(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년10월16일
(11) 등록번호 10-1451517
(24) 등록일자 2014년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 19/00 (2011.01) *G06F 17/50* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0085317
(22) 출원일자 2013년07월19일
심사청구일자 2013년07월19일
(56) 선행기술조사문헌
JP2008225589 A
박홍석 외 1명, "부품 연관 관계 분석 기반의 조립 순서 생성 시스템 개발", 한국 CAD/CAM 학회 논문집 Vol.18 No.1, 2013.02
KR101207098 B1

(73) 특허권자
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93
(72) 발명자
박홍석
울산 중구 운곡3길 24, 101동 1305호 (다운동, 삼성아파트)
박진우
울산 중구 다운6길 16, 103동 111호 (다운동, 다운아파트)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 22 항 심사관 : 손경완

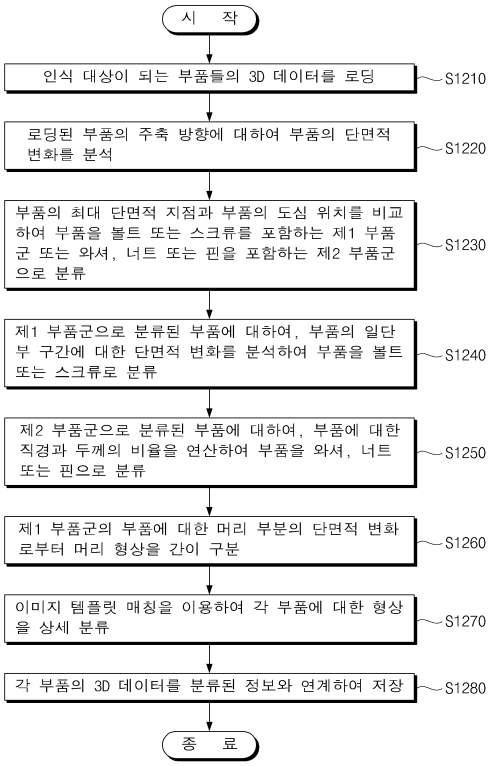
(54) 발명의 명칭 **체결구 인식 방법 및 그 장치**

(57) 요 약

본 발명은 체결구 인식 방법 및 그 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 인식 대상이 되는 부품들의 3D 데이터를 로딩하는 단계와, 상기 로딩된 부품의 주축 방향에 대하여 상기 부품의 단면적 변화를 분석하는 단계와, 상기 부품의 최대 단면적 지점이 상기 부품의 도심에서 벗어난 경우 상기 부품을 볼트 또는 스크류를 포함하는 제1

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도12



부품군으로 분류하고, 상기 도심에 위치한 경우 와셔, 너트 또는 핀을 포함하는 제2 부품군으로 분류하는 단계와, 상기 제1 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 상기 부품의 양단부 중에서 상기 도심을 기준으로 상기 최대 단면적 지점과 반대되는 일단부 구간에 대한 단면적 변화를 분석하여 상기 부품을 상기 볼트 또는 스크류로 분류하는 단계, 및 상기 제2 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 상기 부품에 대한 직경과 두께의 비율을 연산하여 상기 부품을 상기 와셔, 너트 또는 핀으로 분류하는 단계를 포함하는 체결구 인식 방법을 제공한다.

상기 체결구 인식 방법 및 그 장치에 따르면, 로딩된 부품의 단면적 변화를 분석하고 그 결과에 따라 이미지 템플릿 매칭을 활용하여 체결구의 종류 및 치수를 도출할 수 있어 조립 공정 계획에 있어 자동화 효율을 높이고 조립 방법 및 도구의 선정에 유용하게 활용될 수 있는 이점이 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10033163
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	산업원천기술개발사업
연구과제명	c-MES 공정지원 플랫폼 기술(4)
기 여 율	1/1
주관기관	한국과학기술연구원
연구기간	2013.01.01 ~ 2013.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

체결구 인식 장치를 이용한 체결구 인식 방법에 있어서,

인식 대상이 되는 부품들의 3D 데이터를 로딩하는 단계;

상기 로딩된 부품의 주축 방향에 대하여 상기 부품의 단면적 변화를 분석하는 단계;

상기 부품의 최대 단면적 지점이 상기 부품의 도심에서 벗어난 경우 상기 부품을 볼트 또는 스크류를 포함하는 제1 부품군으로 분류하고, 상기 도심에 위치한 경우 와셔, 너트 또는 핀을 포함하는 제2 부품군으로 분류하는 단계;

상기 제1 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 상기 부품의 양단부 중에서 상기 도심을 기준으로 상기 최대 단면적 지점과 반대되는 일단부 구간에 대한 단면적 변화를 분석하여 상기 부품을 상기 볼트 또는 스크류로 분류하는 단계; 및

상기 제2 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 상기 부품에 대한 직경과 두께의 비율을 연산하여 상기 부품을 상기 와셔, 너트 또는 핀으로 분류하는 단계를 포함하는 체결구 인식 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 주축 방향에 대하여 상기 부품의 단면적 변화를 분석하는 단계는,

상기 부품의 주축 방향에 대하여 상기 부품의 단면적 변화를 최소 자승법으로 분석하여, 상기 부품을 상기 단면적의 크기 또는 상기 단면적 변화의 기울기 값에 따라 상기 주축 방향에 대해 복수의 구간으로 구분하는 체결구 인식 방법.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 주축 방향에 대하여 상기 부품의 단면적 변화를 분석하는 단계는,

상기 부품의 도심 좌표를 획득하는 단계;

획득된 상기 부품의 도심에 대하여 XY 평면, YZ 평면, ZX 평면을 생성하는 단계;

상기 도심을 기준으로 +/- z축, +/- x축, +/- y축 방향으로 각각의 평면을 기 설정된 간격마다 이동시키면서 상기 이동에 따른 상기 부품과 상기 각 평면 간의 공통 면적을 획득하는 단계;

상기 각 평면 별로 상기 공통 면적의 변화가 없는 구간의 개수를 판단하고, 상기 판단된 개수가 가장 많은 평면에 대응하는 축 방향을 상기 주축 방향으로 설정하는 단계; 및

상기 설정한 주축 방향에 대한 공통 면적의 변화를 이용하여 상기 주축 방향에 대한 상기 부품의 단면적 변화를 분석하는 단계를 포함하는 체결구 인식 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 도심을 기준으로 +/- z축, +/- x축, +/- y축 방향으로 각각의 평면을 기 설정된 간격마다 이동시키면서 상기 이동에 따라 획득되는 데이터의 개수로부터 해당 부품의 치수 정보를 획득하는 체결구 인식 방법.

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 제1 부품군으로 분류된 부품은,

상기 복수의 구간 중 처음 구간에 해당되는 상기 최대 단면적 지점이 위치하는 머리 부분과, 나머지 구간에 해당되는 몸통 부분을 포함하고,

상기 제1 부품군으로 분류된 부품을 볼트 또는 스크류로 분류하는 단계는,

상기 복수의 구간 중 마지막 구간인 상기 몸통의 끝 구간에 대한 단면적 변화를 최소 자승법으로 분석하여 1차 함수(y=ax+b; 부품의 주축 방향 x의 각 지점별 단면적 크기 y의 함수)를 도출하되, 상기 도출된 1차 함수의 a=0이면 상기 볼트, a≠0이면 상기 스크류로 분류하는 체결구 인식 방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 제1 부품군으로 분류된 부품을 볼트 또는 스크류로 분류하는 단계 이후, 상기 볼트 또는 스크류로 분류된 부품에 대한 머리 형상을 간이 분류하는 단계를 더 포함하며,

상기 머리 형상을 간이 분류하는 단계는,

상기 복수의 구간 중 처음 구간에 해당되는 상기 부품의 머리 부분에 대한 단면적 변화를 최소 자승법으로 분석하여 2차 함수($y=ax^2+by+c$; 부품의 주축 방향 x의 각 지점별 단면적 크기 y의 함수)를 도출하되, 상기 도출된 2차 함수의 a>0이면 접시 머리, a<0이면 둥근 머리로 분류하고, a=0인 부품은 단면적이 일정한 머리 군으로 분류하는 체결구 인식 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 볼트 또는 스크류로 분류된 부품에 대한 머리 형상을 상세 분류하는 단계를 더 포함하며,

상기 부품에 대한 머리 형상을 상세 분류하는 단계는,

상기 머리 부분의 임의 지점을 캡쳐한 단면 형상을 미리 저장된 템플릿들과 비교하여 이미지 매칭을 수행함에 따라, 상기 부품에 대한 머리의 둘레 형상 및 상기 머리에 형성된 홈 형상에 대한 상세 분류를 수행하는 체결구 인식 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 부품에 대한 머리 형상을 상세 분류하는 단계는,

상기 머리 부분의 제1 임의 지점에 대한 단면 형상을 캡쳐하고, 상기 캡쳐된 단면 형상에 원이 존재하는지를 판단하는 단계;

상기 원이 존재하는 경우, 상기 단면 형상을 기 저장된 원형의 템플릿들과 이미지 매칭을 수행하고 상관도가 가장 높은 원형의 템플릿을 선정하여 상기 부품의 머리 형상을 상기 선정된 원형의 템플릿에 대응하는 머리 형상으로 상세 분류하는 단계;

상기 원이 존재하지 않는 경우, 상기 단면 형상에서 직선의 개수를 n을 획득하는 단계; 및

상기 n≥3이면 상기 단면 형상을 기 저장된 각형의 템플릿들과 이미지 매칭을 수행하고 상관도가 가장 높은 템플릿을 선정하여 상기 부품의 머리 형상을 상기 선정된 각형의 템플릿에 대응하는 머리 형상으로 상세 분류하는 단계를 포함하는 체결구 인식 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 부품에 대한 머리 형상을 상세 분류하는 단계는,

상기 제1 임의 지점에 대한 단면 형상에 원이 존재하는 경우 상기 원의 최대 반경 값 r_1을 픽셀 단위로 미리 도출하는 단계;

상기 머리 부분의 제1 임의 지점에서 상기 주축 방향으로 임의 거리 더 이동한 제2 임의 지점에 대한 단면 형상을 캡쳐하고, 상기 캡쳐된 단면 형상에 원이 존재하는지를 판단하는 단계;

상기 제2 임의 지점에 대한 단면 형상에 원이 존재하는 경우 원의 최대 반경 값 r_2을 픽셀 단위로 도출하는 단계; 및

상기 부품에 대한 $r_1<r_2$ 이면 둥근 머리, $r_1>r_2$ 이면 접시 머리, $r_1=r_2$ 이면 렌치 머리로 최종 분류하는 단계를 더 포함하는 체결구 인식 방법.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 제2 부품군으로 분류된 부품을 와셔, 너트 또는 핀으로 분류하는 단계는,

상기 부품의 도심을 기준으로 각 축의 방향에 대하여 기 설정된 간격으로 단면적 데이터를 획득하고, 획득되는 데이터의 개수로부터 상기 부품의 치수 정보를 획득하고,

상기 부품의 두께 대비 직경의 비율(R)이 제1 범위($5.5\leq R\leq 18$)에 속하면 상기 와셔, 제2 범위($1.7\leq R\leq 2.5$)에 속하면 상기 너트, 제3 범위($R\leq 1$)에 속하면 상기 핀으로 분류하는 체결구 인식 방법.

청구항 11

청구항 1 또는 청구항 10에 있어서,

상기 제2 부품군으로 분류된 부품을 와셔, 너트 또는 핀으로 분류하는 단계 이후,

상기 와셔, 너트 또는 핀으로 분류된 부품의 임의 지점을 캡쳐한 단면 형상을 미리 저장된 템플릿들과 비교하여 이미지 매칭을 수행함에 따라, 상기 부품에 대한 둘레 및 내주 형상의 상세 분류를 수행하는 단계를 더 포함하는 체결구 인식 방법.

청구항 12

인식 대상이 되는 부품들의 3D 데이터를 로딩하는 데이터 로딩부;

상기 로딩된 부품의 주축 방향에 대하여 상기 부품의 단면적 변화를 분석하는 단면적 분석부;

상기 부품의 최대 단면적 지점이 상기 부품의 도심에서 벗어난 경우 상기 부품을 볼트 또는 스크류를 포함하는 제1 부품군으로 분류하고, 상기 도심에 위치한 경우 와셔, 너트 또는 핀을 포함하는 제2 부품군으로 분류하는 초기 분류부;

상기 제1 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 상기 부품의 양단부 중에서 상기 도심을 기준으로 상기 최대 단면적 지점과 반대되는 일단부 구간에 대한 단면적 변화를 분석하여 상기 부품을 상기 볼트 또는 스크류로 분류하는 제1 분류부; 및

상기 제2 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 상기 부품에 대한 직경과 두께의 비율을 연산하여 상기 부품을 상기 와셔, 너트 또는 핀으로 분류하는 제2 분류부를 포함하는 체결구 인식 장치.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 단면적 분석부는,

상기 부품의 주축 방향에 대하여 상기 부품의 단면적 변화를 최소 자승법으로 분석하여, 상기 부품을 상기 단면적의 크기 또는 상기 단면적 변화의 기울기 값에 따라 상기 주축 방향에 대해 복수의 구간으로 구분하는 체결구 인식 장치.

청구항 14

청구항 12 또는 청구항 13에 있어서,

상기 단면적 분석부는,

상기 부품의 도심 좌표를 획득하고, 획득된 상기 부품의 도심에 대하여 XY 평면, YZ 평면, ZX 평면을 생성하며,

상기 도심을 기준으로 +/- z축, +/- x축, +/- y축 방향으로 각각의 평면을 기 설정된 간격마다 이동시키면서 상기 이동에 따른 상기 부품과 상기 각 평면 간의 공통 면적을 획득한 다음,

상기 각 평면 별로 상기 공통 면적의 변화가 없는 구간의 개수를 판단하고, 상기 개수가 가장 많은 평면에 대응하는 축 방향을 상기 주축 방향으로 설정하며,

상기 설정한 주축 방향에 대한 공통 면적의 변화를 이용하여 상기 주축 방향에 대한 상기 부품의 단면적 변화를 분석하는 체결구 인식 장치.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 도심을 기준으로 +/- z축, +/- x축, +/- y축 방향으로 각각의 평면을 기 설정된 간격마다 이동시키면서 상기 이동에 따라 획득되는 데이터의 개수로부터 해당 부품의 치수 정보를 획득하는 체결구 인식 장치.

청구항 16

청구항 14에 있어서,

상기 제1 부품군으로 분류된 부품은,

상기 복수의 구간 중 처음 구간에 해당되는 상기 최대 단면적 지점이 위치하는 머리 부분과, 나머지 구간에 해당되는 몸통 부분을 포함하고,

상기 제1 분류부는,

상기 복수의 구간 중 마지막 구간인 상기 몸통의 끝 구간에 대한 단면적 변화를 최소 자승법으로 분석하여 1차 함수(y=ax+b; 부품의 주축 방향 x의 각 지점별 단면적 크기 y의 함수)를 도출하되, 상기 도출된 1차 함수의 a=0이면 상기 볼트, a≠0이면 상기 스크류로 분류하는 체결구 인식 장치.

청구항 17

청구항 16에 있어서,

상기 볼트 또는 스크류로 분류된 부품에 대한 머리 형상을 간이 분류하는 머리 형상 분류부를 더 포함하며,

상기 머리 형상 분류부는,

상기 복수의 구간 중 처음 구간에 해당되는 상기 부품의 머리 부분에 대한 단면적 변화를 최소 자승법으로 분석하여 2차 함수($y=ax^2+by+c$; 부품의 주축 방향 x의 각 지점별 단면적 크기 y의 함수)를 도출하되, 상기 도출된 2차 함수의 a>0이면 접시 머리, a<0이면 둥근 머리로 분류하고, a=0인 부품은 단면적이 일정한 머리 군으로 분류하는 체결구 인식 장치.

청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 볼트 또는 스크류로 분류된 부품에 대한 머리 형상을 상세 분류하는 제1 템플릿 매칭부를 더 포함하며,

상기 제1 템플릿 매칭부는,

상기 머리 부분의 임의 지점을 캡쳐한 단면 형상을 미리 저장된 템플릿들과 비교하여 이미지 매칭을 수행하여, 상기 부품에 대한 머리의 둘레 형상 및 상기 머리에 형성된 홈 형상에 대한 상세 분류를 수행하는 체결구 인식 장치.

청구항 19

청구항 18에 있어서,

상기 제1 템플릿 매칭부는,

상기 머리 부분의 제1 임의 지점에 대한 단면 형상을 캡처하고, 상기 캡처된 단면 형상에 원이 존재하는지를 판단하고,

상기 원이 존재하는 경우, 상기 단면 형상을 기 저장된 원형의 템플릿들과 이미지 매칭을 수행하고 상관도가 가장 높은 원형의 템플릿을 선정하여 상기 부품의 머리 형상을 상기 선정된 원형의 템플릿에 대응하는 머리 형상으로 상세 분류하며,

상기 원이 존재하지 않는 경우, 상기 단면 형상에서 직선의 개수를 n을 획득한 후,

상기 n≥3이면 상기 단면 형상을 기 저장된 각형의 템플릿들과 이미지 매칭을 수행하고 상관도가 가장 높은 템플릿을 선정하여 상기 부품의 머리 형상을 상기 선정된 각형의 템플릿에 대응하는 머리 형상으로 상세 분류하는 체결구 인식 장치.

청구항 20

청구항 19에 있어서,

상기 제1 템플릿 매칭부는,

상기 제1 임의 지점에 대한 단면 형상에 원이 존재하는 경우 상기 원의 최대 반경 값 r_1을 픽셀 단위로 도출하며,

상기 머리 부분의 제1 임의 지점에서 상기 주축 방향으로 임의 거리 더 이동한 제2 임의 지점에 대한 단면 형상을 캡처하고, 상기 캡처된 단면 형상에 원이 존재하는지를 판단한 다음,

상기 제2 임의 지점에 대한 단면 형상에 원이 존재하는 경우 원의 최대 반경 값 r_2을 픽셀 단위로 도출하고,

상기 부품에 대한 $r_1<r_2$ 이면 둥근 머리, $r_1>r_2$ 이면 접시 머리, $r_1=r_2$ 이면 렌치 머리로 최종 분류하는 체결구 인식 장치.

청구항 21

청구항 12에 있어서,

상기 제2 분류부는,

상기 부품의 도심을 기준으로 각 축의 방향에 대하여 기 설정된 간격으로 단면적 데이터를 획득하고, 획득되는 데이터의 개수로부터 상기 부품의 치수 정보를 획득하고,

상기 부품의 두께 대비 직경의 비율(R)이 제1 범위(5.5≤R≤18)에 속하면 상기 와셔, 제2 범위(1.7≤R≤2.5)에 속하면 상기 너트, 제3 범위(R≤1)에 속하면 상기 핀으로 분류하는 체결구 인식 장치.

청구항 22

청구항 12 또는 청구항 21에 있어서,

상기 와셔, 너트 또는 핀으로 분류된 부품의 임의 지점을 캡처한 단면 형상을 미리 저장된 템플릿들과 비교하여 이미지 매칭을 수행함에 따라, 상기 부품에 대한 둘레 및 내주 형상의 상세 분류를 수행하는 제2 템플릿 매칭부를 더 포함하는 체결구 인식 장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 체결구 인식 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 조립 공정 계획 자동화 지원을 위한 체결구 인식 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 조립 공정 계획은 대개 전문가의 경험 및 지식에 의하여 수동으로 수행되고 있는 실정이다. 전통적인 조립 공정

계획 작업은 조립 공정 계획자의 경험 및 지식 기반의 판단에 의해 수동으로 수립되어 진다. 그러나 이러한 수동적인 공정 계획은 조립 부품의 수가 많아지고 복잡해질 경우 공정 계획 수행 시간이 크게 증가할 수 있으며, 공정 오류 발생의 가능성 또한 높아질 수 있다. 게다가 숙련된 계획자일지라도 최적의 조립 공정 계획을 수립하는 것이 쉽지 않다.

[0003] 그러나 CAD(Computer Aided Design) 및 CAPP(Computer Aided Process Planning) 기술을 활용한 표준화된 조립 공정도의 생성은 수작업에 비해 신속히 도출할 수 있으며, 3D Data를 신속히 조립 공정도에 포함시킬 수 있어 조립 공정의 해석에 큰 이점을 주고 있다.

[0004] 이렇듯 발전의 속도가 가공에 비해 상대적으로 느린 조립 공정 계획의 자동화 기술을 위해 많은 연구들이 진행되어오고 있다. 조립 공정 계획은 조립 순서 계획, 조립 도구 계획 등을 포함하며 경우에 따라 조립 라인 밸런싱을 위한 시간 및 비용의 정도들을 포함하고 있다. 조립 순서는 조립 공정 계획의 가장 기본적인 요소이며 조립 순서 생성의 결과를 바탕으로 조립 장비 및 도구들이 결정되어 진다. 이러한 이유로 조립 공정 계획에 있어 조립 순서를 최적화하고 자동으로 생성하는 연구는 항상 끊임없이 관심 받아 오고 있으며 많은 연구자들이 다양한 방법으로 조립 순서 생성 및 최적화를 위한 연구에 몰두하고 있다.

[0005] 다시 말해 최적의 조립 순서 생성과, 이에 따른 가장 적합한 장비/도구 선정이 자동으로 생성되어 진다면 이들 정보를 활용하여 자동 생성된 조립 공정 계획은 신뢰성을 확보할 수 있을 것이며 그 파급효과가 상당할 것으로 판단된다.

[0006] 일반적으로 조립 모델을 구성하는 부품으로는 체결구 부품(ex, 볼트, 스크류, 너트, 와셔, 핀)과 그 외의 일반 부품을 포함한다. 조립 공정 계획 자동화 지원을 위해서는 도면 데이터로부터 각 부품에 대한 조립 순서를 자동으로 생성하고 오류를 정정하는 등의 과정을 필요로 한다. 그런데 종래의 경우 각 부품의 종류(ex, 볼트, 스크류, 너트, 와셔, 핀, 일반 부품)를 자동으로 인식하고 이를 기반으로 조립 공정 계획을 수립하는 기술에 대해서는 부재되어 있다. 도면 데이터로부터 체결구의 종류를 자동으로 인식하면 조립 공정 계획의 효율을 더욱 높일 수 있을 것이다.

