



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년01월05일

(11) 등록번호 10-2347407

(24) 등록일자 2021년12월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 19/4097 (2020.01) G06F 30/17 (2020.01)(52) CPC특허분류
G05B 19/4097 (2013.01)
G06F 30/17 (2020.01)

(21) 출원번호 10-2020-0129280

(22) 출원일자 2020년10월07일

심사청구일자 2020년10월07일

(56) 선행기술조사문헌

JP04168504 A

JP2001092865 A

(73) 특허권자

한국기술교육대학교 산학협력단

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)

(72) 발명자

김병철

세종특별자치시 달빛로 211 범지기마을10단지(아름동) 1012동 101호

(74) 대리인

김민태

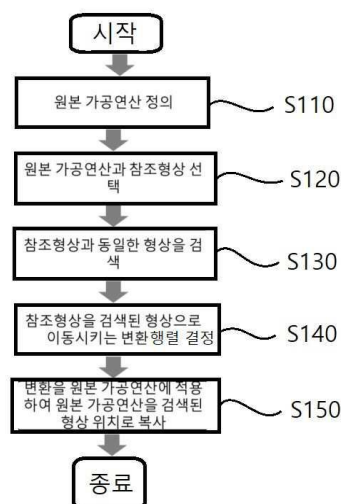
전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 강성철

(54) 발명의 명칭 CAD모델 기반 CAM모델 생성방법

(57) 요약

CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 장치를 이용하여 CAD모델에서 CAM모델을 빠르게 생성하는 방법에 있어서, 먼저 원본 가공연산 결정부를 통하여 원본 가공연산을 정의한다. 이어서, 원본 가공연산 결정부에 의해 복사될 원본 가공연산과 참조형상을 선택한다. 이후에, 형상 검색부를 이용하여 CAD모델 내에서 상기 참조형상과 동일한 형상을 검색한다. 계속해서, 변환행렬 결정부를 이용하여 상기 참조형상을 상기 검색된 형상의 위치로 이동시키기 위한 변환행렬을 결정한다. 이어서, 가공연산 복사부를 이용하여 상기 원본 가공연산에 상기 변환행렬을 적용해서 상기 검색된 형상의 위치로 복사한다.

대표도 - 도3

명세서

청구범위

청구항 1

공작재료를 가공하는 공구와, 상기 공구를 구동하는 구동부와, 상기 공구의 구동방식을 나타내는 원본 가공연산(Source Machining Operation) 및 면, 모서리 또는 이들의 조합에 의한 부품 일부의 형상인 하나 이상의 참조형상, 및 컴퓨터 이용 설계(Computer-Aided Design; CAD) 모델을 포함하는 기초설계자료가 입력되는 설계데이터 입력부와, 상기 설계데이터 입력부로부터 인가받은 상기 기초설계자료를 이용하여 최적화된 컴퓨터 이용 제조(Computer-Aided Manufacturing; CAM) 모델을 생성하되 상기 기초설계자료 중에서 복사대상이 되는 가공연산을 선택하는 원본 가공연산 결정부, 상기 기초 설계자료 중에서 복사대상이 되는 하나 이상의 참조형상을 선택하는 참조형상 선택부, 상기 선택된 참조형상과 상기 기초설계자료 중에서 상기 CAD 모델을 비교하여 상기 참조형상과 동일한 형상을 검색하는 형상검색부, 상기 원본 가공연산 결정부로부터 인가받은 가공연산을 상기 검색된 형상들에 적용하여 변환행렬을 결정하는 변환행렬 결정부, 상기 검색된 형상에 상기 변환행렬을 적용하여 최적화된 CAM 모델을 생성하는 가공연산 복사부를 포함하는 설계 최적화부를 포함하는 CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 장치를 이용하여 CAD모델에서 CAM모델을 빠르게 생성하는 방법에 있어서,

상기 원본 가공연산 결정부를 통하여 상기 원본 가공연산을 정의하는 단계;

