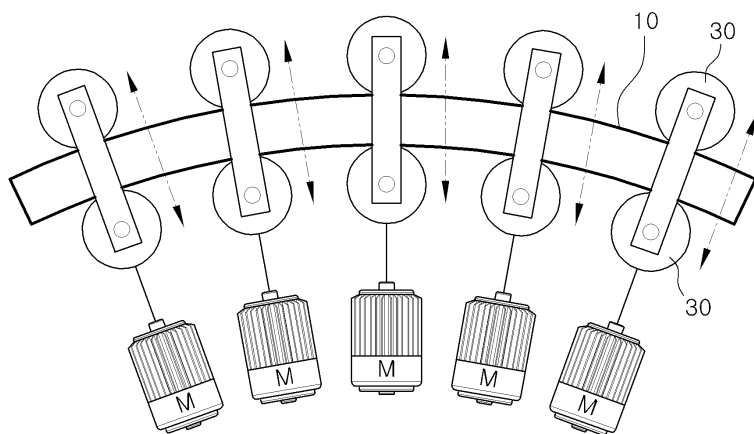
도면6



도면7



도면8



도면9



도면10



도면11