[0007] 본 발명의 배경이 되는 기술은 국내공개특허 제2004-0080814호(2004.09.20 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은, 도면 데이터에 포함된 부품들로부터 일반 부품과 체결구 부품 구분하고 체결구의 종류를 자동으로 인식할 수 있어 조립 공정 계획의 자동화 효율을 높일 수 있는 체결구 인식 방법 및 그 장치를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은, 인식 대상이 되는 부품들의 3D 데이터를 로딩하는 단계와, 상기 로딩된 부품의 주축 방향에 대하여 상기 부품의 단면적 변화를 분석하는 단계와, 상기 부품의 최대 단면적 지점이 상기 부품의 도심에서 벗어난 경우 상기 부품을 볼트 또는 스크류를 포함하는 제1 부품군으로 분류하고, 상기 도심에 위치한 경우 와셔, 너트 또는 핀을 포함하는 제2 부품군으로 분류하는 단계와, 상기 제1 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 상기 부품의 양단부 중에서 상기 도심을 기준으로 상기 최대 단면적 지점과 반대되는 일단부 구간에 대한 단면적 변화를 분석하여 상기 부품을 상기 볼트 또는 스크류로 분류하는 단계, 및 상기 제2 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 상기 부품에 대한 직경과 두께의 비율을 연산하여 상기 부품을 상기 와셔, 너트 또는 핀으로 분류하는 단계를 포함하는 체결구 인식 방법을 제공한다.

[0010] 여기서, 상기 주축 방향에 대하여 상기 부품의 단면적 변화를 분석하는 단계는, 상기 부품의 주축 방향에 대하여 상기 부품의 단면적 변화를 최소 자승법으로 분석하여, 상기 부품을 상기 단면적의 크기 또는 상기 단면적 변화의 기울기 값에 따라 상기 주축 방향에 대해 복수의 구간으로 구분할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 주축 방향에 대하여 상기 부품의 단면적 변화를 분석하는 단계는, 상기 부품의 도심 좌표를 획득하는 단계와, 획득된 상기 부품의 도심에 대하여 XY 평면, YZ 평면, ZX 평면을 생성하는 단계와, 상기 도심을 기준으로 +/- z축, +/- x축, +/- y축 방향으로 각각의 평면을 기 설정된 간격마다 이동시키면서 상기 이동에 따른 상기 부품과 상기 각 평면 간의 공통 면적을 획득하는 단계와, 상기 각 평면 별로 상기 공통 면적의 변화가 없는 구간의 개수를 판단하고, 상기 판단된 개수가 가장 많은 평면에 대응하는 축 방향을 상기 주축 방향으로 설

정하는 단계, 및 상기 설정한 주축 방향에 대한 공통 면적의 변화를 이용하여 상기 주축 방향에 대한 상기 부품의 단면적 변화를 분석하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 도심을 기준으로 +/- z축, +/- x축, +/- y축 방향으로 각각의 평면을 기 설정된 간격마다 이동시키면서 상기 이동에 따라 획득되는 데이터의 개수로부터 해당 부품의 치수 정보를 획득할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 제1 부품군으로 분류된 부품은, 상기 복수의 구간 중 처음 구간에 해당되는 상기 최대 단면적 지점이 위치하는 머리 부분과, 나머지 구간에 해당되는 몸통 부분을 포함하고, 상기 제1 부품군으로 분류된 부품을 볼트 또는 스크류로 분류하는 단계는, 상기 복수의 구간 중 마지막 구간인 상기 몸통의 끝 구간에 대한 단면적 변화를 최소 자승법으로 분석하여 1차 함수(y=ax+b; 부품의 주축 방향 x의 각 지점별 단면적 크기 y의 함수)를 도출하되, 상기 도출된 1차 함수의 a=0이면 상기 볼트, a≠0이면 상기 스크류로 분류할 수 있다.

[0014] 여기서, 상기 체결구 인식 방법은, 상기 제1 부품군으로 분류된 부품을 볼트 또는 스크류로 분류하는 단계 이후, 상기 볼트 또는 스크류로 분류된 부품에 대한 머리 형상을 간이 분류하는 단계를 더 포함하며, 상기 머리 형상을 간이 분류하는 단계는, 상기 복수의 구간 중 처음 구간에 해당되는 상기 부품의 머리 부분에 대한 단면적 변화를 최소 자승법으로 분석하여 2차 함수($y=ax^2+by+c$; 부품의 주축 방향 x의 각 지점별 단면적 크기 y의 함수)를 도출하되, 상기 도출된 2차 함수의 a>0이면 접시 머리, a<0이면 둥근 머리로 분류하고, a=0인 부품은 단면적이 일정한 머리 군으로 분류할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 체결구 인식 방법은, 상기 볼트 또는 스크류로 분류된 부품에 대한 머리 형상을 상세 분류하는 단계를 더 포함하며, 상기 부품에 대한 머리 형상을 상세 분류하는 단계는, 상기 머리 부분의 임의 지점을 캡쳐한 단면 형상을 미리 저장된 템플릿들과 비교하여 이미지 매칭을 수행함에 따라, 상기 부품에 대한 머리의 둘레 형상 및 상기 머리에 형성된 홈 형상에 대한 상세 분류를 수행할 수 있다.

[0016] 여기서, 상기 부품에 대한 머리 형상을 상세 분류하는 단계는, 상기 머리 부분의 제1 임의 지점에 대한 단면 형상을 캡쳐하고, 상기 캡쳐된 단면 형상에 원이 존재하는지를 판단하는 단계와, 상기 원이 존재하는 경우, 상기 단면 형상을 기 저장된 원형의 템플릿들과 이미지 매칭을 수행하고 상관도가 가장 높은 원형의 템플릿을 선정하여 상기 부품의 머리 형상을 상기 선정된 원형의 템플릿에 대응하는 머리 형상으로 상세 분류하는 단계와, 상기 원이 존재하지 않는 경우, 상기 단면 형상에서 직선의 개수를 n을 획득하는 단계, 및 상기 n≥3이면 상기 단면 형상을 기 저장된 각형의 템플릿들과 이미지 매칭을 수행하고 상관도가 가장 높은 템플릿을 선정하여 상기 부품의 머리 형상을 상기 선정된 각형의 템플릿에 대응하는 머리 형상으로 상세 분류하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 부품에 대한 머리 형상을 상세 분류하는 단계는, 상기 제1 임의 지점에 대한 단면 형상에 원이 존재하는 경우 상기 원의 최대 반경 값 r_1을 픽셀 단위로 미리 도출하는 단계와, 상기 머리 부분의 제1 임의 지점에서 상기 주축 방향으로 임의 거리 더 이동한 제2 임의 지점에 대한 단면 형상을 캡쳐하고, 상기 캡쳐된 단면 형상에 원이 존재하는지를 판단하는 단계와, 상기 제2 임의 지점에 대한 단면 형상에 원이 존재하는 경우 원의 최대 반경 값 r_2을 픽셀 단위로 도출하는 단계, 및 상기 부품에 대한 $r_1<r_2$ 이면 둥근 머리, $r_1>r_2$ 이면 접시 머리, $r_1=r_2$ 이면 렌치 머리로 최종 분류하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 그리고, 상기 제2 부품군으로 분류된 부품을 와셔, 너트 또는 핀으로 분류하는 단계는, 상기 부품의 도심을 기준으로 각 축의 방향에 대하여 기 설정된 간격으로 단면적 데이터를 획득하고, 획득되는 데이터의 개수로부터 상기 부품의 치수 정보를 획득하고, 상기 부품의 두께 대비 직경의 비율(R)이 제1 범위(5.5≤R≤18)에 속하면 상기 와셔, 제2 범위(1.7≤R≤2.5)에 속하면 상기 너트, 제3 범위(R≤1)에 속하면 상기 핀으로 분류할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 체결구 인식 방법은, 상기 제2 부품군으로 분류된 부품을 와셔, 너트 또는 핀으로 분류하는 단계 이후, 상기 와셔, 너트 또는 핀으로 분류된 부품의 임의 지점을 캡쳐한 단면 형상을 미리 저장된 템플릿들과 비교하여 이미지 매칭을 수행함에 따라, 상기 부품에 대한 둘레 및 내주 형상의 상세 분류를 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0020] 그리고, 본 발명은 인식 대상이 되는 부품들의 3D 데이터를 로딩하는 데이터 로딩부와, 상기 로딩된 부품의 주축 방향에 대하여 상기 부품의 단면적 변화를 분석하는 단면적 분석부와, 상기 부품의 최대 단면적 지점이 상기 부품의 도심에서 벗어난 경우 상기 부품을 볼트 또는 스크류를 포함하는 제1 부품군으로 분류하고, 상기 도심에 위치한 경우 와셔, 너트 또는 핀을 포함하는 제2 부품군으로 분류하는 초기 분류부와, 상기 제1 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 상기 부품의 양단부 중에서 상기 도심을 기준으로 상기 최대 단면적 지점과 반대되는 일단부 구간에 대한 단면적 변화를 분석하여 상기 부품을 상기 볼트 또는 스크류로 분류하는 제1 분류부, 및 상기

제2 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 상기 부품에 대한 직경과 두께의 비율을 연산하여 상기 부품을 상기 와셔, 너트 또는 핀으로 분류하는 제2 분류부를 포함하는 체결구 인식 장치를 제공한다.

[0021] 여기서, 상기 단면적 분석부는, 상기 부품의 주축 방향에 대하여 상기 부품의 단면적 변화를 최소 자승법으로 분석하여, 상기 부품을 상기 단면적의 크기 또는 상기 단면적 변화의 기울기 값에 따라 상기 주축 방향에 대해 복수의 구간으로 구분할 수 있다.

[0022] 또한, 상기 단면적 분석부는, 상기 부품의 도심 좌표를 획득하고, 획득된 상기 부품의 도심에 대하여 XY 평면, YZ 평면, ZX 평면을 생성하며, 상기 도심을 기준으로 +/- z축, +/- x축, +/- y축 방향으로 각각의 평면을 기 설정된 간격마다 이동시키면서 상기 이동에 따른 상기 부품과 상기 각 평면 간의 공통 면적을 획득한 다음, 상기 각 평면 별로 상기 공통 면적의 변화가 없는 구간의 개수를 판단하고, 상기 개수가 가장 많은 평면에 대응하는 축 방향을 상기 주축 방향으로 설정하며, 상기 설정한 주축 방향에 대한 공통 면적의 변화를 이용하여 상기 주축 방향에 대한 상기 부품의 단면적 변화를 분석할 수 있다.

[0023] 여기서, 상기 제1 부품군으로 분류된 부품은, 상기 복수의 구간 중 처음 구간에 해당되는 상기 최대 단면적 지점이 위치하는 머리 부분과, 나머지 구간에 해당되는 몸통 부분을 포함하고, 상기 제1 분류부는, 상기 복수의 구간 중 마지막 구간인 상기 몸통의 끝 구간에 대한 단면적 변화를 최소 자승법으로 분석하여 1차 함수(y=ax+b; 부품의 주축 방향 x의 각 지점별 단면적 크기 y의 함수)를 도출하되, 상기 도출된 1차 함수의 a=0이면 상기 볼트, a≠0이면 상기 스크류로 분류할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 체결구 인식 장치는, 상기 볼트 또는 스크류로 분류된 부품에 대한 머리 형상을 간이 분류하는 머리 형상 분류부를 더 포함하며, 상기 머리 형상 분류부는, 상기 복수의 구간 중 처음 구간에 해당되는 상기 부품의 머리 부분에 대한 단면적 변화를 최소 자승법으로 분석하여 2차 함수($y=ax^2+by+c$; 부품의 주축 방향 x의 각 지점별 단면적 크기 y의 함수)를 도출하되, 상기 도출된 2차 함수의 a>0이면 접시 머리, a<0이면 둥근 머리로 분류하고, a=0인 부품은 단면적이 일정한 머리 군으로 분류할 수 있다.

[0025] 여기서, 상기 체결구 인식 장치는, 상기 볼트 또는 스크류로 분류된 부품에 대한 머리 형상을 상세 분류하는 제1 템플릿 매칭부를 더 포함하며, 상기 제1 템플릿 매칭부는, 상기 머리 부분의 임의 지점을 캡쳐한 단면 형상을 미리 저장된 템플릿들과 비교하여 이미지 매칭을 수행하여, 상기 부품에 대한 머리의 둘레 형상 및 상기 머리에 형성된 홈 형상에 대한 상세 분류를 수행할 수 있다.

[0026] 또한, 상기 제2 분류부는, 상기 부품의 도심을 기준으로 각 축의 방향에 대하여 기 설정된 간격으로 단면적 데이터를 획득하고, 획득되는 데이터의 개수로부터 상기 부품의 치수 정보를 획득하고, 상기 부품의 두께 대비 직경의 비율(R)이 제1 범위(5.5≤R≤18)에 속하면 상기 와셔, 제2 범위(1.7≤R≤2.5)에 속하면 상기 너트, 제3 범위(R≤1)에 속하면 상기 핀으로 분류할 수 있다.

[0027] 여기서, 상기 체결구 인식 장치는, 상기 와셔, 너트 또는 핀으로 분류된 부품의 임의 지점을 캡쳐한 단면 형상을 미리 저장된 템플릿들과 비교하여 이미지 매칭을 수행함에 따라, 상기 부품에 대한 둘레 및 내주 형상의 상세 분류를 수행하는 제2 템플릿 매칭부를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0028] 본 발명에 따른 체결구 인식 방법 및 그 장치에 따르면, 로딩된 부품의 단면적 변화를 분석하고 그 결과에 따라 이미지 템플릿 매칭을 활용하여 체결구의 종류 및 치수를 도출할 수 있어 조립 공정 계획에 있어 자동화 효율을 높이고 조립 방법 및 도구의 선정에 유용하게 활용될 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 체결구 인식 장치의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에서 볼트 및 스크류를 머리 모양, 체결력 전달 홈 모양, 그리고 끝부분 형상에 따라 구분한 것이다.

도 3은 본 발명의 실시예에서 일반적인 육각 볼트의 형상 및 부위별 단면적 변화 양상을 나타낸다.

도 4는 본 발명의 실시예에서 일반적인 육각 스크류의 형상 및 부위별 단면적 변화 양상을 나타낸다.

도 5는 본 발명의 실시예에서 일반적인 둥근 머리 볼트의 형상 및 부위별 단면적 변화 양상을 나타낸다.

도 6은 본 발명의 실시예에서 일반적인 접시 머리 볼트의 형상 및 부위별 단면적 변화 양상을 나타낸다.

도 7은 본 발명의 실시예에서 너트를 형상에 따라 구분한 것이다.

도 8은 본 발명의 실시예에서 일반적인 육각 너트의 형상을 나타낸다.

도 9는 본 발명의 실시예에서 일반적인 와셔 및 평행 핀의 형상을 나타낸다.

도 10은 본 발명의 실시예에서 볼트/체결구의 머리 형상 구분을 위한 머리 단면 형상의 템플릿이다.

도 11은 본 발명의 실시예에서 너트/와셔/핀의 몸통 형상 구분을 위한 몸통 단면 형상의 템플릿이다.

도 12는 도 1을 이용한 체결구 인식 방법의 흐름도이다.

도 13은 도 12에 대응되는 구체적인 흐름도이다.

도 14는 도 13의 S1270 단계에서 볼트 및 스크류의 머리 형상을 상세히 구분하기 위한 이미지 템플릿 매칭 과정의 흐름도이다.

도 15 내지 도 17은 도 13의 S1270 단계에서 너트, 와셔, 핀의 몸통 형상을 상세히 구분하기 위한 각각의 이미지 템플릿 매칭 과정의 흐름도이다.

도 18은 본 발명의 실시예에 따른 시스템 아키텍처의 구조도이다.

도 19는 본 발명의 실시예에 따른 체결구 인식 시스템의 인터페이스를 나타낸다.

도 20은 본 발명의 실시예에 따른 체결구 인식 시스템에서 체결구 인식 결과를 확인하기 위한 인터페이스를 나타낸다.

도 21은 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 가장 널리 사용되고 있는 육각 볼트로서 나사산이 반영되지 않은 3D 모델이다.

도 22는 본 발명의 실시예를 이용하여 도 21의 체결구를 인식한 결과를 나타낸다.

도 23은 도 21의 육각 볼트의 Z방향 위치 이동에 따른 단면적 변화 양상을 나타낸다.

도 24는 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 둥근 머리 볼트로서 십자 홈을 가진 3D 모델이다.

도 25는 본 발명의 실시예를 이용한 도 24의 체결구 인식 결과를 나타낸다.

도 26은 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 접시 머리 볼트로서 톡스 홈을 가진 3D 모델이다.

도 27은 본 발명의 실시예를 이용한 도 26의 체결구 인식 결과를 나타낸다.

도 28은 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 육각 렌치 볼트의 3D 모델이다.

도 29는 본 발명의 실시예를 이용한 도 28의 체결구 인식 결과를 나타낸다.

도 30은 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 둥근 머리 스크류로서 일자 홈을 가진 3D 모델이다.

도 31은 본 발명의 실시예를 이용하여 도 30의 체결구를 인식한 결과이다.

도 32는 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 육각 너트의 3D 모델이다.

도 33은 본 발명의 실시예를 이용하여 도 32의 체결구를 인식한 결과이다.

도 34는 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 일반 원형 와셔의 3D 모델이다.

도 35는 본 발명의 실시예를 이용하여 도 34의 체결구를 인식한 결과이다.

도 36은 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 원형 평행핀의 3D 모델이다.

도 37은 본 발명의 실시예를 이용하여 도 36의 체결구를 인식한 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0031] 본 발명은 체결구 인식 장치 및 그 방법에 관한 것으로서 체결구의 형상을 이용하여 부품들의 타입을 정형화하여 구분해 둔 다음 로딩된 부품의 3D 데이터를 통해 부품의 단면적 변화를 분석하고 그 결과에 따라 이미지 템플릿 매칭을 활용하여 해당 부품이 어떤 체결구 종류에 속하는지 정확히 구분할 수 있다.

[0032] 본 발명의 실시예에서는 추후 조립 공정 계획에 필요한 조립 순서의 생성을 위해 조립품을 구성하는 부품들의 타입을 형상 및 기능에 따라 일반 부품, 볼트, 너트, 스크류, 와셔, 핀 등의 6가지로 분류한다. 그 중 체결구에 해당하는 볼트, 너트, 스크류, 와셔, 핀은 제품의 기계적 조립에 가장 중요한 역할을 하고 있으며, 이들은 조립 순서의 생성뿐만 아니라 조립 공정 계획의 작성에 있어 조립 방법 및 도구의 선정에 직접적으로 관여하는 부품들이다. 따라서, 이들 체결구의 종류 및 치수가 자동으로 결정된다면 조립 공정 계획 시스템의 자동화 효율을 크게 향상시킬 수 있을 것이다.

[0033] 따라서, 이하의 본 실시예에서는 체결구의 종류를 자동으로 인식하고 치수 정보를 자동으로 추출할 수 있도록 하는 방법에 대해 설명한다. 도출되는 결과들은 조립 순서 생성 시 부품의 종류 정보로써 활용되어 지며 조립 공정 계획에 있어 조립 방법 및 도구의 선정에 활용되어 진다.

[0034] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 체결구 인식 장치의 구성도이다. 도 1을 참조하면, 상기 체결구 인식 장치(100)는 데이터 로딩부(110), 단면적 분석부(120), 초기 분류부(130), 제1 분류부(140), 제2 분류부(150), 머리 형상 분류부(160), 제1 템플릿 매칭부(170), 제2 템플릿 매칭부(180), 분류 정보 저장부(190)를 포함한다.

[0035] 상기 데이터 로딩부(110)는 인식 대상이 되는 부품들의 3D 데이터를 로딩한다. 단면적 분석부(120)는 상기 로딩된 부품의 주축 방향에 대하여 상기 부품의 단면적 변화를 분석하는 부분이다.

[0036] 초기 분류부(130)는 상기 부품의 최대 단면적 지점이 부품의 도심에 위치하는 지의 여부에 따라 상기 부품을 볼트 또는 스크류를 포함하는 제1 부품군, 또는 와셔, 너트 또는 핀을 포함하는 제2 부품군으로 분류한다. 만약, 부품의 최대 단면적 지점이 부품의 도심에 벗어난 경우 해당 부품을 제1 부품군으로, 도심에 위치한 경우 해당 부품을 제2 부품군으로 분류한다.

[0037] 상기 제1 분류부(140)는 상기 제1 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 상기 부품의 양단부 중에서 상기 도심을 기준으로 상기 최대 단면적 지점과 반대되는 일단부 구간에 대한 단면적 변화를 분석하여 상기 부품을 상기 볼트 또는 스크류로 분류한다. 이는 볼트 및 스크류는 머리와 몸체 부분을 포함하여 구성되고 서로 유사한 형상을 가지는 반면, 그 몸체의 끝 부분 형상이 스크류의 경우 뾰족한 형상을 가진다는 점을 이용한 것이다. 제1 분류부(140)는 이러한 두 체결구(볼트, 스크류) 종류의 형상적인 차이를 이용하여 해당 부품이 볼트인지 스크류 인지를 초기에 구분한다.

[0038] 상기 제2 분류부(150)는 상기 제2 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 상기 부품에 대한 직경과 두께의 비율을 연산하여 상기 부품을 상기 와셔, 너트 또는 핀으로 분류한다. 이는 와셔, 너트, 핀 부품 각각에 대한 두께 대비 직경 비율에 대한 고유한 범위가 KS 규격 기준으로 규정된 것을 이용한 것이다.