상기 원본 가공연산 결정부에 의해 상기 복사될 원본 가공연산과 상기 참조형상을 선택하는 단계;

상기 형상 검색부를 이용하여 상기 CAD모델 내에서 상기 참조형상과 동일한 형상을 검색하는 단계;

상기 변환행렬 결정부를 이용하여 상기 참조형상을 상기 검색된 형상의 위치로 이동시키기 위한 변환행렬을 결정하는 단계; 및

상기 가공연산 복사부를 이용하여 상기 원본 가공연산에 상기 변환행렬을 적용해서 상기 검색된 형상의 위치로 복사하는 단계를 포함하는 CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 CAD모델 내에서 상기 참조형상과 동일한 형상을 검색하는 단계는,

부품의 내면 또는 모서리의 형상 종류가 상기 참조형상의 형상 종류와 동일한지 비교하는 단계; 및

상기 참조형상과 상기 부품의 내면 또는 모서리의 수치적 특징을 비교하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 CAD모델 내에서 상기 참조형상과 동일한 형상을 검색하는 단계는,

상기 참조형상의 형상 종류와 상기 부품의 내면 또는 모서리의 수치적 특징이 모두 동일한 경우에만 상기 참조형상과 상기 부품의 내면 또는 모서리가 동일하다고 판단하는 것을 특징으로 하는 CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 변환행렬 결정부를 이용하여 상기 참조형상을 상기 검색된 형상의 위치로 이동시키기 위한 변환행렬을 결정하는 단계는,

강체변환(Rigid Transformation), 축 회전(Axis Rotation), 및 직선이동(Translation)으로 이루어진 그룹으로

부터 선택되는 하나 이상의 변환행렬을 포함하는 것을 특징으로 하는 CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 CAD모델 기반 CAM모델 생성방법을 제공하는데 있다. 보다 상세하게는 컴퓨터 이용 설계(Computer-Aided Design; CAD) 모델에서 컴퓨터 이용 제조(Computer-Aided Manufacturing; CAM) 모델을 빠르게 생성하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 엔진과 같이 높은 정밀도가 필요한 기계 부품을 생산하는 경우, 일반적으로 컴퓨터 수치제어 공작기계(이하, 'CNC 공작기계'라고 함)를 이용한 절삭 가공방법이 사용된다. CNC 공작기계의 절삭 공구의 움직임을 제어하기 위한 G-코드는 복잡한 절삭 공구의 움직임을 표현해야 하므로, G-코드의 작업에 많은 시간과 노력이 소요된다.
- [0003] G-코드는 컴퓨터 이용 제조(Computer-Aided Manufacturing; CAM) 프로그램을 활용하여 제작되며, CAM 프로그램은 컴퓨터 이용 설계(Computer-Aided Design; CAD) 모델을 기초로하여 생성된다.
- [0004] CAM 모델은 CAD 모델에서 공구가 이동하는 경로, 절삭조건, 가공전략 등을 추가하여 생성되는 모델이다.
- [0005] CAM 모델은 CAD 모델에서 추가적인 다수의 변수들을 포함하기 때문에, CAM 모델의 생성에는 많은 시간과 노력이 소요된다.
- [0006] CAM 모델의 생성에 소요되는 시간을 절약하기 위하여, CAM 모델을 보다 용이하게 생성하기 위한 연구들이 진행되었으나, 종래의 기술은 공구가 이동하는 경로, 절삭조건, 가공전략 등에 대한 데이터를 추가하는 것이 불가능하여 여전히 CAM 모델의 생성에 많은 시간과 노력이 소요된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 대한민국공개특허 제10-2020-0045743호, "3D 캐드 기반 지능형 금형 레이아웃 설계 방법"
- (특허문헌 0002) 대한민국등록특허 제10-2126616호, "3D 캐드 기반 지능형 금형 레이아웃 설계 장치"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 컴퓨터 이용 설계(Computer-Aided Design; CAD) 모델에서 컴퓨터 이용 제조(Computer-Aided Manufacturing; CAM) 모델을 빠르게 생성하는 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 수단으로서, CAD 모델에서 CAM 모델을 생성하는 장치는 공작재료를 가공하는 공구와, 상기 공구를 구동하는 구동부와, 상기 공구의 구동방식을 나타내는 원본 가공연산(Source Machining Operation) 및 면, 모서리 또는 이들의 조합에 의한 부품 일부의 형상인 하나 이상의 참조형상, 및 컴퓨터 이용 설계(Computer-Aided Design; CAD) 모델을 포함하는 기초설계자료가 입력되는 설계데이터 입력부와, 상기 설계데이터 입력부로부터 인가받은 상기 기초설계자료를 이용하여 최적화된 컴퓨터 이용 제조(Computer-Aided Manufacturing; CAM) 모델을 생성되 상기 기초설계자료 중에서 복사대상이 되는 가공연산을 선택하는 원본 가공연산 결정부, 상기 기초 설계자료 중에서 복사대상이 되는 하나 이상의 참조형상을 선택하는 참조형상 선택부, 상기 선택된 참조형상과 상기 기초설계자료 중에서 상기 CAD 모델을 비교하여 상기 참조형상과 동일한 형상을 검색하는 형상검색부, 상기 원본 가공연산 결정부로부터 인가받은 가공연산을 상기 검색된 형상들에 적용하여 변환행렬을 결정하는 변환행렬 결정부, 상기 검색된 형상에 상기 변환행렬을 적용하여 최적화된 CAM 모델을 생성하는 가공연산 복사부를 포함하는 설계 최적화부를 포함한다. 상기 CAD모델에서 CAM모델을