[0039] 상기 머리 형상 분류부(160)는 볼트와 스크류의 머리 형상을 1차로 분류하는 부분으로서, 볼트 또는 스크류 부품의 머리 부분에 대하여 주축 방향으로 단면적 변화를 분석하여, 단면적 변화가 존재하는 둥근 머리 또는 접시 머리인지, 혹은 단면적 변화가 없는 렌치 머리 또는 원통형 머리 등에 속하는 지를 간이적으로 구분할 수 있다.

[0040] 상기 제1 템플릿 매칭부(170)는 볼트 또는 스크류로 분류된 제1 부품군에 대하여 머리 형상을 보다 상세히 분류하는 부분으로서, 머리 부분의 임의 지점을 캡쳐한 단면 형상을 기 저장된 템플릿들과 이미지 매칭하여, 해당 부품에 대한 머리 둘레 형상(ex, 4각, 6각, 원형) 내지 머리에 형성된 홈 형상(ex, 일자, 십자)에 대한 상세 구분을 수행할 수 있다.

[0041] 상기 제2 템플릿 매칭부(180)는 와셔, 너트 또는 핀으로 분류된 제2 부품군에 대하여 부품의 둘레 또는 내주 형상을 상세 분류하는 부분으로서, 이 또한 부품의 단면 형상을 기 저장된 템플릿들과 이미지 매칭하여, 해당 부품에 대한 둘레 형상(ex, 4각, 6각, 원형) 또는 내주 형상(ex, 내주의 존재 여부 및 그 형상)을 상세 분류를 수행할 수 있다.

[0042] 분류 정보 저장부(190)는 상술한 방법으로 체결구의 종류가 구분된 각각의 부품에 대한 분류 정보를 저장하는 부분이다. 여기서, 물론 앞서 각 부품의 단면적 변화 분석 과정에 있어서 부품의 치수 정보도 획득할 수 있으며, 이를 통해 분류 정보 저장부(190)는 부품 별로 그 종류 및 치수 정보를 함께 저장할 수 있다. 부품의 치수 정보를 안다면, 해당 부품의 조립에 사용될 공구(ex, 렌치 규격)의 선택 또한 쉽게 가능해진다.

[0043] 이렇게 분류 정보 저장부(190)에 저장된 정보는 조립순서 및 공정 생성 시스템에 제공되어 조립 순서 생성 시

부품의 종류 정보로 활용되어 지며, 조립 공정 계획에 있어 조립 방법 및 도구의 선정에 활용되어 질 수 있다. 이와 같이, 본 발명의 실시예에 따르면, 체결구의 종류 내지 그 치수 정보를 제공하여 조립 공정 계획 자동화를 효과적으로 지원할 수 있다.

[0044] 본 발명의 실시예에 따른 체결구 인식 방법의 상세한 설명에 앞서, 부품의 형상에 따른 체결구의 분류 내지 체결구 종류에 따른 단면적 변화의 특성에 관하여 상세히 설명한다.

[0045] 일반적으로 체결구들은 각각 서로 구분되어 질 수 있는 특징들을 보유하고 있다. 볼트/스크류의 경우 볼트 머리와 같은 머리 형상 및 몸통을 보유하고, 너트의 경우 볼트 머리와 같은 머리 형상을 보유하나 몸통이 없다. 와셔의 경우는 가운데가 뚫린 얇은 실린더 형태의 짧은 몸통을 보유하며, 핀의 경우 가운데가 뚫려 있거나 막혀 있는 실린더 형태의 긴 몸통을 보유한다. 이를 바탕으로 체결구의 인식에 활용될 수 있는 기본적인 체결구들의 형상들을 파악하고 이들의 단면적 변화를 분석하여 각 체결구의 종류별 형상적 특징을 정형화할 수 있다.

[0046] 그 중에서도, 볼트 및 스크류는 용도에 따라 다양한 종류가 존재한다. 볼트 및 스크류는 일반적으로 머리를 갖고 있고 몸통에 나사산이 있는 형태로서, 일반 체결용 나사 제품을 볼트라 지칭한다. 이 외에 스터드 볼트, 아이 볼트, 숄더 볼트, 무두 볼트, U볼트, 용접 볼트, 핸드 볼트 등과 같은 다양한 용도에 사용되는 볼트들이 존재한다. 본 실시예에서는 머리를 갖고 있는 일반 볼트에 대한 형상을 분류하고 이에 따른 단면적 변화를 분석한다.

[0047] 보통, 일반 볼트로써 머리는 육각형으로 된 것을 널리 쓰고 있으며 이것을 육각 볼트라 총칭한다. 이 외에 볼트 머리의 형태에 따라 둥근 머리 볼트, 접시 머리 볼트, 원통형 렌치 볼트(Allen bolt) 등으로 구분되어 진다. 접시 머리 볼트는 윗면이 편평한 원뿔 모양의 접시 머리를 가진 볼트이고, 둥근 머리 볼트는 반구에 가까운 둥근 모양의 머리를 가진 볼트이며, 원통형 렌치 볼트는 두께 변화가 없는 원통형 머리를 보유하고 있다.

[0048] 본 발명의 실시예에서는 볼트 및 스크류의 인식을 위하여, 볼트의 머리 모양과, 체결력을 전달하는 볼트 머리의 홈 모양, 그리고 볼트 몸통의 나사 끝 부분 형상 등의 세 가지 특징 요소를 정의하고 있다.

[0049] 우선, 볼트/스크류의 머리의 모양은 머리 단면의 형상 및 길이 방향의 머리 단면적 변화에 따라 분류되어 진다. 볼트/스크류는 머리 단면의 형상에 따라 6각, 4각, 3각, 5각, 8각, 12각, 원형 등으로 구분되어 지며, 길이 방향의 머리 단면적 변화에 따라 둥근 머리(둥근 납작 머리, 냄비 머리), 접시 머리, 원통형 머리로 구분되어 진다. 체결력을 전달하는 볼트 머리의 홈 모양은 십자홈, 일자홈, 톡스홈(별모양), 삼각홈, 사각홈, 12각홈, 스플라인홈 등으로 구분되어 진다.

[0050] 볼트와 스크류 간의 구분은 몸통의 나사 끝부분 형상에 따라 구분되며 크게 거친끝 및 모떼기끝, 뾰족끝으로 구분된다. 즉 몸통의 나사 끝부분 형상이 뾰족할 경우는 스크류로 구분되고, 거친끝 또는 모떼기끝 즉, 몸통의 나사 끝 부분에 단면의 변화가 없는 경우는 볼트로 구분된다.

[0051] 도 2는 본 발명의 실시예에서 볼트 및 스크류를 머리 모양, 체결력 전달 홈 모양, 그리고 끝부분 형상에 따라 구분한 것이다. 분류된 형상 정보들은 볼트 및 스크류의 머리와 몸통에 대한 단면적 변화의 분석에 활용되어 진다.

[0052] 도 3은 본 발명의 실시예에서 일반적인 육각 볼트의 형상 및 부위별 단면적 변화 양상을 나타낸다. 도 3의 (a)는 육각 볼트의 형상, (b)는 길이 방향에 대한 단면적 변화 양상을 나타낸다. 육각 볼트는 머리와 몸통으로 구성되며, 머리 부분은 단면 형상이 육각형이며 그 길이 방향의 단면적이 일정하다. 몸통 부분은 나사산이 없는 그립부(Grip length)와 나사부(Thread length)로 구성되어 있다.

[0053] 육각 볼트의 머리 부분으로부터 몸통의 끝단까지의 단면적을 수집하면 도 3의 (b)와 같이 직선 구간과, 나사산 면적 변화에 따른 파동 형태의 구간이 결합된 그래프 형태를 얻을 수 있다. 여기서, 나사산에 의한 파동형의 단면적 변화는 그 변화의 폭이 일정하므로 직선구간으로 간주할 수 있다. 이는 최소 자승법에 의한 단면적 변화 분석법에 기인한다.

[0054] 도 3으로부터 확인할 수 있는 육각 볼트의 특징은 머리 부위의 단면적(직선구간 1)과 몸통부위의 단면적 구간(직선구간2,3)은 직선 형태이고, 각각의 직선 구간들은 y=ax+b와 같은 1차 함수 그래프로 표현된다는 것이다. 다만, 각 직선구간 1~3은 해당 구간 내에서 단면적이 일정한(단면적의 변화가 없는) 기울기 a=0인 구간들임을 알 수 있다. 결론적으로, 부품의 길이 방향에 대한 단면적을 획득하고 이로부터 머리 및 몸통 구간으로 나눈 후, 몸통부의 구간 중 가장 끝 구간인 직선구간 3이 기울기가 없는 1차 함수 형태로 나타내어질 경우, 즉 a=0일 경우 해당 부품은 볼트로 구분될 수 있다.

[0055] 도 4는 본 발명의 실시예에서 일반적인 육각 스크류의 형상 및 부위별 단면적 변화 양상을 나타낸다. 스크류는 도 3에 도시된 볼트와 몸통 끝 부분의 형태만 상이하다. 즉, 스크류의 경우는 기울기가 있는 직선구간 4를 더 포함하여 총 4개의 직선 구간으로 이루어지며, 직선구간 4의 단면적 변화 양상은 기울기가 있는(a<0) 1차 함수 형태로 나타난다. 따라서, 직선 구간 4와 같은 a<0인 1차 함수 형태의 구간이 존재한다면 스크류로 구분할 수 있다.

[0056] 이러한 볼트와 스크류의 구분 이외에도, 본 발명의 실시예에서는 머리 부분의 구간이 기울기가 없는 직선으로 표현될 경우에는 육각 볼트 또는 사각 볼트, 원통형 볼트 등과 같이 머리 두께의 길이방향 면적 변화가 일정한 볼트의 종류로 구분될 수 있다. 추후 상세한 머리의 형상은 볼트 머리의 단면에 대한 이미지 템플릿 매칭을 통해 정확히 구분될 수 있다.

[0057] 또한, 부품에 대한 단면적 변화 분석 시에 기울기가 0인 직선 구간의 수가 3개보다 크면 해당 부품은 체결구가 아닌 일반 부품(체결구 이외의 각종 부품)으로 구분될 수 있다. 이는 볼트 및 스크류 등의 체결구에서 존재할 수 있는 기울기가 0인 직선 구간의 수가 최대 3개이기 때문이다(도 3 및 도 4 참조).

[0058] 도 5는 본 발명의 실시예에서 일반적인 둥근 머리 볼트의 형상 및 부위별 단면적 변화 양상을 나타낸다. 둥근 머리 볼트의 단면적 변화 양상은 머리 부분에 곡선 구간이 포함된 형태로 나타내어 진다. 이 구간의 형태는 $y=ax^2+by+c$와 같은 2차 함수의 형태로 간소화될 수 있으며, a는 음의 값을 가진다. 즉, 머리 부분의 단면적 데이터가 위로 볼록한 2차 함수의 양상을 보인다면 둥근 머리 볼트, 둥근 납작 머리 볼트, 냄비 머리 볼트의 종류로 구분될 수 있다.

[0059] 도 6은 본 발명의 실시예에서 일반적인 접시 머리 볼트의 형상 및 부위별 단면적 변화 양상을 나타낸다. 접시 머리 볼트의 단면적 변화 양상은 머리 부분에 곡선 구간을 포함하되 곡선 구간은 아래로 볼록한 2차 함수의 형태로 나타내어 진다. 이 구간의 형태는 $y=ax^2+by+c$와 같은 2차 함수의 형태로 간소화될 수 있으며, a는 양의 값을 가진다. 즉, 머리 부분의 단면적 데이터가 아래로 볼록한 2차 함수의 양상을 보인다면 접시 머리 볼트의 종류로 구분될 수 있다.

[0060] 다음은 너트, 와셔, 핀(평행핀)에 대한 분류 및 단면적 변화 분석에 관하여 설명한다. 볼트와 마찬가지로 너트 역시 용도에 따라 다양한 종류가 존재하는데, 육각, 사각, 원형 등의 형상을 갖는다. 우선, 몸통에 구멍이 있고 나사산이 가공되어 볼트와 조립되어 제품을 체결할 수 있는 구조의 제품을 너트라 지칭하며 이 외에 용접 너트, 아이 너트, 핸드 너트, 연결 너트, 스프링 판 너트, 리벳 너트, 플레어 너트 등과 같은 다양한 용도에 사용되는 너트들이 존재한다. 본 발명의 실시예에서는 일반적인 너트에 대한 형상을 분류하고 이에 따른 단면적 변화를 분석한다.

[0061] 너트는 볼트의 머리 형상 중 둥근 머리 형태를 제외한 나머지 6각, 3각, 4각, 5각, 8각 12각, 원형 등의 형태와 같은 단면 형상을 가진다. 도 7은 본 발명의 실시예에서 너트를 형상에 따라 구분한 것이다. 도 7은 너트의 인식을 위해 너트 몸통 모양의 특징 요소를 정의한 것이며, 이때 와셔붙이 형태의 너트는 제외한다.

[0062] 가장 널리 사용되고 있는 육각 너트의 형상은 도 8과 같다. 도 8은 본 발명의 실시예에서 일반적인 육각 너트의 형상을 나타낸다. 도 8을 참조하면, 육각 너트의 경우 몸통 단면의 형상이 육각형이고 길이 방향의 단면적은 일정하다. 이러한 육각 너트의 몸통 전체 구간의 길이 방향 단면적은 일정하고 도 8의 (b)와 같으며, 기울기 a=0인 1차 함수의 직선 그래프 형태로 표현된다. 단, 앞서 볼트에서와 마찬가지로 나사산에 의한 단면적 변화는 그 변화 폭이 일정하므로 직선 구간으로 간주할 수 있다.

[0063] 도 9는 본 발명의 실시예에서 일반적인 와셔 및 평행 핀의 형상을 나타낸다. 도 9의 (a), (b)는 각각 와셔 및 평행 핀을 나타낸다. 일반 와셔 및 평행 핀은 너트와 같이 볼트 머리와 같은 특성이 없으며 길이 방향 단면적이 일정한 특징을 가진다. 그러나 와셔의 경우 몸통의 길이, 즉 두께가 매우 얇으며 평행 핀의 경우 몸통의 길이가 상대적으로 길다.

[0064] 너트, 와셔, 평행 핀의 경우 그 직경과 두께의 비율은 KS 규격 기준으로 정해져 있다. 그 비율에 관하여 육각 너트는 KS B 1012 규격, 평와셔는 KS B 1326 규격, 평행 핀은 KS B 1320 규격에 각각 규정되어 있다. KS 규격에 따른 치수 및 비율은 기 공지되어 있으므로 이에 관한 구체적인 설명은 생략한다.

[0065] 그 비율의 범위를 정리하면 다음과 같다. 도 9의 (a)를 참조하면, 일반적으로 와셔의 직경 D와 두께 t의 비율 D/t는 KS 규격 기준 $5.5 \leq D/t \leq 18$의 범위에 속한다. 도 9의 (b)를 참조하면, 일반적으로 핀의 직경 D와 길이 l의 비율 D/l은 KS 규격 기준 $D/l \leq 1$의 범위에 속한다. 너트의 경우 도 8을 참조하면, B와 H의 비율 B/H는

KS 규격 기준 1.7 ≤ B/H ≤ 2.5 범위이다. 이러한 규격의 비율은 향후 체결구 인식에서의 마지막 검사 단계에 활용될 수 있다.

[0066] 다음은 체결구의 단면 형상 템플릿에 관하여 설명한다. 볼트/체결구 머리의 단면 형상, 그리고 너트, 와셔, 핀의 몸통 단면 형상을 더욱 상세히 구분하기 위하여 본 발명의 실시예에서는 이미지 템플릿 매칭 기술을 활용한다.

[0067] 볼트/스크류의 경우 길이 방향의 몸통 부분의 단면적 변화를 이용하여 볼트와 스크류를 명확히 구분할 수 있었고, 길이 방향의 머리 부분의 단면적 변화를 이용하여 둥근 머리, 접시 머리의 여부를 명확히 구분할 수 있었다. 그러나, 앞서의 단면적 변화 분석 만으로는 정확한 머리의 단면 형태, 즉 조립 도구의 결정에 직결되는 둘레의 상세 모양(ex, 육각, 사각, 삼각, 원형 등)과, 체결력을 전달하는 머리의 홈 형성 모양(ex, 십자, 일자 등)을 구분할 수가 없다.

[0068] 따라서, 본 실시예에서는 볼트 머리의 단면 형상, 그리고 너트, 와셔, 핀의 몸통 단면 형상을 활용하여 기 저장된 템플릿들과 이미지 템플릿 매칭을 수행하고 상관도가 가장 높은 템플릿을 상세 단면 형상으로 분류한다.

[0069] 도 10은 본 발명의 실시예에서 볼트/체결구의 머리 형상 구분을 위한 머리 단면 형상의 템플릿이고, 도 11은 본 발명의 실시예에서 너트/와셔/핀의 몸통 형상 구분을 위한 몸통 단면 형상의 템플릿이다. 도 10 및 도 11은 대표적인 체결구들인 육각 및 사각 볼트, 원형 머리 볼트, 육각 및 사각 너트, 원형 및 사각 와셔, 원형 평행핀에 대한 템플릿을 정리한 것을 보여준다. 삼각, 오각 등 다른 다양한 단면 형상의 경우 홈의 형태와 홈이 없는 경우의 조합을 포함하여 템플릿에 더 추가 가능함은 물론이다. 도 10은 볼트에 대한 템플릿을 예시하고 있으나 스크류의 경우도 포함된다.

[0070] 이상과 같은 체결구 인식을 통하여 최종적으로 획득할 수 있는 정보들과, 조립 공정 계획 시 이 정보들의 활용 가능 범위는 표 1과 같다.

표 1

[0071]

획득 정보	볼트	스크류	너트	와셔	핀	활용 범위
머리 형상	○	○	-	-	-	1. 조립 방법 - 볼팅 2. 조립 도구 - 렌치, 스패너
몸통 형상	-	-	○	○	○	1. 조립 방법 - 볼팅 (너트) - 놓기 (와셔) - 끼우기 (핀) 2. 조립 도구 - 렌치, 스패너 (너트) - 나무 망치 (핀)
홈 형상	○	○	-	-	-	1. 조립 방법 - 볼팅 2. 조립 도구 - 십자 드라이버 - 일자 드라이버 - 육각 렌치 - 톡스 렌치 (별 렌치)
활용 범위	조립 순서 생성을 위한 부품 종류 자동 생성					

[0072] 지금까지 체결구의 종류를 구분하기 위하여 각 체결구들의 길이 방향 단면적 변화 양상을 설명하였다. 조립 공정 계획에 활용되어지는 조립 방법 및 조립 도구의 선정에 있어서 체결구의 치수는, 볼트/스크류 및 너트 부품의 경우 렌치 및 스패너의 치수를 결정할 수 있는 중요한 요소이다. 따라서 본 발명의 실시예에서는 체결구들의 치수 정보 또한 획득하도록 한다.

[0073] 앞서 도 3의 (a)에서 육각 볼트의 치수는 머리 단면의 너비 B, 머리 단면의 높이 C, 머리의 두께 H, 몸통의 전

체 길이, 몸통 그립부 길이 및 나사부 길이 등으로 구성된다. 볼트 머리의 두께 및 몸통의 길이는 도 3의 (b)에서 확인할 수 있다. 만약, 볼트의 길이 방향에 대한 단면적 데이터 획득의 빈도가 1㎜ 단위일 경우, 볼트 머리부의 데이터 개수가 곧 볼트 머리의 두께 H(㎜ 단위)가 된다(도 3 (b)의 직선구간1). 또한 볼트 머리 데이터의 다음 단면적 데이터부터 도 3의 (b)의 직선구간2가 그립부의 길이이며 나머지 구간들의 데이터 개수가 곧 나사부의 길이가 된다. 도 3에서의 머리 단면의 높이 C는 y 방향에 대한 데이터의 개수(y 방향으로 1㎜ 단위 간격으로 이동 시의 데이터 개수)이며, 머리 단면의 너비 B는 x-y평면에 대한 z방향의 데이터 개수로 정할 수 있다. 둥근 머리 또는 접시 머리 볼트일 경우에는 도 5의 지름 D에 해당한다.

[0074] 도 8에서 육각 너트의 치수는 몸통 단면의 너비 B, 몸통 단면의 높이 C로 구성된다. 볼트와 마찬가지로 머리 단면의 높이 C는 y 방향의 데이터의 개수이며 머리 단면의 너비 B는 x-y평면에 대한 z방향의 데이터 개수로 규정할 수 있다.

[0075] 도 9에서 와셔의 두께 t 및 및 핀의 길이 l은 x방향의 데이터 개수이며 지름 D는 x-y평면에 대한 z방향의 데이터 개수로 정할 수 있다. 즉, 임의 부품에 대해 임의 방향으로 1㎜ 간격으로 이동하며 얻어지는 데이터의 갯수가 곧 해당 방향에 대응하는 실제 치수에 해당되는 것이다. 위와 같은 방법을 통해 획득된 볼트/스크류, 너트의 치수를 바탕으로 조립 도구인 렌치 및 스패너의 치수를 결정할 수 있다.

[0076] 이하에서는 상술한 내용들을 바탕으로, 본 발명의 실시예에 따른 체결구 인식 방법에 관하여 보다 구체적으로 설명한다. 그 과정은 부품의 단면적 정보 획득, 주방향 선정, 최소 자승법에 의한 체결구 종류 지정, 그리고 템플릿 매칭을 통한 체결구 상세 정보 획득 및 정보 수정의 순서로 이루어진다.

[0077] 도 12는 도 1을 이용한 체결구 인식 방법의 흐름도이고, 도 13은 도 12에 대응되는 구체적인 흐름도이다. 이하의 본 발명의 실시예에 따른 체결구 인식 방법은 드 기반의 소프트웨어 상에서 구현될 수 있다.

[0078] 먼저, 데이터 로딩부(110)는 인식 대상이 되는 부품들의 3D 데이터를 로딩한다(S1210). 이러한 S1210 단계는 종류를 구분하고자 하는 부품을 3D CAD 데이터로 로딩한다.