생성하는 장치를 이용하여 CAD모델에서 CAM모델을 빠르게 생성하는 방법에 있어서, 먼저 상기 원본 가공연산 결정부를 통하여 상기 원본 가공연산을 정의한다. 이어서, 상기 원본 가공연산 결정부에 의해 상기 복사될 원본 가공연산과 상기 참조형상을 선택한다. 이후에, 상기 형상 검색부를 이용하여 상기 CAD모델 내에서 상기 참조형상과 동일한 형상을 검색한다. 계속해서, 상기 변환행렬 결정부를 이용하여 상기 참조형상을 상기 검색된 형상의 위치로 이동시키기 위한 변환행렬을 결정한다. 이어서, 상기 가공연산 복사부를 이용하여 상기 원본 가공연산에 상기 변환행렬을 적용해서 상기 검색된 형상의 위치로 복사한다.

[0010] 일 실시예에서, 상기 CAD모델 내에서 상기 참조형상과 동일한 형상을 검색하는 단계는, 부품의 내면 또는 모서리의 형상 종류가 상기 참조형상의 형상 종류와 동일한지 비교하는 단계; 및 상기 참조형상과 상기 부품의 내면 또는 모서리의 수치적 특징을 비교하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 CAD모델 내에서 상기 참조형상과 동일한 형상을 검색하는 단계는, 상기 참조형상의 형상 종류와 상기 부품의 내면 또는 모서리의 수치적 특징이 모두 동일한 경우에만 상기 참조형상과 상기 부품의 내면 또는 모서리가 동일하다고 판단할 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 변환행렬 결정부를 이용하여 상기 참조형상을 상기 검색된 형상의 위치로 이동시키기 위한 변환행렬을 결정하는 단계는 강체변환(Rigid Transformation), 축 회전(Axis Rotation), 및 직선이동(Translation)으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 하나 이상의 변환행렬을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0013] 이상에서 살펴본 바와 같이 본 발명에 따르면, CAD모델에서 CAM모델을 빠르게 생성하는 장치는 동일한 가공형상을 검색한 후에, 기설정된 가공경로 및 가공 변수들이 자동으로 동일한 가공형상에 복사됨으로써, CAM 모델의 생성에 소요되는 시간과 노력이 단축된다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 장치를 나타내는 블록도이다.
- 도 2는 도 1에 도시된 설계 최적화부를 나타내는 블록도이다.
- 도 3은 도 1에 도시된 CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 장치를 이용하여 CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 4는 도 3에서 전역 특징을 추출하여 각 형상을 비교하는 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 5는 도 4에 도시된 전역 특징을 추출하여 각 형상을 비교하는 방법에 따라 형상의 동일성을 판단하는 실시예이다.
- 도 6은 도 3에 도시된 변환행렬을 결정하는 단계에서 회전각도를 찾는 방법을 나타내는 이미지이다.
- 도 7은 실시예 1에 사용된 프로그램의 구조를 나타내는 블록도이다.
- 도 8은 실시예 1에 사용된 엔진블록 부품의 CAD 모델을 나타내는 사시도이다.
- 도 9a는 도 8에 도시된 엔진블록 부품의 상부에 해당하는 CAD 모델을 나타내는 사시도이다.
- 도 9b는 도 2에 도시된 변환행렬 결정부 및 가공연산 복사부를 이용하여 생성된 공구(50)의 이동경로를 나타내는 사시도이다.
- 도 10a는 도 8에 도시된 엔진블록 부품의 측면부분에 해당하는 CAD 모델을 나타내는 사시도이다.
- 도 10b는 도 10a에 도시된 엔진블록 부품의 측면부분 중에서 참조형상 및 복사대상이 되는 형상들을 나타내는 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명의 여러 실시예들을 상세히 설명하기 전에, 다음의 상세한 설명에 기재되거나 도면에 도시된 구성요소들의 구성 및 배열들의 상세로 그 응용이 제한되는 것이 아니라는 것을 알 수 있을 것이다. 본 발명은 다른 실시예들로 구현되고 실시될 수 있고 다양한 방법으로 수행될 수 있다. 또, 장치 또는 요소 방향(예를 들어 "전(front)", "후(back)", "위(up)", "아래(down)", "상(top)", "하(bottom)", "좌(left)", "우(right)", "횡

(lateral)")등과 같은 용어들에 관하여 본원에 사용된 표현 및 술어는 단지 본 발명의 설명을 단순화하기 위해 사용되고, 관련된 장치 또는 요소가 단순히 특정 방향을 가져야 함을 나타내거나 의미하지 않는다는 것을 알 수 있을 것이다.