[0079] 이후, 단면적 분석부(120)에서는 로딩된 부품에 대한 단면적 변화를 분석하기 위하여, 부품의 도심 좌표를 획득하고, 이를 이용하여 부품의 주축 방향(부품의 단면적 변화를 분석하기 위하여 사용되는 주 방향)을 선택하고, 주축 방향에 대하여 부품의 단면적 변화를 분석한다(S1220).

[0080] 그 과정에서 일반적으로 볼트나 스크류의 경우 그 길이 방향(도 3 내지 도 6 에서 x축 방향)이 주축 방향이 되며, 원형의 너트, 와셔, 핀의 경우 원형의 축 방향(도 8 및 도 9에서 x축 방향)이 주축 방향이 될 것이다.

[0081] 상기 S1220 단계를 도 13을 참조로 보다 상세히 설명하면 다음과 같다. 우선 부품의 주축 방향에 대한 단면적 변화를 분석하기 위해서는 x,y,z축 중에서 부품에 대한 주축 방향을 선정해야 한다.

[0082] 이를 위해, 먼저 상기 단면적 분석부(120)는 상기 로딩된 부품의 도심 좌표를 획득한다(S1221). 도심 좌표의 획득 방법은 기 공지되어 있으므로 상세한 설명은 생략한다.

[0083] 그리고, 획득된 상기 부품의 도심에 대하여 XY 평면, YZ 평면, ZX 평면을 생성한다(S1222). 각 평면은 이웃한 평면과 3차원적으로 서로 직교함은 자명하다.

[0084] 이후, 상기 도심을 기준으로 +/- z축, +/- x축, +/- y축 방향으로 각각의 평면을 기 설정된 간격마다 이동시키면서 상기 이동에 따른 상기 부품과 상기 각 평면 간의 공통 면적을 획득한다(S1223).

[0085] 모든 평면에 대해, 해당 평면과 수직이 되는 축의 + 및 - 방향으로 해당 평면을 일정 간격마다 이동시키면서 개별적으로 부품과의 공통 면적을 획득한다. 예를 들어, 상기 XY 평면의 경우, 도심을 기준으로 하여 z축에 대한 + 및 - 방향으로 XY 평면을 1㎜씩 이동시키면서 부품과의 공통 면적을 계산한다. 이상과 같이 본 실시예에서는 부품의 단면적 변화를 가상 평면과의 공통 면적의 값을 통하여 확인한다.

[0086] 여기서, 공통 면적 획득 시에 이동 간격을 1㎜ 단위로 사용하는 이유는 향후 부품의 사이즈 결정을 용이하게 수행하기 위함이며, 일반적으로 부품의 사이즈를 ㎜ 단위로 표기하는 것을 바탕으로 한다. 물론, 이동 단위가 1㎜로 반드시 한정되지 않으며 사이즈 결정에 오차가 발생할 경우 그 스케일은 조절이 가능하다.

[0087] 도출된 공통 면적의 데이터들은 + 및 - 방향으로 각각 나누어져 있으므로 도심을 중심으로 양 방향의 데이터들을 결합한 이후 주축 방향의 선정 단계를 진행한다.

[0088] 각 축방향으로의 해당 평면의 이동에 따른 공통 면적 값을 이용하면 각 축방향에 대한 부품의 공통 면적의 변화

를 알 수 있다. 이로부터, 상기 각각의 평면(XY 평면, YZ 평면, ZX 평면) 별로 상기 공통 면적의 변화가 없는 구간의 개수를 판단한 다음, 상기 판단된 개수가 가장 많은 평면에 대응하는 축 방향을 상기 주축 방향으로 설정한다(S1224).

[0089] 주축 방향을 선정하는 이유는 부품 중에서 특히 볼트나 스크류의 경우 길이 방향에 대한 정보가 요구되어 지기 때문이다. 주축의 구분은 단면적 변화가 없는 직선 구간의 존재 여부에 의해 결정되어 진다.

[0090] 즉, 볼트일 경우 최소 1개의 직선 구간이 존재할 것이며, 최대 3개의 직선 구간이 존재한다(도 3 참조). 상기 S1224 단계에서, 만약 X축(YZ 평면)에 대한 공통 면적 정보에서 직선 구간의 개수가 1개 내지 3개 범위이고, 나머지 두 축(Y축 ,Z축)에 대한 공통 면적 정보에서는 직선 구간이 전혀 존재하지 않는다면, 해당 부품의 주축은 X축으로 결정되어 진다. 즉, 이렇게 결정된 주축 방향이 부품의 주 방향이 된다.

[0091] 또한, 주축 방향을 대상으로 볼트 머리의 위치가 도심의 좌측에 존재하는지 우측에 존재하는지에 따라 머리를 기점으로 + 방향으로 데이터를 분석할 것인지 - 방향으로 데이터를 분석할 것인지를 결정할 수도 있다. 물론, 데이터 분석 순서는 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0092] 이후, 단면적 분석부(120)는 상기 설정한 주축 방향에 대한 공통 면적의 변화를 이용하여 상기 주축 방향에 대한 상기 부품의 단면적 변화를 분석한다(S1225).

[0093] 본 실시예의 경우, 단면적 변화의 분석 시에 최소 자승법을 이용하여 분석하며, 도 3 내지 도 6, 도 8 및 도 9와 같이, 상기 부품을 상기 단면적의 크기 또는 상기 단면적 변화의 기울기 값에 따라 상기 주축 방향에 대해 복수의 구간으로 구분하는 것은 확인할 수 있다. 즉, 단면적의 변화가 있는 경우는 기울기가 있는 직선 구간으로 구분되고, 단면적의 변화가 없는 경우는 기울기가 0인 직선 구간(단면적 크기가 일정한 구간)으로 구분된다. 또한, 나사산이 있는 부분은 일정한 진폭의 파동 추이를 나타내므로 이는 최소 자승법에 따라 기울기가 0인 직선 구간으로 구분된다.

[0094] 한편, 상기 주축 방향으로의 공통 면적의 변화를 분석하면 최대 공통면적(최대 단면적) 지점을 파악할 수 있다. 예를 들어, 도 3 내지 도 6을 참조하면, 볼트나 스크류의 경우는 자신의 주축 방향(x축)에 대한 최대 공통면적 지점은 머리 부분에 존재한다. 또한, 도 8 및 도 9의 너트, 와셔, 핀의 경우는 최대 공통면적 지점은 분석한 몸통의 전체 구간에 존재하거나 도심 부근에 필히 존재하게 된다.

[0095] 또한, 만약 임의의 부품의 주축이 X축이고 최대 공통 면적이 도심의 위치보다 왼쪽에 존재할 경우, 데이터 분석의 방향은 머리 부분(최대 공통 면적 지점)을 기준으로 +방향이며 주방향을 +X로 선정하게 되며, 이 부품은 볼트 또는 스크류일 가능성이 높아지게 된다. 물론, 도심보다 오른쪽에 최대 공통 면적 지점이 존재하는 경우의 부품도 볼트 또는 스크류일 가능성이 높으며 데이터 분석 방향은 -방향이고 주방향이 -X로 선정될 것이다. 본 발명의 실시예에서 상기 선정된 주축 방향에 대하여 주 방향(+ 또는 - 방향)을 결정하는 것은 반드시 필수적으로 요구되는 것은 아니며, 다만 주 방향의 선정 시에 데이터 처리 과정을 편리하게 한다.

[0096] 이와는 달리, 만약 도심의 위치 부근에 최대 공통 면적 값이 존재한다면 이는 너트, 와셔, 핀의 경우일 가능성이 높다. 이러한 너트, 와셔, 핀일 확률이 높은 부품은 바로 몸통 사이즈를 결정하도록 하며 그 과정은 후술할 것이다. 사이즈 결정은 앞서 상술한 바와 같이 각 축방향으로의 데이터 획득 개수를 이용하면 된다.

[0097] 이와 같이, 최대 공통 면적 지점이 도심에 위치한 지의 여부에 따라 부품 군이 두 가지 부류로 달라지는 것을 확인할 수 있다.

[0098] 이를 이용하여, 초기 분류부(130)는 상기 부품의 최대 단면적 지점이 상기 부품의 도심에서 벗어난 경우 상기 부품을 제1 부품군으로, 상기 도심에 위치한 경우 제2 부품군으로 분류한다(S1230). 여기서 제1 부품군은 볼트 또는 스크류를 포함하고, 제2 부품군은 와셔, 너트 또는 핀을 포함한다.

[0099] 이후, 제1 분류부(140)는 제1 부품군으로 분류된 부품의 끝단부 단면적 변화를 분석하여 해당 부품이 볼트인지 또는 스크류인지를 분류한다(S1240). 또한, 제2 분류부(150)는 제2 부품군으로 분류된 부품에 대한 치수 정보를 이용하여 해당 부품이 와셔인지, 너트인지 또는 핀인지를 분류한다(S1250). 이러한 S1240 단계 및 S1250 단계는 동시 또는 순차로 수행될 수 있으며, 그 선후 관계는 크게 중요하지 않다.

[0100] 우선, 설명의 편의를 위하여 S1250 단계를 먼저 설명한다.

[0101] 상기와 같이 와셔, 너트 또는 핀을 포함하는 제2 부품군으로 분류된 부품의 경우, 상기 제2 분류부(150)는 해당 부품의 도심을 기준으로 각 축의 방향에 대하여 기 설정된 간격 즉, 1㎜ 간격으로 단면적 데이터를 획득하고,

획득되는 데이터의 개수로부터 상기 부품의 치수 정보를 획득한다. 이는 앞서 체결구의 치수 결정과 관련하여 설명한 바 있다.

[0102] 예를 들어, 3가지 축 방향 중에서, 우선 부품의 주축 방향에 대하여 1㎜ 간격으로 모든 공통 면적 데이터를 수집하고 그 개수를 몸통의 두께로 지정한다(도 8의 경우 주축 방향인 x축 방향의 공통 면적 데이터를 수집하고 그 개수를 H 값으로 지정한다). 이후 주방향 이외의 나머지 방향들의 모든 면적 데이터를 같은 방법으로 수집하여 데이터 개수를 파악하고 그 개수를 몸통 너비(또는 직경)으로 지정한다(도 8의 경우 z축, y축 방향의 공통 면적 데이터를 각각 수집하고 그 개수를 B와 C 값으로 지정한다. 여기서, B와 C는 모두 직경에 해당된다). 물론, 이러한 치수 획득의 과정은 제1 부품군에 대해서도 동일한 방법으로 수행할 수 있다.

[0103] 이렇게 치수가 결정되면, 제2 분류부(150)는 상기 부품에 대한 직경과 두께의 비율을 연산하여 상기 부품을 상기 와셔, 너트 또는 핀으로 분류한다. 즉, 해당 부품의 두께 대비 직경의 비율(R)이 제1 범위($5.5 \leq R \leq 18$)에 속하면 상기 와셔로, 제2 범위($1.7 \leq R \leq 2.5$)에 속하면 상기 너트로, 제3 범위($R \leq 1$)에 속하면 상기 핀으로 분류한다. 이러한 두께 대비 직경의 비율 범위의 근거는 앞서 설명한 KS 규격 기준에 의한 것이다. 이후 분류된 부품들에 대한 상세 분류를 위한 이미지 템플릿 매칭을 수행하며 이는 후술할 것이다.

[0104] 이하에서는 제2 부품군에 대한 분류 과정인 S1250 단계를 상세히 설명한다.

[0105] 제2 부품군에 대해서는 두께 대비 직경의 비율을 통해 부품들을 와셔, 너트, 핀으로 구분하는 것과 달리, 제1 부품군에 대해서는 머리와 몸통 중 몸통 끝단부의 형상적인 특징을 이용하여 볼트 및 스크류로 구분한다. 이는 스크류의 경우 볼트와 달리 몸통 끝이 뾰족한 형상을 가지는 특성을 이용한 것이다.

[0106] 이를 위해, S1240 단계에서 제1 분류부(140)는 상기와 같이 볼트 또는 스크류를 포함하는 제1 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 상기 부품의 양단부 중에서 상기 도심을 기준으로 상기 최대 단면적 지점(머리 부분)과 반대되는 일단부 구간(즉, 몸통 끝부분)에 대한 단면적 변화를 분석하여 상기 부품을 상기 볼트 또는 스크류로 분류한다.

[0107] 앞서, 최소 자승법을 이용한 단면적 변화 분석에 따라 상기 부품이 주축 방향에 대해 여러 구간으로 구분된 것을 도면 등으로 확인한 바 있다.

[0108] 도 3 및 도 4를 참조하면, 볼트 및 스크류는 구분된 복수의 구간 중에서도 처음 구간에 해당되는 머리 부분(최대 단면적 지점이 위치한 부분)과 그 나머지 구간들에 해당되는 몸통 부분을 포함하는 것을 공통으로 확인할 수 있다. 볼트와 스크류의 구분을 위해서, 상기 제1 분류부(140)는 상기 복수의 구간 중 마지막 구간인 상기 몸통의 끝 구간(도 3의 경우 직선구간 3, 도 4의 경우 직선구간 4)에 대한 단면적 변화를 최소 자승법으로 분석하여 1차 함수($y=ax+b$; 부품의 주축 방향 x의 각 지점별 단면적 크기 y의 함수)를 도출한다.

[0109] 여기서, 도출된 1차 함수로부터 상수항 $a=0$이면 기울기가 없는 직선이므로 상기 볼트로 분류하고(도 3 참조), $a \neq 0$이면 상기 스크류로 분류하게 된다(도 4 참조). 스크류의 경우 더 상세하게는 $a<0$에 해당한다.

[0110] 상기와 같이 볼트와 스크류 부품을 분류하는 단계(S1240) 이후, 상기 머리 형상 분류부(160)는 분류된 부품에 대한 머리 모양(형상)을 간이 분류한다(S1260). 그 구체적인 구성은 다음과 같다.

[0111] 상기 머리 형상 분류부(160)는 부품의 주축 방향에 대한 복수의 구간 중에서 처음 구간(도 3 및 도 4의 경우 모두 직선구간 1)에 해당되는 상기 부품의 머리 부분에 대한 단면적 변화를 최소 자승법으로 분석한다. 머리의 형상 분석에 사용되는 함수는 2차 함수이다. 즉, 머리 형상 분류부(160)는 부품의 머리 부분의 단면적 변화로부터 2차 함수($y=ax^2+by+c$; 부품의 주축 방향 x의 각 지점별 단면적 크기 y의 함수)를 도출한다.

[0112] 여기서, 최소 자승법에 의해 도출된 2차 함수의 $a>0$이면 아래로 볼록한 그래프 형태로서 접시 머리로 분류하고(도 6 참조), $a<0$이면 위로 볼록한 그래프 형태로서 둥근 머리로 분류한다(도 5 참조). 또한, 그외에 $a=0$인 부품은 단면적이 일정한 머리 군(육각, 사각 등의 렌치 머리, 원통 머리)으로 분류한다.

[0113] 이후에는 이미지 템플릿 매칭을 비용하여, 상기 S1240 및 S1260 단계를 거친 볼트 및 스크류 부품에 대한 상세 분류를 수행하고, 또한 S1250 단계를 거친 와셔, 너트, 핀 부품에 대한 상세 분류를 템플릿 매칭을 수행한다(S1270).

[0114] 이러한 상세 분류 과정은 해당 부품의 단면 형상과 기 저장된 템플릿들 간의 이미지를 비교하여 가장 유사도가 높은 템플릿의 형상으로 부품의 형상을 상세 분류하는 것이다. 기 저장된 템플릿의 예시에 대해서는 볼트 및 스크류의 경우 도 10을 참조하고, 와셔, 너트, 핀 부품의 경우 도 11을 참조한다. 이러한 이미지 템플릿 매칭에

의하면, 볼트 및 스크류의 경우 머리 둘레 형태, 머리에 형성된 홈 종류를 확실하게 구분할 수 있고, 와셔, 너트, 핀의 경우 몸통 둘레의 형태, 내주 형상 등을 확실하게 구분할 수 있다.

[0115] 상기 제1 부품군 및 제 2 부품군에 대한 이미지 템플릿 매칭 방법은 다음과 같다.

[0116] 먼저, 제1 템플릿 매칭부(170)를 이용하여 제1 부품군에 해당하는 볼트 또는 스크류로 분류된 부품에 대한 머리 형상을 상세 분류하는 과정을 상세히 설명한다. 도 14는 도 13의 S1270 단계에서 볼트 및 스크류의 머리 형상을 상세히 구분하기 위한 이미지 템플릿 매칭 과정의 흐름도이다.

[0117] 상기 제1 템플릿 매칭부(170)는 볼트 또는 스크류로 분류된 부품에 대한 머리 부분의 임의 지점을 캡쳐한 단면 형상을, 미리 저장된 템플릿들(도 10 참조)과 비교하여 이미지 매칭을 수행한다. 이를 통해 해당 부품에 대한 머리의 둘레 형상 및 상기 머리에 형성된 홈 형상에 대한 상세 분류를 수행할 수 있다.

[0118] 더 상세하게는, 도 14를 참조하면, 제1 템플릿 매칭부(170)는 우선 볼트 또는 스크류로 분류된 부품에 대한 머리 부분의 제1 임의 지점(ex, 머리끝 부분에서 주방향으로 1㎜ 이동한 지점)에 대한 단면 형상을 캡쳐한다(S1271).

[0119] 이러한 단면 형상의 캡쳐는 주축 방향에 수직인 가상 평면을 이용하면 된다. 즉, S1271 단계는 부품의 머리끝에서 1㎜ 떨어진 지점에 위치한 가상 평면과 겹치는 부분을 통해 단면 형상을 얻으면 된다. 여기서, 머리 끝단부가 아닌 머리 끝단부에서 1㎜ 거리를 두고 단면 형상을 캡쳐하는 이유는 태핑 처리된 볼트 머리의 경우 그 머리 끝단부가 원형의 형상으로 나타날 수 있기 때문이다. 단면 형상의 캡쳐 방법은 이외에도 공지된 다양한 방법을 이용할 수 있다.

[0120] 이상과 같이 머리 부분의 제1 임의 지점에 대한 단면 형상을 캡쳐한 이후에는 상기 캡쳐된 단면 형상에 원이 존재하는지를 판단한다(S1272). 만약 원이 존재한다면 둥근 머리, 접시 머리, 원통형 머리(렌치 볼트)일 가능성이 높으며, 원이 존재하지 않는다면 사각, 육각 머리 등과 같은 각형의 볼트일 가능성이 높다.

[0121] 상기 단면 형상에 원이 존재하는 경우, 상기 단면 형상을 기 저장된 원형의 템플릿들(도 10의 원형 볼트 머리 단면 참조)과 이미지 매칭을 수행하고 상관도가 가장 높은 원형의 템플릿을 선정하여(S1273), 상기 부품의 머리 형상을 상기 선정된 원형의 템플릿에 대응하는 머리 형상으로 상세 분류한다. 여기서 머리 형상이란 머리 둘레 모양, 머리에 형성된 홈 모양을 포함한다.

[0122] 여기서, 원형의 경우 둥근 머리와 접시 머리의 구분을 검증하기 위하여 템플릿 선정(S1273) 이후 검증 과정을 더 거칠 수 있다. 이를 위해, 상기 제1 임의 지점에 대한 단면 형상에 원이 존재하면 그 최대 반경 값 r_1을 픽셀 단위로 미리 도출하여 두며(S1273a), 이는 추후 S1260 단계(머리 형상의 간이 구분 단계)의 결과물에 대한 검증에 활용된다. 그 과정은 다음과 같다.

[0123] 상기 머리 부분의 제1 임의 지점에서 상기 주축 방향으로 임의 거리(ex, 1㎜) 더 이동한 제2 임의 지점에 대한 단면 형상을 캡쳐하고(S1274), 상기 캡쳐된 단면 형상에 원이 존재하는지를 판단한다(S1275).

[0124] 만약, 상기 제2 임의 지점에 대한 단면 형상에 원이 존재하는 경우 이 원의 최대 반경 값 r_2을 픽셀 단위로 도출하고(S1276), 이 r_2를 기존의 최대 반경 값 r_1과 비교한다. 여기서, 부품에 대한 $r_1<r_2$ 이면 머리 아래로 갈수록 단면적이 증가한 것으로 간주하여 둥근 머리로 지정하고, $r_1>r_2$ 이면 머리 아래로 갈수록 단면적이 감소한 것으로 간주하여 접시 머리로 지정하고, $r_1=r_2$ 이면 원통형으로서 렌치(Allen) 머리로 최종 분류한다. 이러한 과정, 즉 평면을 이동시켜 형상 분석을 한 번 더 수행하는 것은 단면적 데이터의 누락 및 예상되지 않는 값의 입력에 의해 최소 자승법의 결과가 달라질 수 있기 때문이다. 즉, 이러한 과정은 앞서 머리 모양의 간이 분류 과정(S1260)에 발생할 수 있는 오류를 정정하고 보완할 수 있다. 이상과 같은 이미지 템플릿 매칭의 과정의 결과, 해당 볼트는 예를 들어 원형인 둥근 머리이고 일자 모양의 홈을 갖는 머리 형상으로 상세 분류될 수 있다(S1277).

[0125] 반대로, 상기 S1272 단계에서 단면 형상에 원이 존재하지 않는 경우, 상기 단면 형상에서 직선의 존재 여부를 판단하고 직선의 개수를 n을 획득한다(S1278). 여기서, $n \geq 3$이면 해당 부품의 머리 모양이 각형의 머리임을 판단한다. 이에 따라, 상기 단면 형상을 기 저장된 각형의 템플릿들(도 10의 6각, 4각 볼트 머리 단면 참조)과 이미지 매칭을 수행하고 상관도가 가장 높은 템플릿을 선정하여(S1279), 상기 부품의 머리 형상을 상기 선정된 각형의 템플릿에 대응하는 머리 형상으로 상세 분류한다(S1279a). 이러한 이미지 템플릿 매칭에 따르면, 해당 볼트는 예를 들어 6각형이면서 별 모양의 홈을 갖는 머리 형상으로 상세 분류될 수 있다.