- [0016] 이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하도록 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [0017] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 장치를 나타내는 블록도이다.
- [0019] 도 1을 참조하면, CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 장치는 공구(50), 구동부(70), 설계데이터 입력부(100), 설계 최적화부(200), 설계데이터 출력부(300), 및 디스플레이부(400)를 포함한다.
- [0020] 공구(50)는 드릴 등 통상의 절삭공구를 포함할 수 있다.
- [0021] 구동부(70)는 CAM모델에 따라 공구(50)를 구동하여 공작재료(10)를 가공한다.
- [0022] 설계데이터 입력부(100)는 기초설계자료 및 보충설계자료를 입력한다. 기초설계자료는 CAM모델이 생성되기 전에 기초적인 설계자료를 포함한다. 예를 들어, 기초설계자료는 원본 가공연산(Source Machining Operation), 참조형상, CAD모델, 등을 포함할 수 있다. 원본 가공연산은 드릴링, 밀링, 프로파일 컨투어링(Profile Contouring), 등과 같이 공구(50)의 구동방식을 나타내는 가공연산을 포함한다. 참조형상은 면, 모서리, 또는 이들의 조합에 의한 부품 일부의 형상을 포함한다.
- [0023] 보충설계자료는 설계 최적화부(200)에 의해 생성된 CAM모델 중에서 참조형상으로 최적화되지 못한 설계자료 데이터를 포함한다.
- [0024] 도 2는 도 1에 도시된 설계 최적화부를 나타내는 블록도이다.
- [0025] 도 1 및 도 2를 참조하면, 설계 최적화부(200)는 설계데이터 입력부(100)로부터 입력받은 기초설계자료의 CAD모델, 원본 가공연산, 참조형상을 이용하여 최적화된 CAM 자료를 생성한다.
- [0026] 설계 최적화부(200)는 원본 가공연산 결정부(210), 참조형상 선택부(220), 형상 검색부(230), 변환행렬 결정부(240), 가공연산 복사부(250)를 포함한다.
- [0027] 원본 가공연산 결정부(210)는 설계데이터 입력부(100)로부터 인가받은 기초설계자료 중에서 복사대상이 되는 가공연산을 선택한다. 본 실시예에서, 원본 가공연산은 공구(50)의 이동경로 생성에 필요한 가이드 형상 및 가공 전략(회전수, 회전방향, 이동경로, 등)을 모두 포함한다.
- [0028] 참조형상 선택부(220)는 설계데이터 입력부(100)로부터 인가받은 기초설계자료 중에서 복사대상이 되는 하나 이상의 참조형상을 선택한다. 참조형상은 복사대상이 되는 원본형상이므로, 전체 형상 중에서 반복횟수가 많거나 반복횟수가 다소 부족하더라도 가공연산이 복잡한 형상들이 선택된다.
- [0029] 형상 검색부(230)는 참조형상 선택부(220)에 의해 선택된 참조형상과 설계데이터 입력부(100)로부터 인가받은 기초설계자료 중에서 CAD모델을 비교하여, 전체 CAD모델 중에서 참조형상과 동일한 형상을 검색한다. 본 실시예에서, 형상 검색부(230)는 전체 형상 중에서 참조형상을 제외한 나머지 형상들을 자동으로 검색하여 참조형상과 동일한 형상을 선정한다.
- [0030] 변환행렬 결정부(240)는 원본 가공연산 결정부(210)로부터 인가받은 가공연산을 형상 검색부(230)에 의해 검색된 각각의 형상들에 적용하여, 검색된 각각의 형상들에 대응되는 각각의 변환행렬들을 결정한다.
- [0031] 가공연산 복사부(250)는 형상 검색부(230)에 의해 검색된 형상들 각각에 변환행렬을 반복 적용하여 최적화된 CAM자료를 생성한다. 예를 들어, 최적화된 CAM자료는 자체가 공작을 위한 CAM모델일 수 있다.
- [0032] 다른 실시예에서, 가공연산 복사부(250)에 의해 생성된 CAM자료 중에서 참조형상으로 최적화되지 못한 부족분은 설계데이터 입력부(100)에 의해 입력된 보충설계자료를 통하여 보충될 수 있다. 예를 들어, 형상 검색부(230)

에 의해 동일한 형상으로 판단받지 못한 나머지 형상들은 보충설계자료를 통하여 보충된다.