[0126] 이후에는 상세 분류된 볼트 또는 스크류의 사이즈 도출을 위한 단계로 진행된다. 볼트 및 스크류의 머리 사이즈 도출은 너트의 몸통 사이즈 도출과 같은 방법으로 진행된다. 이후 몸통을 구성하는 그립부, 나사부의 길이를 도출하기 위해 데이터를 수집한다. 만약 공통 면적 전체 데이터에서 직선 구간의 개수가 1개일 경우 해당 직선 구간의 전체 개수가 볼트 몸통 전체 길이 및 나사부의 길이가 된다. 직선 구간의 개수가 2개일 경우 우선 머리 구간이 직선 구간인지를 판단하고 머리 구간이 직선 구간일 경우 나머지 두 번째 직선 구간 데이터의 개수를 볼트 몸통 전체 길이 및 나사부 길이로 지정한다. 머리 구간이 직선 구간이 아닐 경우 첫 번째 직선 구간 데이터 개수를 볼트의 몸통 그립부 길이로, 머리 구간 및 그립부 구간을 제외한 나머지 데이터 개수를 나사부 길이로 지정한다. 직선 구간의 개수가 3개일 경우 머리 구간이 직선 구간으로 구성되어 있을 가능성이 높으며, 머리 구간이 직선 구간일 경우 두 번째 직선 구간 데이터 개수를 볼트 몸통의 그립부 길이로, 머리 구간 및 그립부 구간을 제외한 나머지 데이터 개수를 나사부 길이로 지정한다. 만약 직선 구간의 개수가 3개이고 머리 구간이 직선 구간을 포함하지 않는다면 해당 부품은 일반 부품으로 지정한다.

[0127] 다음은 제2 템플릿 매칭부(180)를 이용하여 제2 부품군에 해당하는 와셔, 너트 또는 핀으로 분류된 부품에 대한 몸통 형상을 상세 분류하는 과정을 상세히 설명한다. 도 15 내지 도 17은 도 13의 S1270 단계에서 너트, 와셔, 핀의 몸통 형상을 상세히 구분하기 위한 각각의 이미지 템플릿 매칭 과정의 흐름도이다.

[0128] 제2 템플릿 매칭부(180)는 상기 와셔, 너트 또는 핀으로 분류된 부품의 임의 지점을 캡쳐한 단면 형상을 미리 저장된 템플릿들과 비교하여 이미지 매칭을 수행함에 따라, 상기 부품에 대한 둘레 및 내주 형상의 상세 분류를 수행한다.

[0129] 먼저, 도 15의 너트의 경우를 참조하면, 우선 해당 부품의 도심에 평면을 생성한다. 이는 너트, 와셔의 경우 몸통의 두께가 볼트 및 스크류에 비해 상대적으로 얇으며 중심에서의 형상이 가장 정확히 획득되어질 수 있기 때문이다. 이후 단면 형상을 캡쳐하고 직선의 존재 유무를 검사한다. 만약 직선이 없다면 일반 너트의 종류가 아니라 간주할 수 있으므로 체결구 부품이 아닌 일반 부품으로 지정한다. 단면 형상에 직선이 존재한다면, 직선의 개수를 획득하고 직선의 개수가 3개 이상일 경우 각형 너트의 종류로 판단하고 이미지 템플릿 매칭을 수행한다. 마지막으로 매칭 결과에 따라 너트의 종류를 선정한다.

[0130] 다음, 도 16의 와셔의 경우를 참조하면, 너트와 마찬가지로 최초 해당 부품의 도심에 평면을 생성한다. 이후 단면 형상을 캡쳐하고 직선의 존재 유무를 검사한다. 와셔는 원형 와셔뿐만 아니라 각형 와셔 역시 널리 사용되고 있으므로 직선을 검출하는 방법을 활용하여 각형 와셔 구분을 수행하도록 한다. 만약 직선이 존재한다면 직선의 개수를 획득하고 직선의 개수가 3개 이상일 경우 이미지 템플릿 매칭을 수행하여 와셔 종류를 선정한다. 직선이 존재하지 않을 경우 단면 형상의 원형 검출을 수행하고 원이 검출될 경우 원형 템플릿과 매칭을 수행하여 와셔 종류를 선정한다.

[0131] 도 17의 핀의 경우를 참조하면, 핀의 경우 몸통 길이가 볼트와 같이 상대적으로 길지만 너트 및 와셔와 같이 중심에서의 형상이 가장 정확히 획득될 수 있으므로 부품의 도심에 평면을 생성한 이후 단면 형상을 캡쳐한다. 이후 직선의 존재 유무를 검사하여 만약 직선이 존재할 경우 체결구 부품이 아닌 일반 부품으로 지정한다. 직선이 없을 경우 원의 존재 유무를 검사하고 원이 있을 경우 평행핀으로 지정하게 된다.

[0132] 이후, 분류 정보 저장부(190)는 이상과 같은 모든 과정을 통하여 분류된 부품의 정보를 로딩한 부품의 3D 데이터와 연계하여 저장한다(S1280). 이는 추후 조립 공정 계획에 있어 조립 순서 생성 및 조립 방법, 그리고 조립 도구의 선정에 활용될 수 있다.

[0133] 도 18은 본 발명의 실시예에 따른 시스템 아키텍처의 구조도이다. 이러한 도 18의 각 블럭에는 그에 대응하는 역할을 갖는 도 1의 해당 구성요소의 도면부호가 부여되어 있다.

[0134] 체결구 인식 시스템은 조립 순서 생성 시 활용되는 조립 부품의 종류에 대한 사용자의 입력에 대한 번거로움을 덜어주기 위한 것이 주목적이라 할 수 있다. 더불어 체결구의 인식을 통해 해당 체결구의 치수를 획득하여 조립 방법 및 도구 선정에 정보를 제공하여 준다.

[0135] 도 18을 참조하면, 시스템의 구조는 크게 단면적 분석 모듈과 이미지 템플릿 매칭 모듈로 작동되는 인터페이스로 구성되어 있다. 사용자는 인식을 수행할 부품들을 로딩하고 이후 시스템은 단면적 분석을 수행한다. 단면적 분석은 단면적의 획득, 주방향의 선정, 체결구 1차 분류 등의 과정에 따라 수행된다. 여기서 일반 부품과 체결구들이 대부분 구분된다. 이후 체결구의 상세 분류를 위해 이미지 템플릿 매칭의 단계가 진행된다. 템플릿 매칭을 위해 대상 부품의 단면 형상을 이미지로 저장하고, 원 검출 및 반경 계산, 직선 검출 등을 수행하게 된다. 체결구 상세 분류의 과정이 종료되면 부품의 종류 및 치수 정보를 최초 로딩한 3D 모델 파일에 정보를

저장한다. 저장된 부품 정보들은 필요에 따라 조립 순서 및 공정도 생성 시스템에서 활용될 수 있다.

[0136] 도 19는 본 발명의 실시예에 따른 체결구 인식 시스템의 인터페이스를 나타낸다. 이러한 체결구 인식 시스템은 조립 순서 및 공정 생성 시스템, 그리고 조립 순서 평가 시스템과는 독립적으로 운영된다.

[0137] 도 19에서 시스템의 메인 프레임은 크게 ① 3D 모델 디스플레이부, ② 상관도 분석 결과 모니터링 창(템플릿 매칭 관련), ③ 단면 디스플레이부로 구성된다. 3D 모델 디스플레이와 단면 디스플레이는 동일한 뷰 영역을 사용하며, 단면 분석 시에 3D 모델에서 단면 뷰로 전환하는 방식으로 구현되어 있다. 사용자는 메인 프레임의 'Object Load'버튼을 통해 인식을 수행할 부품들을 로딩하며 이후 'Recognition'버튼을 통해 체결구 인식을 수행한다.

[0138] 도 20은 본 발명의 실시예에 따른 체결구 인식 시스템에서 체결구 인식 결과를 확인하기 위한 인터페이스를 나타낸다. 인터페이스는 ① 부품 목록, ② 선택된 로딩 부품의 3D 모델 표시부, ③ 체결구의 치수 기준 표시부, ④ 단면적 분석 결과 그래프 표시부, ⑤ 체결구 상세 정보 표시부, ⑥ 체결구 머리 단면 1차 형상 표시부(제1 임의 지점에서의 단면 형상), ⑦ 체결구 머리 단면 2차 형상 표시부(제2 임의 지점에서의 단면 형상) 등으로 구성된다.

[0139] 사용자는 ① 부품 목록을 통해 결과를 확인하고자 하는 부품을 선택할 수 있으며 선택된 부품은 ② 선택 부품 3D 모델 표시부에 나타난다. 이후, 해당 체결구의 종류에 맞는 치수 기준의 그림이 ③ 체결구의 치수 기준 표시부에 그려지며, 단면적 분석 결과 그래프가 ④ 단면 분석 결과 그래프 표시부에 그려진다. 또한 부품의 종류, 머리 형상, 홈 형상, 머리/몸통 너비, 머리/몸통 두께, 몸통 나사부 길이, 몸통 그립부 길이, 몸통의 총 길이 등의 상세 정보들이 ⑤ 체결구 상세 정보 표시부에 업데이트된다. ⑥ 체결구 머리 단면 1차 형상 표시부, ⑦ 체결구 머리 단면 2차 형상 표시부에서는 템플릿 매칭 및 원 검출 및 반경 계산, 직선 검출의 결과를 포함하는 이미지가 그려지게 된다. 체결구 인식의 결과를 확인하고, 경우에 따른 수정이 완료되면 사용자로부터 'Save' 버튼을 입력받아 3D 모델 내부에 결과들을 저장한다. 추후 조립 순서 및 공정 생성 시스템에서 이 저장된 3D 모델들이 활용되어 진다.

[0140] 이하에서는 본 발명의 실시예를 검증하기 위한 체결구 인식 실험 및 그 분석 결과에 관하여 설명한다. 체결구 인식 기술의 성능을 확인하기 위해 다양한 종류의 볼트, 스크류, 와셔, 너트 및 핀에 대한 인식을 수행하고 결과를 분석하여 본다.

[0141] 도 21은 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 가장 널리 사용되고 있는 육각 볼트로서 나사산이 반영되지 않은 3D 모델이다. 주방향은 +X 방향이다.

[0142] 도 22는 본 발명의 실시예를 이용하여 도 21의 체결구를 인식한 결과를 나타낸다.도 22의 우측 상단의 그림은 볼트의 길이 방향 데이터에 대한 그래프이며, 볼트 머리 및 몸통에 대한 2개의 직선 구간으로 구성되어 있다. 데이터 분석에 따라 볼트의 몸통 및 나사부의 길이가 도출되고 머리의 두께 및 너비 역시 도출된다. 도 22의 왼쪽 하단은 볼트 머리 단면의 형상을 나타내며, 6개의 직선이 검출된 것이 확인된다. 결론적으로 템플릿 매칭에 의해 머리 형상은 6각으로 정해진다.

[0143] 도 23은 도 21의 육각 볼트의 Z방향 위치 이동에 따른 단면적 변화 양상을 나타낸다. 전체 데이터의 개수는 30개로서 이는 Y방향의 데이터 개수 35개보다 적으므로 Z방향 데이터 개수를 볼트 머리의 너비 B로 두며 치수는 30㎜이다. 머리 두께는 10㎜이며 몸통 길이는 70㎜로서 실제 모델의 치수와 같은 값들이 도출되어 졌다.

[0144] 도 24는 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 둥근 머리 볼트로서 십자 홈을 가진 3D 모델이다. 데이터의 실제 치수는 몸통부 길이 25.412㎜, 머리 두께 4.313㎜, 머리 직경 12.5㎜이다. 주방향은 +X 방향이다. 도 25는 본 발명의 실시예를 이용하여 도 24의 체결구를 인식한 결과를 나타낸다. 도 24의 우측 상단 그래프를 보면, 머리 부분의 단면적 변화는 곡선이며 둥근 머리의 특성에 해당되는 위로 볼록한 2차 함수 그래프의 형태를 보임을 알 수 있다. 또한, 도 25의 하단에 있는 머리부 첫 번째 단면 형상에서 십자 홈 형태를 파악할 수 있으며 픽셀 단위의 반경은 375이다. 그 오른쪽에 있는 머리부 두 번째 단면 형상에서의 픽셀 단위 반경은 399로서, 단면적이 증가한 것을 재확인할 수 있다. 최종적으로 이러한 정보들로부터 해당 부품이 둥근 머리 십자 홈 볼트라는 것을 알 수 있다.

[0145] 도 26은 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 접시 머리 볼트로서 톡스 홈을 가진 3D 모델이다. 데이터의 실제 치수는 몸통부 길이 21㎜, 머리 두께 3.266㎜, 머리 직경 12.5㎜이다. 주방향은 +Y 방향이다. 도 27은 본 발명의 실시예를 이용하여 도 26의 체결구를 인식한 결과를 나타낸다. 도 27의 우측 상단 그래프를 보면, 머리 부분의 단면적 변화가 접시 머리의 특성을 나타내는 아래로 볼록한 2차 함수 그래프의 형태를 보임을 알 수 있다.

또한, 도 27의 하단에 있는 머리부 첫 번째 단면 형상에서 톡스 홈 형태를 파악할 수 있으며 픽셀 단위의 반경은 375이다. 그 오른쪽에 있는 머리부 두 번째 단면 형상에서의 픽셀 단위 반경은 289로서, 단면적이 감소한 것을 재확인할 수 있다. 최종적으로 이러한 정보들로부터 해당 부품이 톡스 홈을 가진 접시 머리 볼트라는 것을 알 수 있다.

[0146] 도 28은 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 육각 렌치 볼트의 3D 모델이다. 데이터의 실제 치수는 몸통 그립부 길이 20㎜, 몸통 나사부 길이 30㎜, 머리 두께 12㎜, 머리 직경 16㎜이다. 주방향은 -X 방향이다. 도 29는 본 발명의 실시예를 이용하여 도 28의 체결구를 인식한 결과를 나타낸다. 도 29의 우측 상단 그래프로부터 길이 방향 전체 단면적 변화 양상을 확인할 수 있다. 그래프에서의 머리부를 살펴보면 최소 자승법(녹색 곡선 참조)에 의해 아래로 볼록한 그래프 형태를 보인다. 따라서 최초 분류되는 머리의 형태는 둥근 머리였으나, 추후 템플릿 매칭 시에 획득되어 지는 원의 반경 정보로 인하여 둥근 머리가 아닌 렌치 볼트로 수정되었다. 즉 도 29의 하단에 있는 머리부 첫 번째 단면 형상에서 육각 홈 형태를 파악할 수 있으며 픽셀 단위의 반경은 368이고, 그 오른쪽의 머리부 두 번째 단면 형상에서의 픽셀 단위 반경은 369로서, 단면적은 일정하다고 간주할 수 있으며, 초기에 둥근 머리로 판정된 것은 렌치 볼트로 수정된다.

[0147] 도 30은 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 둥근 머리 스크류로서 일자 홈을 가진 3D 모델이다. 데이터의 실제 치수는 몸통 그립부 길이 4㎜, 몸통 나사부 길이 20㎜, 머리 두께 6㎜, 머리 직경 13㎜이다. 주방향은 -Z 방향이다. 도 31은 본 발명의 실시예를 이용하여 도 30의 체결구를 인식한 결과를 나타낸다. 도 31의 우측 상단 그래프로부터 길이 방향 전체 단면적 변화 양상을 확인할 수 있다. 그래프에서의 머리부를 살펴보면 최소 자승법(녹색 곡선 참조)에 의해 완만한 경사를 가진 아래로 볼록한 그래프 형태를 보인다. 따라서 최초 분류되는 머리의 형태는 접시 머리였으나, 추후 템플릿 매칭 시 획득되어 지는 원의 반경 정보로 인하여 접시 머리가 아닌 둥근 머리 볼트로 수정되어 졌다. 즉 도 31의 왼쪽 하단의 머리부 첫 번째 단면 형상에서 일자 홈 형태를 파악할 수 있으며 픽셀 단위의 반경은 372이고, 오른쪽 하단의 머리부 두 번째 단면 형상에서는 원이 검출되지 않았으므로, 단면적이 증가한 것으로 간주하고 둥근 머리 형상으로 지정한다.

[0148] 도 32는 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 육각 너트의 3D 모델이다. 도 33은 본 발명의 실시예를 이용하여 도 32의 체결구를 인식한 결과를 나타낸다. 도 33의 우측 상단의 그림은 너트의 길이 방향 데이터에 대한 그래프이며 1개의 직선 구간으로 구성되어 있다. 데이터 분석에 따라 너트의 직경 및 두께가 도출된다. 도 33의 하단은 너트 몸통 단면의 형상을 나타내며 6개의 직선이 검출되었고 템플릿 매칭에 의해 너트 형상은 6각으로 정해진다.

[0149] 도 34는 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 일반 원형 와셔의 3D 모델이다. 도 35는 본 발명의 실시예를 이용하여 도 34의 체결구를 인식한 결과를 나타낸다. 도 35의 우측 상단의 그림은 와셔의 길이 방향 데이터에 대한 그래프이며 1개의 직선 구간으로 구성되어 있다. 데이터 분석에 따라 와셔의 직경 및 두께가 도출된다. 도 35의 하단은 와셔 몸통 단면의 형상을 나타내며 원형 템플릿 매칭을 통해 원형 와셔로 정해진다.

[0150] 도 36은 본 발명의 실시예의 검증에 사용된 원형 평행핀의 3D 모델이다. 도 37은 본 발명의 실시예를 이용하여 도 36의 체결구를 인식한 결과를 나타낸다. 도 37의 우측 상단의 그림은 핀의 길이 방향 데이터에 대한 그래프이며 1개의 직선 구간으로 구성되어 있다. 데이터 분석에 따라 핀의 직경 및 길이가 도출된다. 도 37의 하단은 핀 몸통의 단면 형상을 나타내며 원형 템플릿 매칭을 통해 원형 평행핀으로 정하여졌다.

[0151] 이상과 같은 본 발명의 실시예에 따른 결과 값들인 체결구의 종류, 치수 정보들은 향후 조립 공정 계획 생성 시 조립 방법 및 도구 선정에 유용하게 활용될 수 있다.

[0152] 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

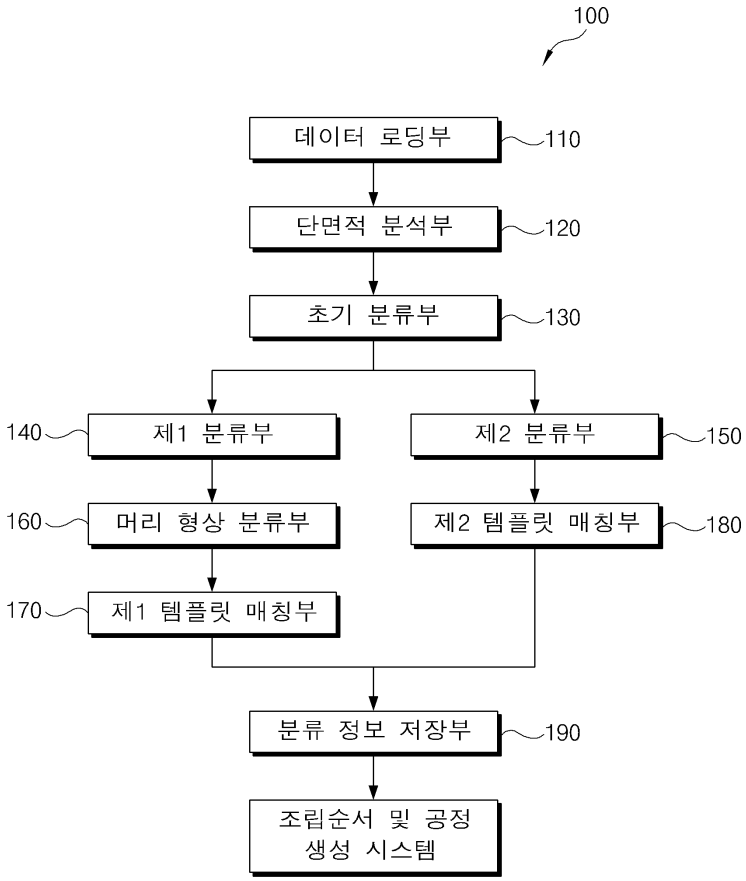
[0153]

100: 체결구 인식 장치	110: 데이터 로딩부
120: 단면적 분석부	130: 초기 분류부
140: 제1 분류부	150: 제2 분류부
160: 머리 형상 분류부	170: 제1 템플릿 매칭부

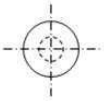
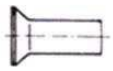
180: 제2 템플릿 매칭부 190: 분류 정보 저장부

도면

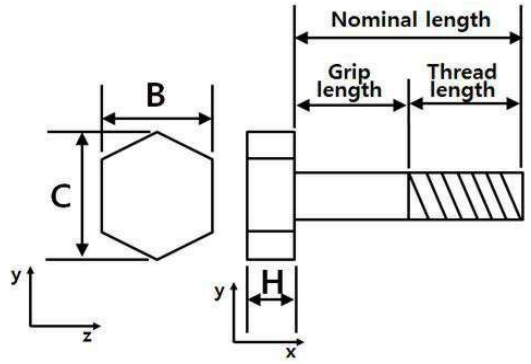
도면1



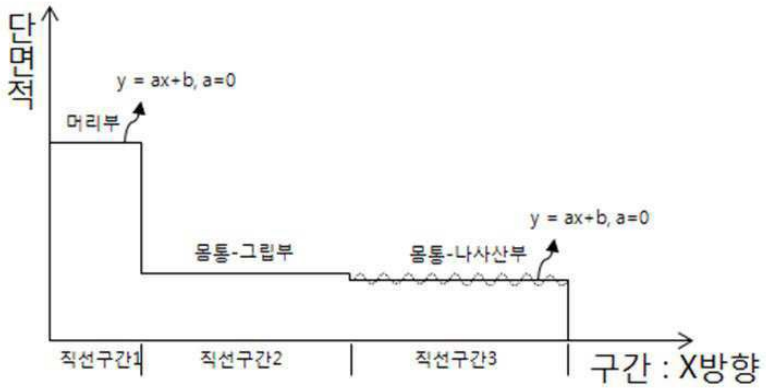
도면2

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">머리 모양</th><th rowspan="2">홈 모양</th><th colspan="2" rowspan="2">몸통 끝부분 형상</th></tr>
<tr><th>볼트/스크류 머리 단면 형상</th><th>길이 방향 머리 단면적 변화에 따른 형상</th></tr>
<tr><td>6각</td><td></td><td>단면적 변화 일정</td><td rowspan="2">십자</td><td rowspan="6">단면변화없는끝 - 볼트</td><td rowspan="2">거친끝</td></tr>
<tr><td>3각</td><td></td><td>단면적 변화 일정</td></tr>
<tr><td>4각</td><td></td><td>단면적 변화 일정</td><td rowspan="2">일자</td><td rowspan="3">모떼기끝</td></tr>
<tr><td>5각</td><td></td><td>단면적 변화 일정</td></tr>
<tr><td>8각</td><td></td><td>단면적 변화 일정</td><td rowspan="2">톡스</td></tr>
<tr><td>12각</td><td></td><td>단면적 변화 일정</td><td rowspan="3">뾰족끝 - 스크류</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="4">원형</td><td rowspan="4"></td><td rowspan="3">둥근</td><td>둥근</td><td>삼각</td></tr>
<tr><td>둥근납작</td><td>사각</td></tr>
<tr><td>냄비</td><td rowspan="2">12각</td></tr>
<tr><td>접시</td></tr>
<tr><td>원통</td><td></td><td>(단면적 변화 일정)</td><td>스플라인</td></tr>
</table>

도면3

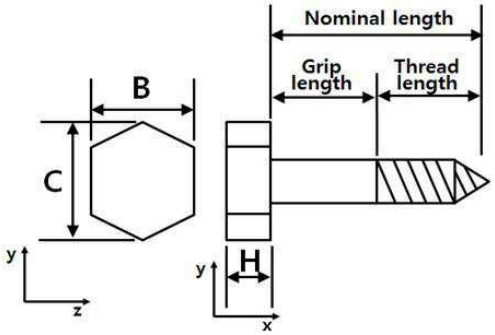

Nominal length
Grip length
Thread length
B
C
H
y
z
y
x

(a)

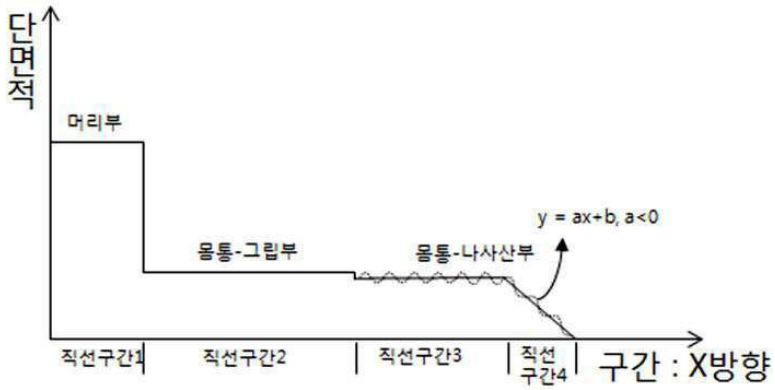

단면적
y = ax+b, a=0
머리부
y = ax+b, a=0
몸통-그립부
몸통-나사산부
직선구간1
직선구간2
직선구간3
구간 : X방향

(b)

도면4

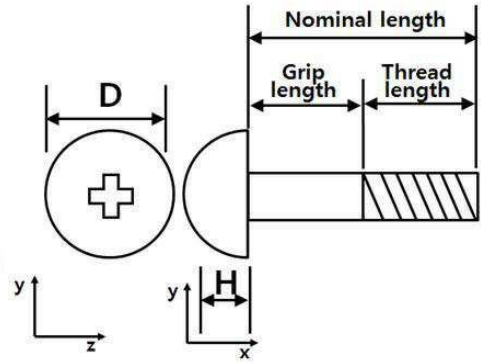

Nominal length
Grip length
Thread length
B
C
H
y
z
y
x

(a)

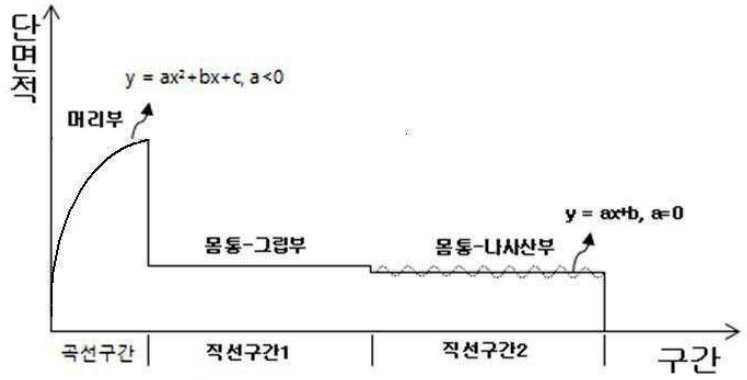

단면적
머리부
몸통-그립부
몸통-나사산부
y = ax+b, a<0
직선구간1
직선구간2
직선구간3
직선 구간4
구간 : X방향

(b)

도면5

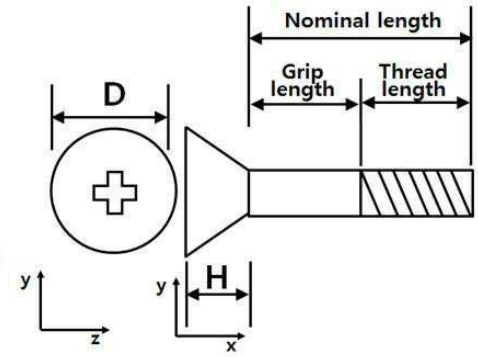

Nominal length
Grip length
Thread length
D
H
y
z
y
x

(a)

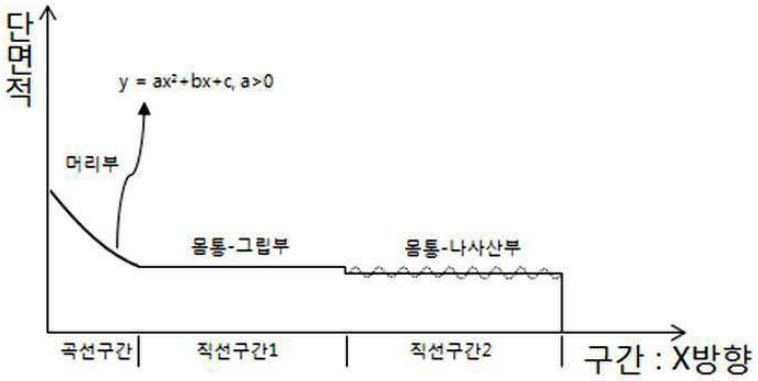

단면적
y = ax²+bx+c, a<0
머리부
y = ax+b, a=0
몸통-그립부
몸통-나사산부
곡선구간
직선구간1
직선구간2
구간

(b)

도면6

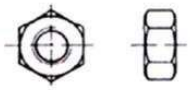
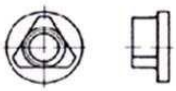
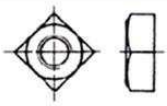
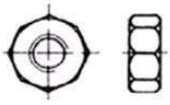
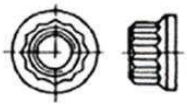

Nominal length
Grip length
Thread length
D
H
y
z
y
x

(a)

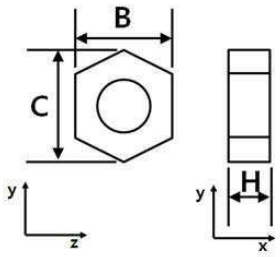

단면적
y = ax²+bx+c, a>0
머리부
몸통-그립부
몸통-나사산부
곡선구간
직선구간1
직선구간2
구간 : X방향

(b)

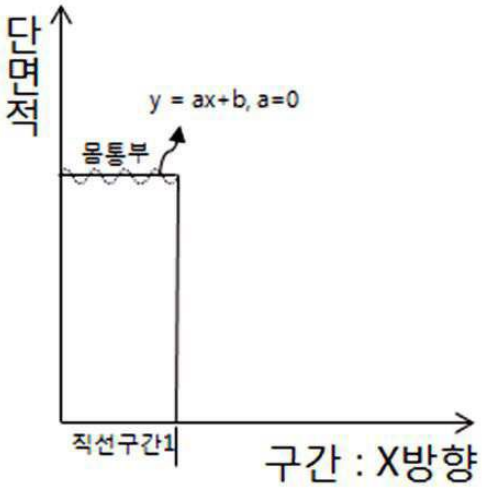
도면7

너트 몸통 모양		길이 방향 단면적 변화
너트 단면 종류	너트 단면 형상	
6각		단면적 변화 일정
3각		단면적 변화 일정
4각		단면적 변화 일정
5각		단면적 변화 일정
8각		단면적 변화 일정
12각		단면적 변화 일정
원형		단면적 변화 일정

도면8

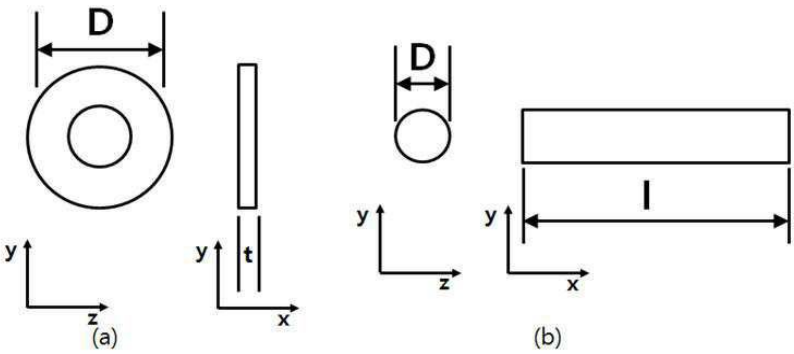


(a)



(b)

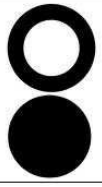
도면9



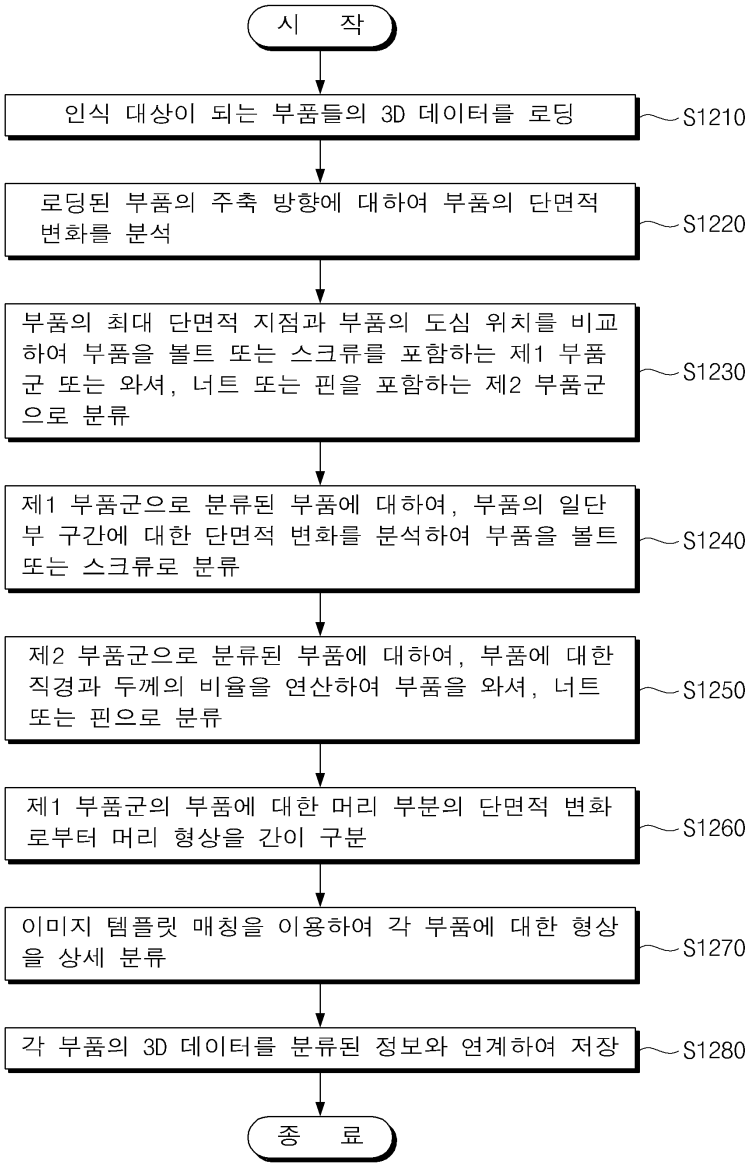
도면10

	홈 없음	십자 홈	일자 홈	십자+일자 홈	6각 홈	톡스 (별모양) 홈
6각 볼트 머리 단면					-	-
4각 볼트 머리 단면		-	-	-	-	-
원형 볼트 머리 단면	-					

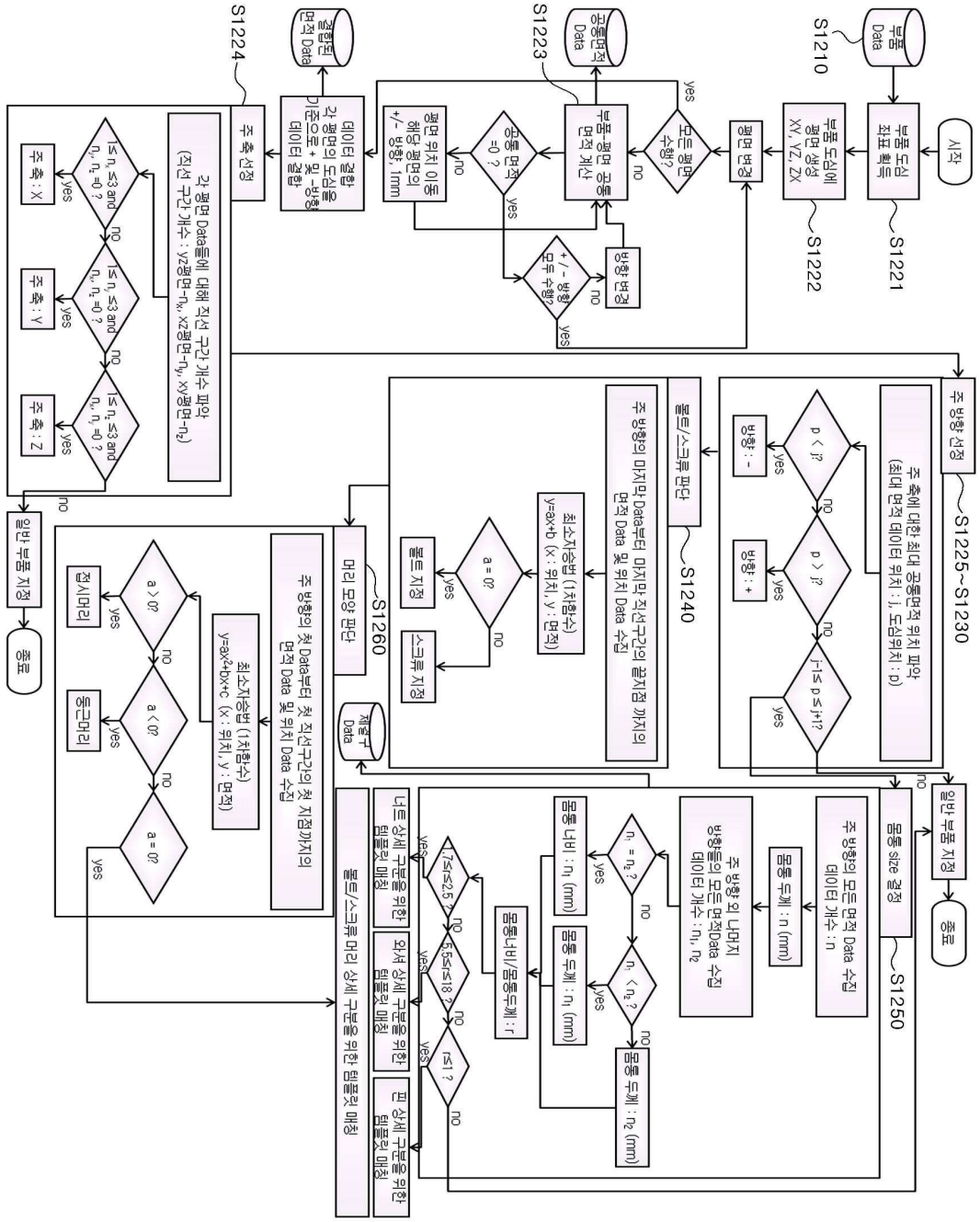
도면11

	6각	4각	원형
너트			-
와셔	-		
핀	-	-	

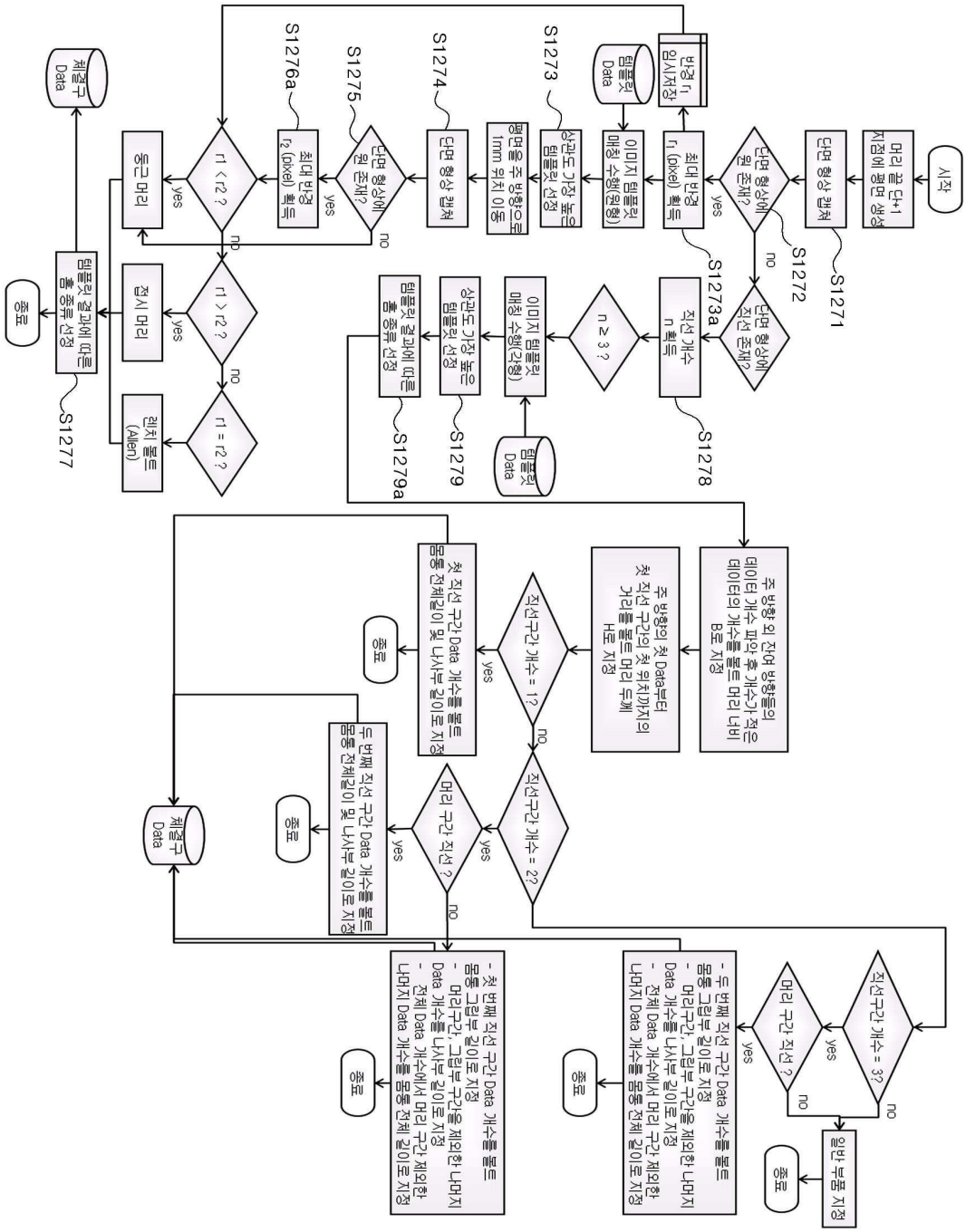
도면12


시 작
인식 대상이 되는 부품들의 3D 데이터를 로딩
S1210
로딩된 부품의 주축 방향에 대하여 부품의 단면적 변화를 분석
S1220
부품의 최대 단면적 지점과 부품의 도심 위치를 비교하여 부품을 볼트 또는 스크류를 포함하는 제1 부품군 또는 와셔, 너트 또는 핀을 포함하는 제2 부품군으로 분류
S1230
제1 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 부품의 일단부 구간에 대한 단면적 변화를 분석하여 부품을 볼트 또는 스크류로 분류
S1240
제2 부품군으로 분류된 부품에 대하여, 부품에 대한 직경과 두께의 비율을 연산하여 부품을 와셔, 너트 또는 핀으로 분류
S1250
제1 부품군의 부품에 대한 머리 부분의 단면적 변화로부터 머리 형상을 간이 구분
S1260
이미지 템플릿 매칭을 이용하여 각 부품에 대한 형상을 상세 분류
S1270
각 부품의 3D 데이터를 분류된 정보와 연계하여 저장
S1280
종 료