- [0033] 설계데이터 출력부(300)는 설계 최적화부(200)에 의해 생성된 CAM자료와 설계데이터 입력부(100)에 의해 입력된 보충설계자료를 조합하여 CAM모델을 생성한다.
- [0034] 디스플레이부(400)는 설계데이터 입력부(100), 설계 최적화부(200), 설계데이터 출력부(300), 및 구동부(70)에 연결되어 CAD 모델, 원본 가공연산, 참조형상, 검색된 형상, 변환행렬, 및 CAM 모델을 디스플레이한다.
- [0035] 도 3은 도 1에 도시된 CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 장치를 이용하여 CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0036] 도 1 내지 도 3을 참조하면, CAD모델에서 CAM모델을 빠르게 생성하기 위하여, 먼저 원본 가공연산 결정부(210)를 통하여 원본 가공연산(Source Machining Operation)을 정의한다(단계 S110).
- [0037] 본 실시예에서, 원본 가공연산은 공구 경로 생성에 필요한 가이드 형상, 공구가 이동하는 경로, 절삭조건, 가공 전략 등을 포함한다.
- [0038] 이어서, 복사될 원본 가공연산과 참조형상이 선택된다(단계 S120). 예를 들어, 원본 가공연산 결정부(210)에 의해 복사될 원본 가공연산을 선택하고, 참조형상 선택부(220)에 의해 하나 이상의 참조형상을 선택한다.
- [0039] 본 실시예에서, 참조형상(Reference Shape)은 복수개가 선택되며 복사될 원본 가공연산에 의해 생성되는 형상과 유사한 형상이 참조형상으로 정의된다. 예를 들어, 드릴링 연산(Drilling Operation)이 원본 가공연산으로 선택된 경우, 구멍 가공면에 해당하는 원통 곡면(Cylindrical Surface) 또는 구멍 입구에 해당하는 원형 곡선(Circular Curve)이 참조형상으로 선택될 수 있다.
- [0040] 원본 가공연산을 정의할 때 사용되는 가이드 형상이 참조형상으로 선택될 수 있고, 가공연산에 적용되는 대상 형상에 공통적으로 나타나는 형상들이 참조형상으로 선택될 수도 있다.
- [0041] 이후에, 형상 검색부(230)를 이용하여, 부품 형상 내에서 참조형상과 동일한 형상을 검색한다(단계 S130). 본 발명의 실시예에서, 참조형상과 동일한 형상을 검색하는 방법으로, 전역 특징 기반 검색방법(Global Feature-Based Method)을 사용한다.
- [0042] 다른 실시예에서, 참조형상과 동일한 형상을 검색하는 방법으로, 가공 특징형상 인식 기반 검색방법(Manufacturing Feature Recognition-Based Method), 제품 정보 기반 검색방법(Product Information-Based Method), 3차원 객체 인식 기반 검색방법(3D Object Recognition-Based Method), 그래프 기반 검색방법(Graph-Based Method), 히스토그램 기반 검색방법(Histogram-Based Method), 기계학습 기반 검색방법 등을 사용할 수도 있다.
- [0043] 예를 들어, 가공 특징 형상 인식 기반 검색방법은 전체 형상을 특징 형상 인식 기술로 인식된 가공 특징 형상들로 표현한 후에, 두 형상을 구성하는 가공 특징 형상들을 서로 비교하여 동일한 형상을 검색하는 방법이다. 제품 정보 기반 검색방법은 부품 단위에서 제품을 표현하는 다양한 정보들을 비교하여 동일한 형상을 검색하는 방법이다. 3차원 객체 인식 기반 검색방법은 3차원 형상의 2차원 이미지들을 비교해 형상을 검색하는 방법으로 종래기술에서 언급된 대한민국공개특허 제10-2020-0045743호, 대한민국등록특허 제10-2126616호, 등에서 개시된 방식과 유사한 방식을 사용할 수 있다. 그래프 기반 검색방법은 전체 형상의 특징을 추출하여 그래프로 표현한 후에, 각 형상에 대응되는 그래프들을 비교하여 동일한 형상을 검색하는 방법으로, 형상의 특징을 경계표현 그래프(Boundary Representation Graph), 리브 그래프(Reeb Graph), 골격 그래프(Skeletal Graph), 등으로 표현할 수 있다. 히스토그램 기반 검색방법은 형상의 곡면 위에 있는 점들을 샘플링한 후에, 샘플링한 점들로부터 히스토그램을 구성해서 각 형상에 대응되는 히스토그램들을 비교해서 동일한 형상을 검색하는 방법이다. 기계학습 기반 검색방법은 3차원 형상을 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network; CNN)에 적용하여 분류하는 방법으로, CNN을 이용하여 3차원 형상의 특징(feature)을 자동으로 학습한 후에 유사한 특징을 갖는 형상을 분류한다.
- [0044] 다만 위와 같은 방법들은 전역 특징 기반 검색방법에 비해 정확성이 떨어지거나 전체 형상을 비교하는 방식에 적합하지 않는 등의 문제점이 있다. 따라서 본 실시예에서는 전역 특징 기반 검색방법을 이용한다.
- [0045] 구체적으로, 전역 특징 기반 검색방법은 부품 형상 전체에서 참조형상과 동일한 면 또는 모서리의 집합으로 구성된 부분 형상을 검색한다. 전역 특징 기반 검색방법은 3차원 형상의 불변하는 전역 특징을 이용하여 형상의 특징을 추출한다. 3차원 형상의 불변하는 전역 특징은 모멘트(moment), 푸리에 기술자(Fourier Descriptor),