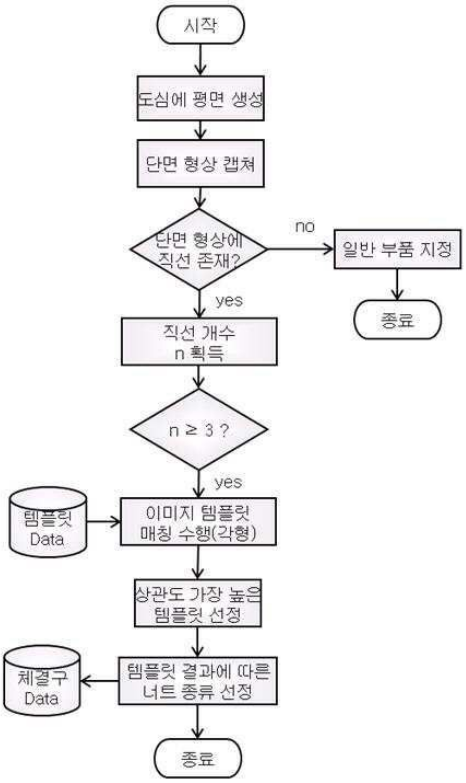
도면13


시작
부품 Data
S1210
부품 도심 좌표 획득
S1221
부품 도심에 평면 생성 XY, YZ, ZX
S1222
평면 변경
모든 평면 수행?
yes
no
부품 평면 공통 면적 계산
S1223
공통면적 Data
방향 변경
+/- 방향 모두 수행?
yes
no
영역 면적 =0 ?
yes
no
평면 위치 이동 해당 평면의 +/- 방향, 1mm
데이터 결합 각 평면의 도심을 기준으로 +, - 방향 데이터 결합
설정된 면적 Data
S1224
주 축 선정
각 평면 Data들에 대해 직선 구간 개수 파악 (직선 구간 개수 : yz평면-n_x, xz평면-n_y, xy평면-n_z)
$1 \le n_x \le 3$ and $n_y, n_z = 0$?
yes
no
주 축 : X
$1 \le n_y \le 3$ and $n_x, n_z = 0$?
yes
no
주 축 : Y
$1 \le n_z \le 3$ and $n_x, n_y = 0$?
yes
no
주 축 : Z
일반 부품 지정
종료
주 방향 선정
S1225~S1230
주 축에 대한 최대 공통면적 위치 파악 (최대 면적 데이터 위치 : j, 도심위치 : p)
p < j?
yes
no
방향 : -
p > j?
yes
no
방향 : +
j-1≤ p ≤j+1?
yes
no
몰트/스크류 판단
S1240
주 방향의 마지막 Data부터 마지막 직선구간의 끝지점 까지의 면적 Data 및 위치 Data 수집
최소자승법 (1차함수) y=ax+b (x : 위치, y : 면적)
a = 0?
yes
no
몰트 지정
스크류 지정
제품구 Data
머리 모양 판단
S1260
주 방향의 첫 Data부터 첫 직선구간의 첫 지점까지의 면적 Data 및 위치 Data 수집
최소자승법 (1차함수) y=ax²+bx+c (x : 위치, y : 면적)
a > 0?
yes
no
접시머리
a < 0?
yes
no
둥근머리
a = 0?
yes
no
일반 부품 지정
종료
몸통 size 결정
S1250
주 방향의 모든 면적 Data 수집 데이터 개수 : n
몸통 두께 : n (mm)
주 방향의 나머지 방향들의 모든 면적Data 수집 데이터 개수 : n_1, n_2
$n_1 = n_2$?
yes
no
몸통 너비 : n_1 (mm)
$n_1 < n_2$?
yes
no
몸통 두께 : n_1 (mm)
몸통 두께 : n_2 (mm)
몸통너비/몸통두께 : r
r≤1 ?
yes
no
핀 상세 구분을 위한 템플릿 매칭
5.5≤r≤18 ?
yes
no
와셔 상세 구분을 위한 템플릿 매칭
7≤r≤25 ?
yes
no
너트 상세 구분을 위한 템플릿 매칭
몰트/스크류 머리 상세 구분을 위한 템플릿 매칭

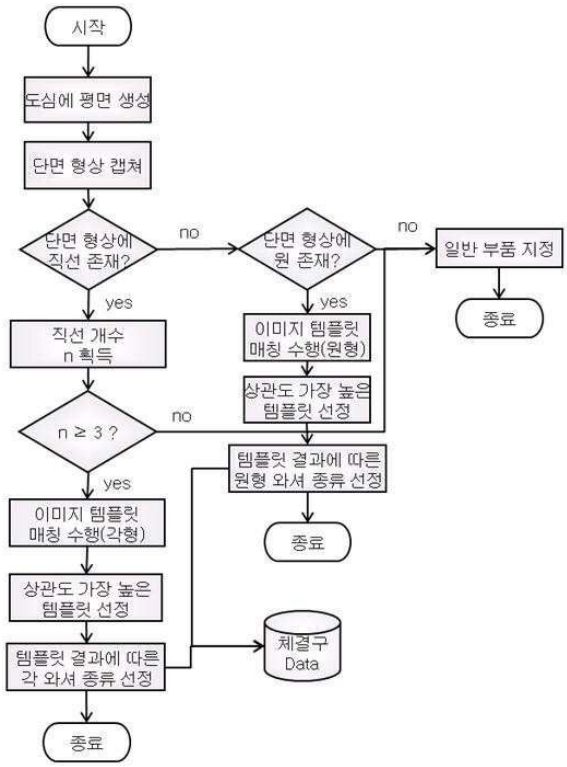
도면14


시작
머리 끝단+1
지점에 평면 생성
단면 형상 캡쳐
S1271
단면 형상에
원 존재?
S1272
yes
no
최대 반경
r1 (pixel) 획득
S1273
반경 r1
임시저장
템플릿
Data
이미지 템플릿
매칭 수행(원형)
상관도 가장 높은
템플릿 선정
평면을 주 방향으로
1mm 위치 이동
단면 형상에
원 존재?
S1274
yes
no
단면 형상 캡쳐
S1275
최대 반경
r2 (pixel) 획득
S1276
r1 < r2 ?
yes
no
중근 머리
체결구
Data
S1276a
단면 형상에
직선 존재?
S1273a
yes
no
직선 개수
n 획득
S1278
n ≥ 3 ?
yes
no
이미지 템플릿
매칭 수행(각형)
상관도 가장 높은
템플릿 선정
S1279
템플릿
Data
템플릿 결과에 따른
홀 종류 선정
S1279a
r1 > r2 ?
yes
no
접시 머리
r1 = r2 ?
렌치 홀트
(Allen)
템플릿 결과에 따른
홀 종류 선정
S1277
종료
주 방향 외 잔여 방향들의
데이터 개수 파악 후 개수가 적은
데이터의 개수를 홀트 머리 너비
B로 지정
주 방향의 첫 Data부터
첫 직선 구간의 첫 위치까지의
거리를 홀트 머리 두께
H로 지정
직선구간 개수 = 1?
yes
no
첫 직선 구간 Data 개수를 홀트
몸통 전체길이 및 나사부 길이로 지정
종료
직선구간 개수 = 2?
yes
no
머리 구간 직선 ?
yes
no
두 번째 직선 구간 Data 개수를 홀트
몸통 전체길이 및 나사부 길이로 지정
종료
체결구
Data
- 첫 번째 직선 구간 Data 개수를 홀트
몸통 그립부 길이로 지정
- 머리구간, 그립부 구간을 제외한 나머지
Data 개수를 나사부 길이로 지정
- 전체 Data 개수에서 머리 구간 제외한
나머지 Data 개수를 몸통 전체 길이로 지정
종료
직선구간 개수 = 3?
yes
no
머리 구간 직선 ?
yes
no
- 두 번째 직선 구간 Data 개수를 홀트
몸통 그립부 길이로 지정
- 머리구간, 그립부 구간을 제외한 나머지
Data 개수를 나사부 길이로 지정
- 전체 Data 개수에서 머리 구간 제외한
나머지 Data 개수를 몸통 전체 길이로 지정
종료
일반 부품 지정
종료

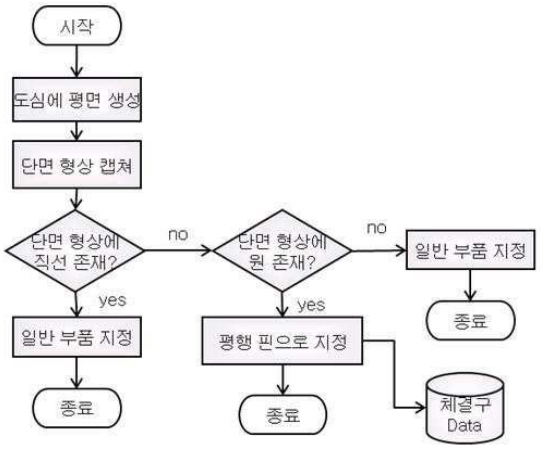
도면15


시작
도심에 평면 생성
단면 형상 캡쳐
단면 형상에 직선 존재?
no
일반 부품 지정
종료
yes
직선 개수 n 획득
n ≥ 3 ?
yes
템플릿 Data
이미지 템플릿 매칭 수행(각형)
상관도 가장 높은 템플릿 선정
체결구 Data
템플릿 결과에 따른 너트 종류 선정
종료

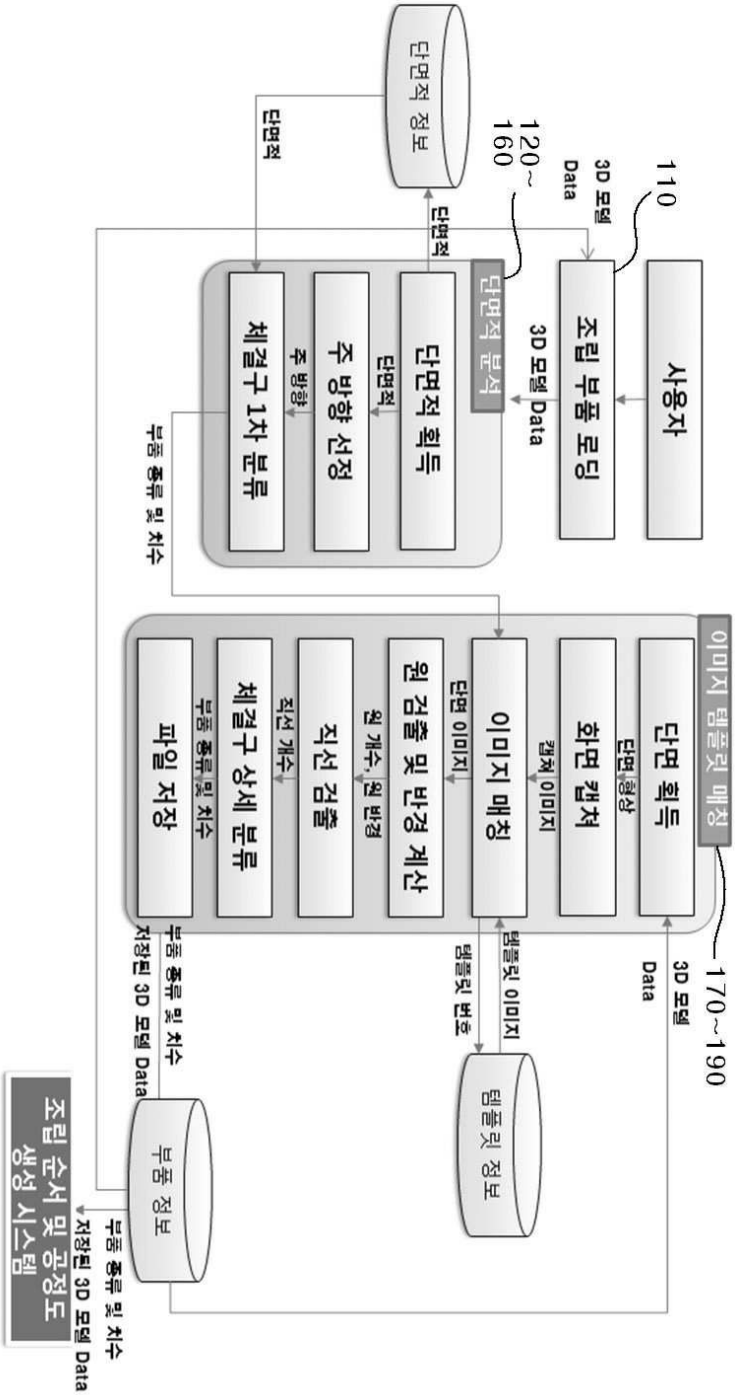
도면16


시작
도심에 평면 생성
단면 형상 캡쳐
단면 형상에 직선 존재?
no
단면 형상에 원 존재?
no
일반 부품 지정
종료
yes
yes
직선 개수 n 획득
이미지 템플릿 매칭 수행(원형)
상관도 가장 높은 템플릿 선정
n ≥ 3 ?
no
템플릿 결과에 따른 원형 와셔 종류 선정
종료
yes
이미지 템플릿 매칭 수행(각형)
상관도 가장 높은 템플릿 선정
체결구 Data
템플릿 결과에 따른 각 와셔 종류 선정
종료

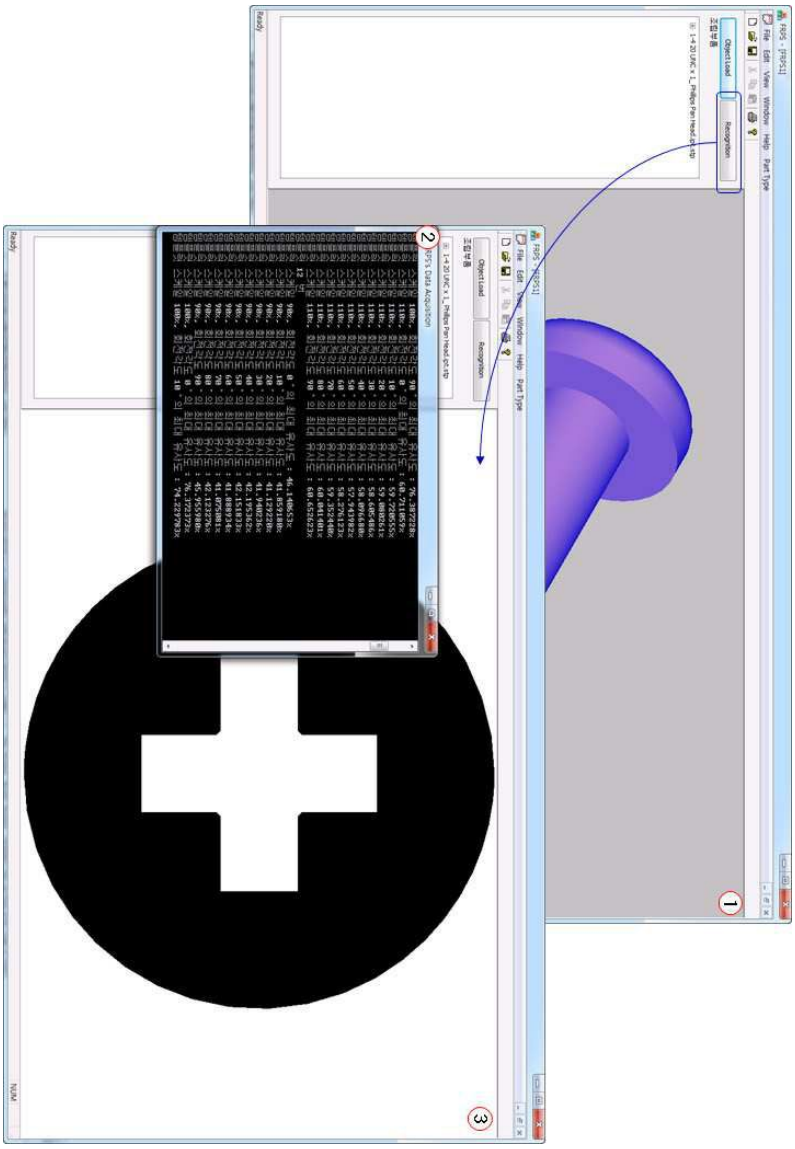
도면17


시작
도심에 평면 생성
단면 형상 캡쳐
단면 형상에 직선 존재?
no
단면 형상에 원 존재?
no
일반 부품 지정
종료
yes
일반 부품 지정
종료
yes
평행 핀으로 지정
종료
체결구 Data

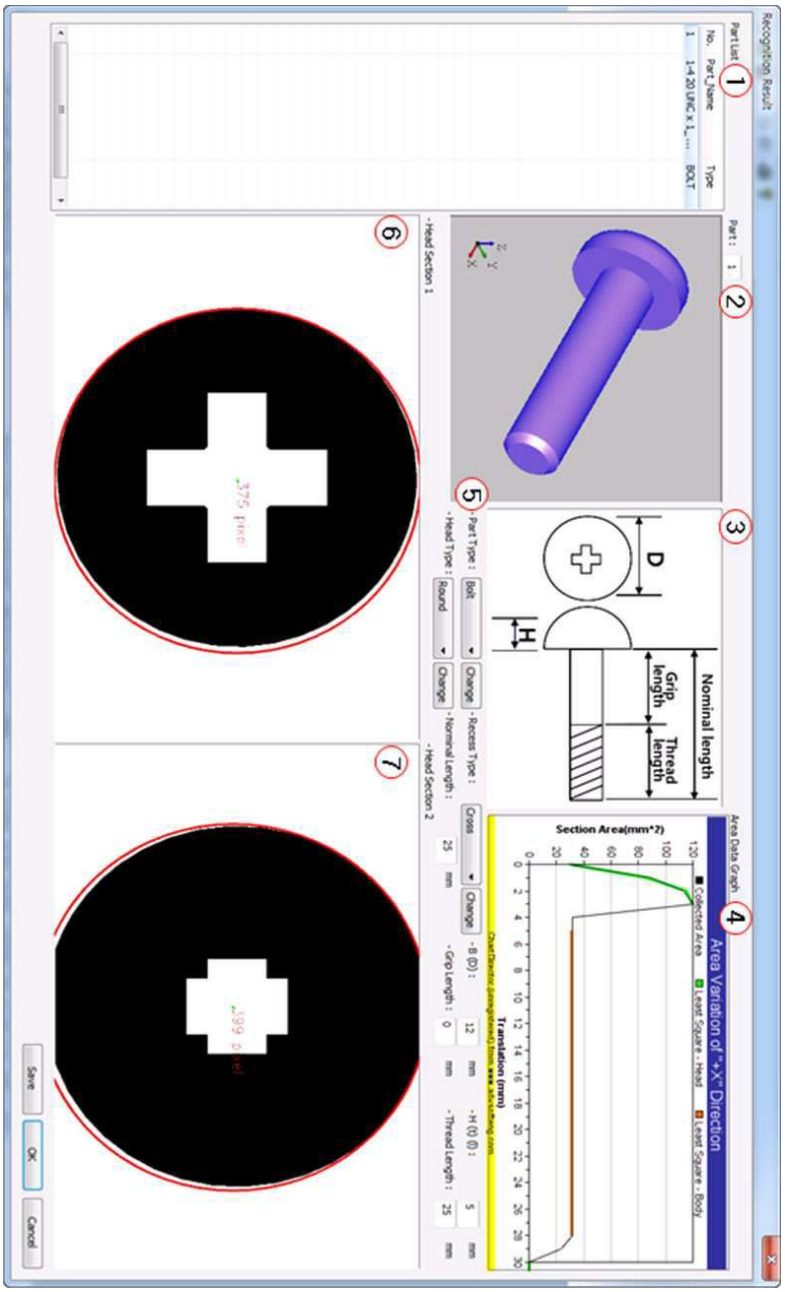
도면18


조립 순서 및 공정도 생성 시스템
부품 정보
템플릿 정보
단면적 정보
사용자
조립 부품 로딩
단면적 분석
단면적 획득
주 방향 선정
체결구 1차 분류
이미지 템플릿 매칭
단면 획득
화면 캡쳐
이미지 매칭
원 검출 및 반경 계산
직선 검출
체결구 상세 분류
파일 저장
110
120~160
170~190
3D 모델 Data
단면적
부품 종류 및 치수
주 방향
단면 이미지
원 개수, 원 반경
직선 개수
캡쳐 이미지
단면 형상
템플릿 이미지
템플릿 번호
저장된 3D 모델 Data

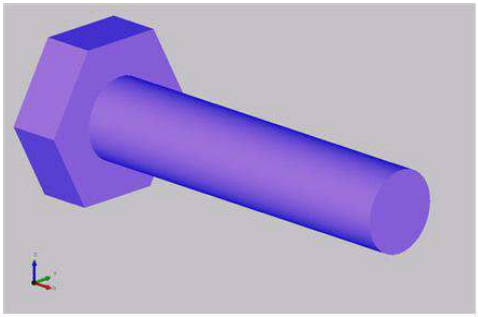
도면19



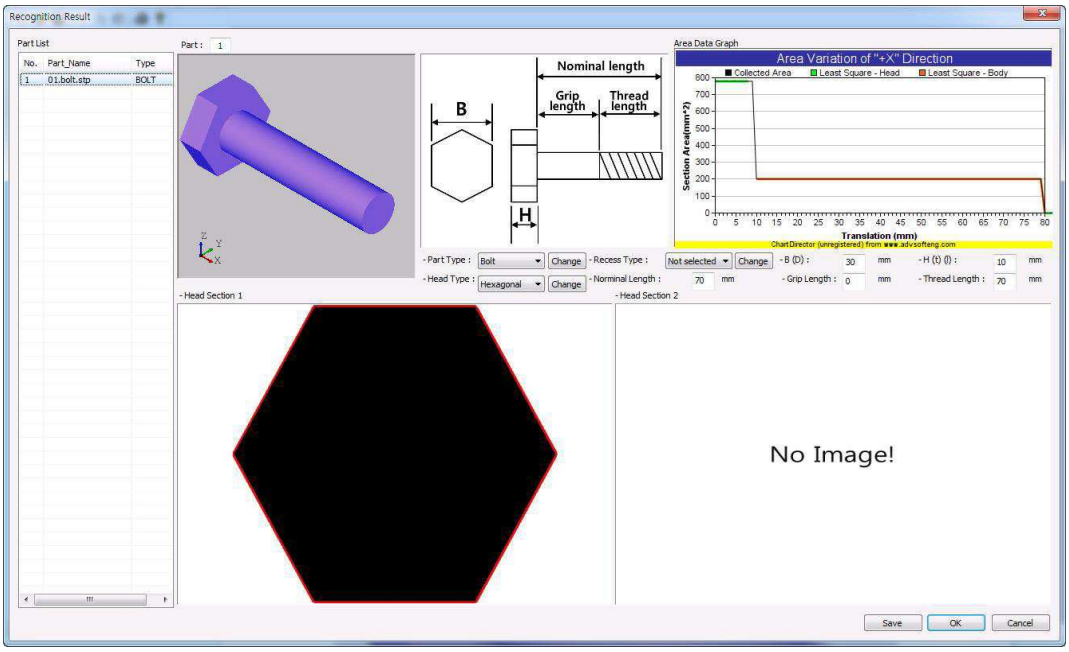
도면20


Recognition Result
Part List
No.
Part_Name
Type
1
1-4 20 UNC x 1_...
BOLT
Part :
1
D
H
Nominal length
Grip length
Thread length
Area Data Graph
Area Variation of "+X" Direction
Section Area(mm^2)
Collected Area
Least Square - Head
Least Square - Body
Translation (mm)
- Part Type :
Bolt
Change
- Head Type :
Round
Change
- Head Section 1
- Recess Type :
Cross
Change
- Nominal Length :
25
mm
- Head Section 2
- B (0) :
12
mm
- Grip Length :
0
mm
- H (0, 0) :
5
mm
- Thread Length :
25
mm
Save
OK
Cancel

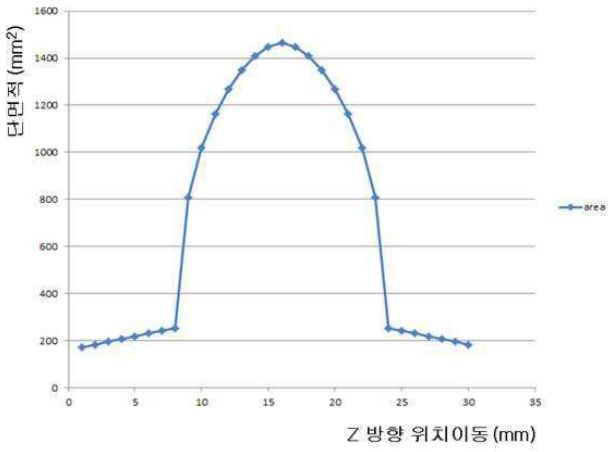
도면21



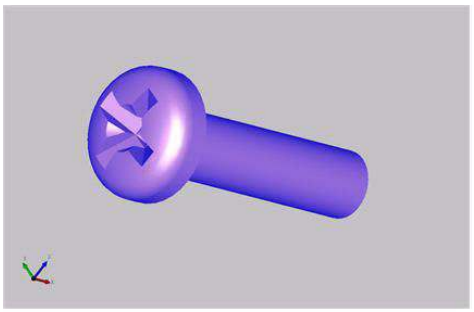
도면22



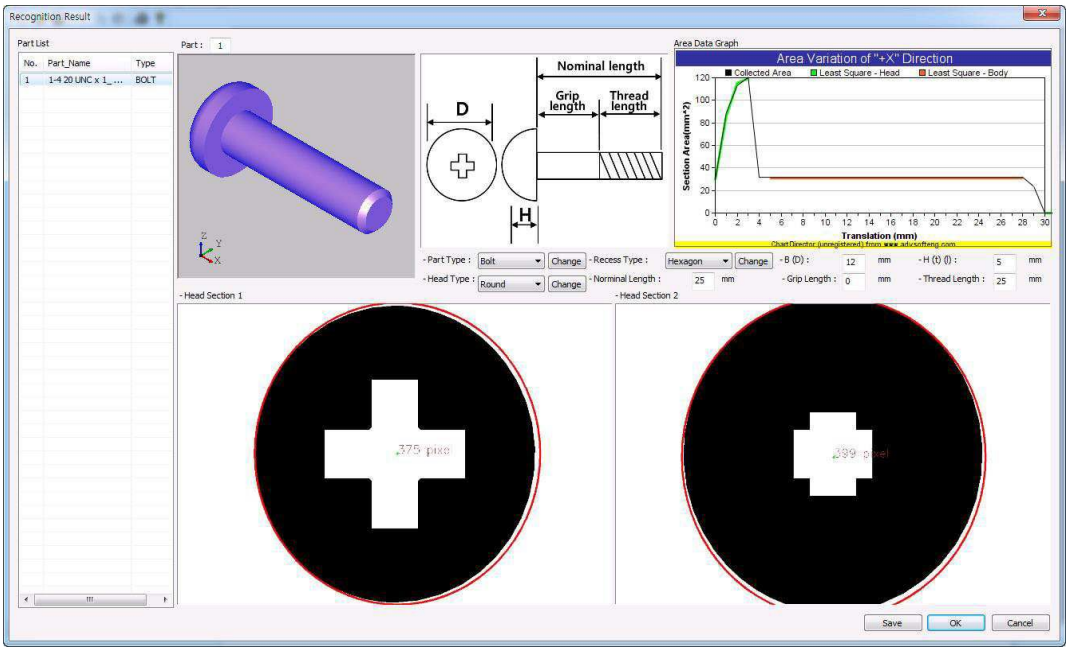
도면23



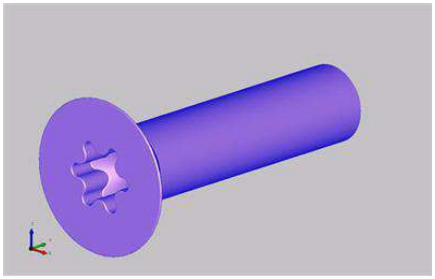
도면24



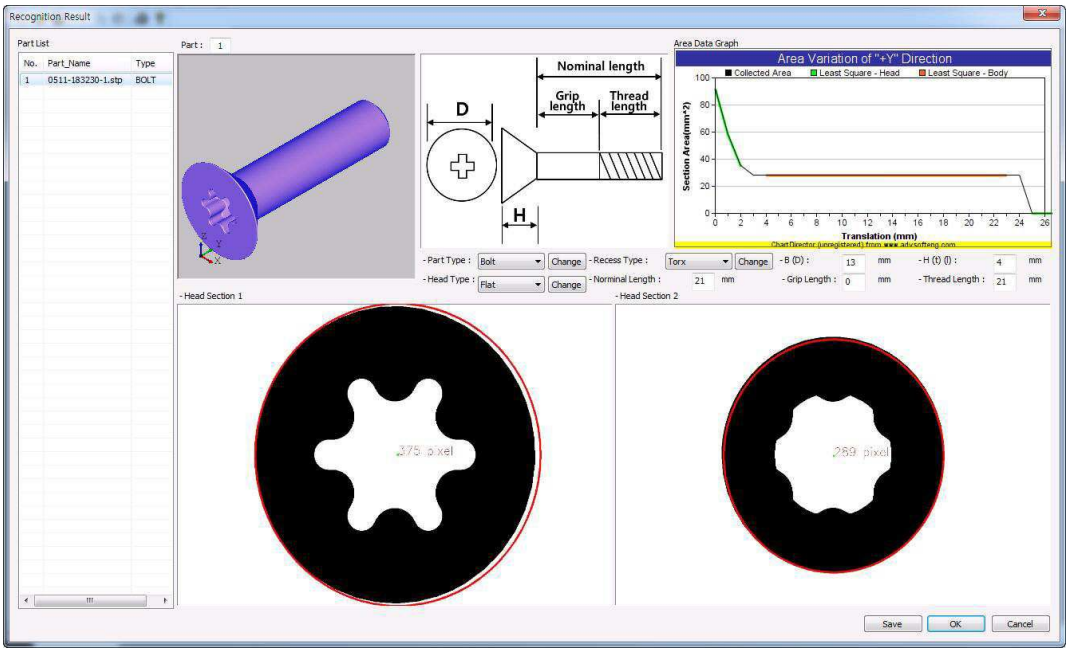
도면25



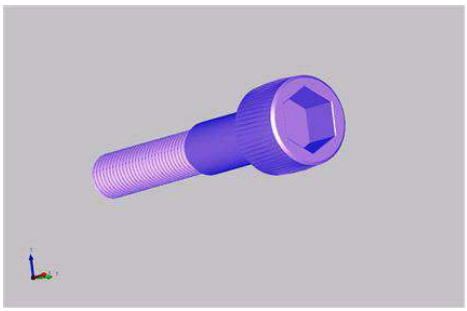
도면26



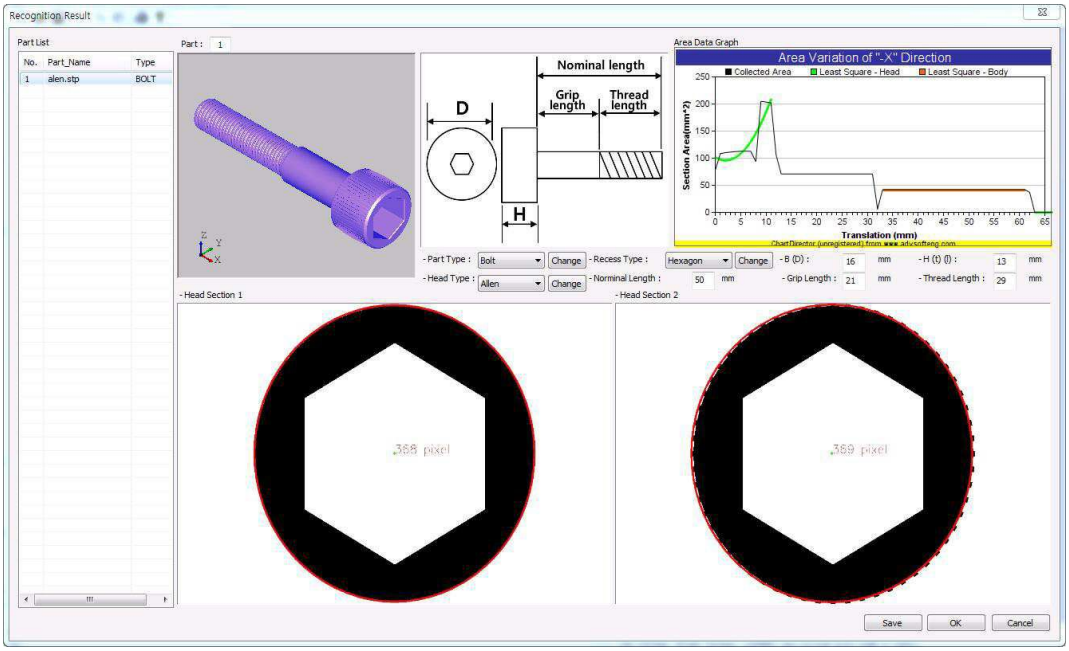
도면27



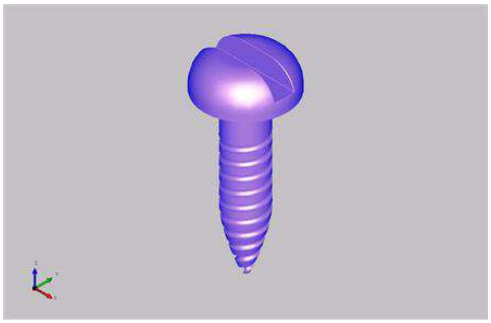
도면28



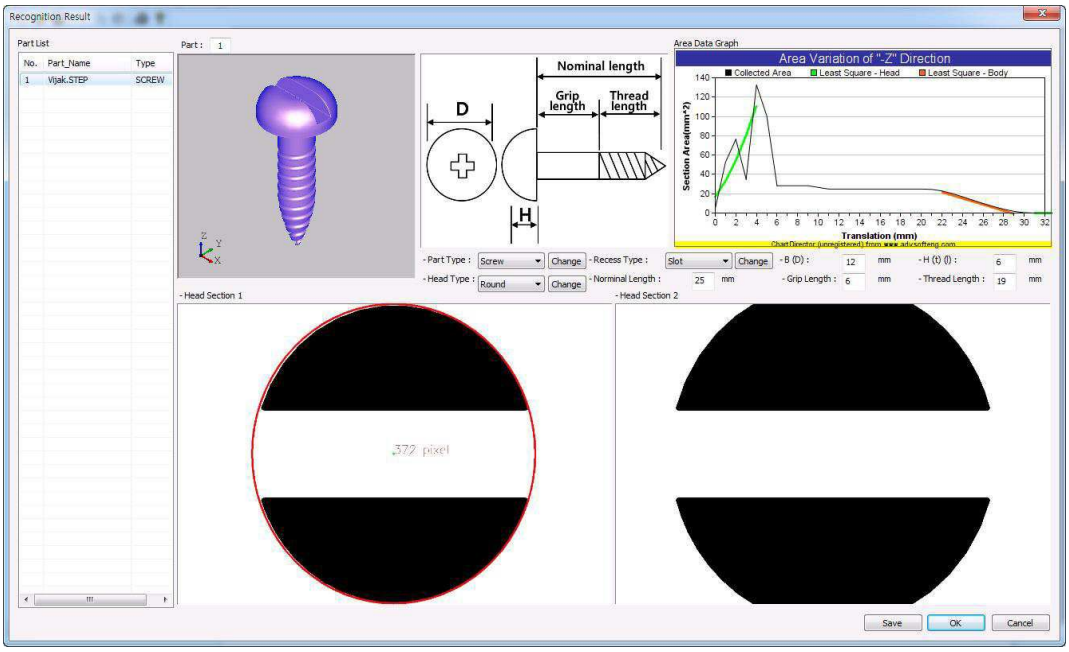
도면29



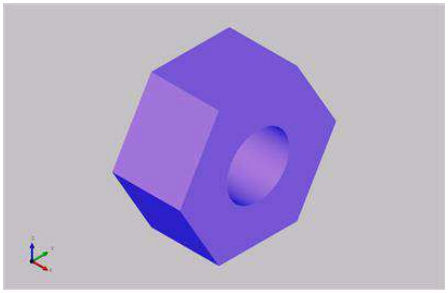
도면30



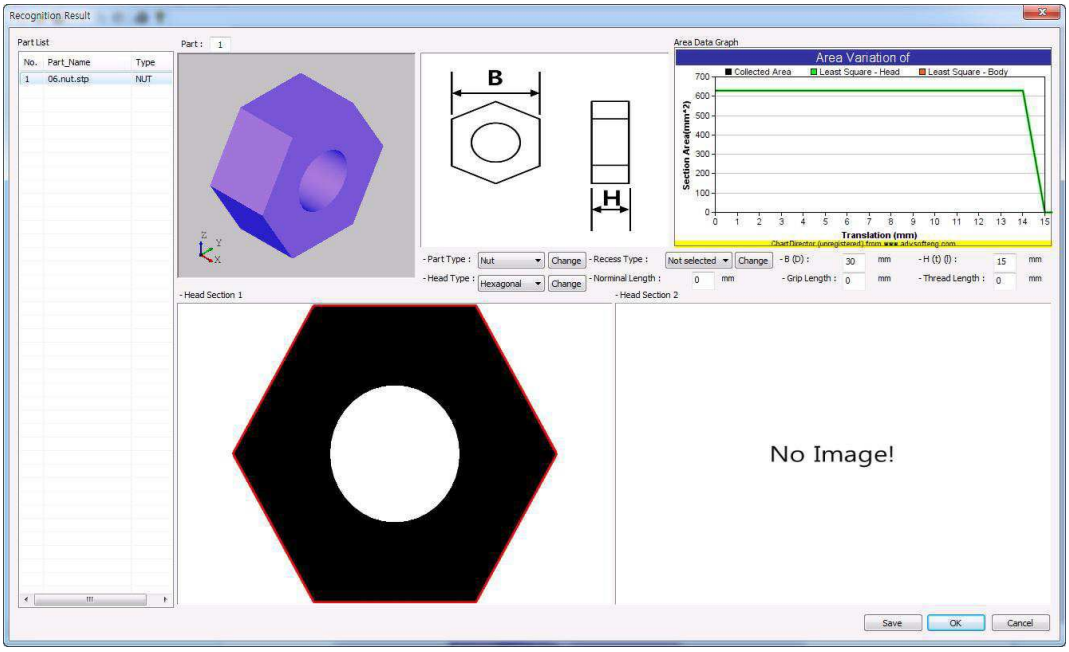
도면31



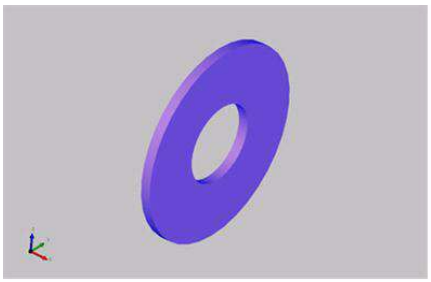
도면32



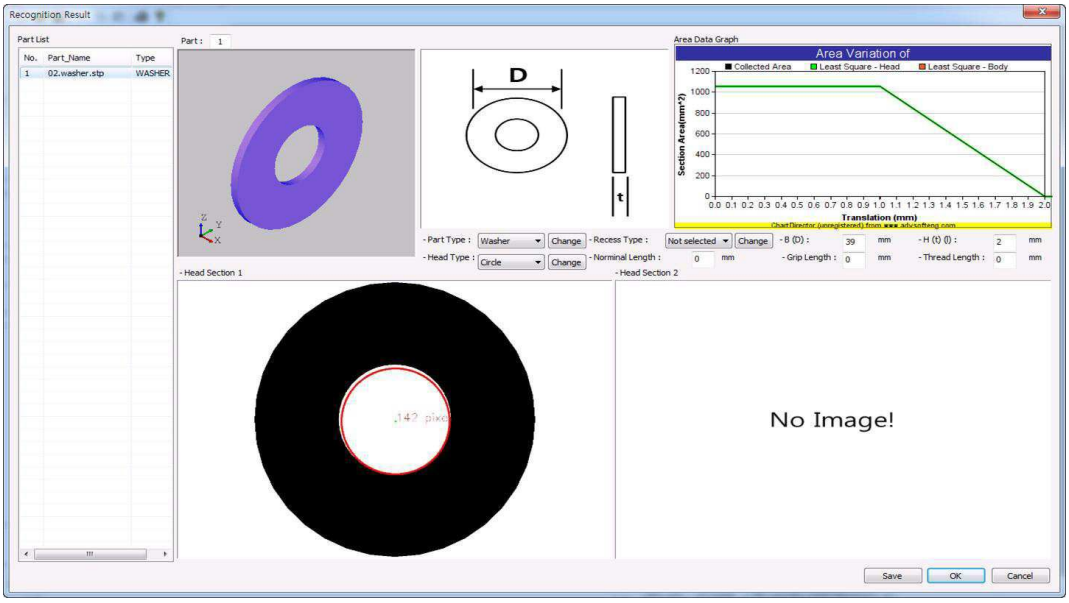
도면33



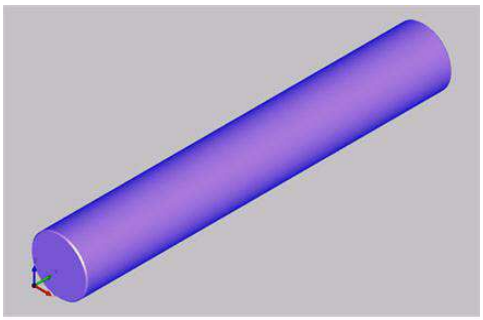
도면34



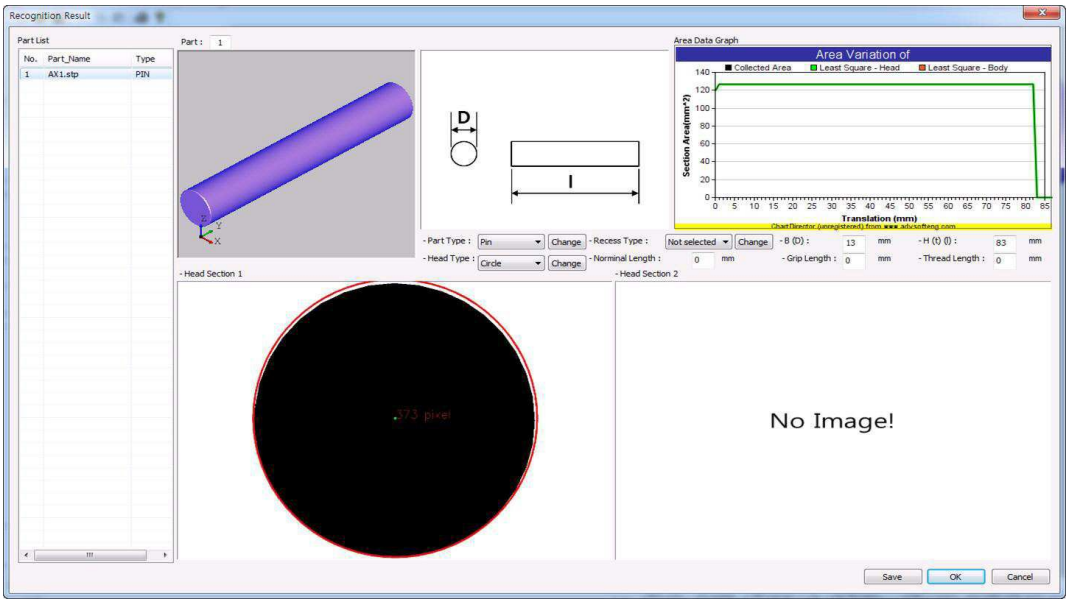
도면35



도면36



도면37


Recognition Result
Part List
No.
Part_Name
Type
1
AX1.stp
PIN
Part : 1
D
l
Area Data Graph
Area Variation of
Collected Area
Least Square - Head
Least Square - Body
Section Area(mm^2)
Translation (mm)
- Part Type : Pin
Change
- Recess Type : Not selected
Change
- B (D) : 13 mm
- H (t) (l) : 83 mm
- Head Type : Circle
Change
- Nominal Length : 0 mm
- Grip Length : 0 mm
- Thread Length : 0 mm
- Head Section 1
- Head Section 2
No Image!
Save
OK
Cancel