형상 비율, 등을 포함한다. 전역 특징은 형상의 위치 및 방향과 상관없이 불변하므로, 불변하는 전역 특징을 비교하여 각 형상을 비교할 수 있다. 형상이 복잡한 경우에는 모멘트, 구면조화함수(Spherical Harmonics) 등이 전역 특징으로 사용될 수 있다.

[0046] 예를 들어, 형상을 구성하는 면 또는 모서리의 집합을 비교하기 위하여 복잡한 특징을 사용하지 않고, 각 면에 대해서는 곡면의 종류, 각 면의 면적, 각 면의 둘레길이를 추출하여 비교하고, 각 모서리에 대해서는 각 모서리에 대응되는 곡선의 종류, 곡선의 길이를 추출하여 비교한다. 더 많은 전역 특징을 추출하여 비교하면 보다 정확한 검색이 가능하나, 비교되는 전역 특징의 숫자가 지나치게 증가하면 검색시간이 증가하는 문제점이 있다. 반면에 전역 특징을 1개만 추출하여 비교하면 검색시간은 단축되지만, 면과 같이 다양성이 있는 형상의 비교에서는 검색의 정확도가 저하되는 문제점이 있다. 따라서 적절한 숫자의 전역 특징을 추출하는 것이 바람직하다. 본 발명에서는 형상의 종류에 따라 각 형상에서 1개 내지 5개의 전역 특징들을 추출하여 비교하였다.

[0047] 도 4는 도 3에서 전역 특징을 추출하여 각 형상을 비교하는 방법을 나타내는 흐름도이다. 이하, 전역 특징을 추출하여 각 형상을 비교하는 방법을 구체적으로 설명한다.

[0048] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 형상 검색부(230)는 각 참조형상을 구성하는 한 면 또는 한 모서리와 부품 형상의 한 면 또는 한 모서리 간의 동일성을 비교하여 동일한지 여부를 판단한다. 먼저, 부품의 내면 또는 모서리의 형상 종류가 참조형상의 형상 종류와 동일한지 비교한다(단계 S131). 만약 비교하는 두 형상의 종류가 다르다면 해당부품은 비교대상에서 제외된다. 두 형상의 비교는 하기의 [표 1], 및 [표 2]의 변환표를 이용하여 비교된다. [표 1]은 곡면의 종류에 따른 변환가능여부를 나타내고, [표 2]는 곡선의 종류에 따른 변환가능여부를 나타낸다.

표 1

[0049]

B	A	평면	원통(Cylinder)	콘(Cone)	구(Sphere)	토러스(torus, 원환체)	베지어 곡면(Bezier surface)	비-스플라인(B-Spline) 곡면	회전면(Surface of revolution)	돌출 곡면(Surface of extrusion)	오프셋 곡면(Offset surface)
평면		True	False	False	False	False	True	True	False	True	True
원통(Cylinder)		False	True	False	False	False	True	True	True	True	True
콘(Cone)		False	False	True	False	False	True	True	True	False	True
구(Sphere)		False	False	False	True	False	True	True	True	False	True
토러스(torus, 원환체)		False	False	False	False	True	True	True	True	False	True
베지어 곡면(Bezier surface)		True	True	True	True	True	True	True	True	True	True
비-스플라인(B-Spline) 곡면		True	True	True	True	True	True	True	True	True	True
회전면(Surface of revolution)		False	True	True	True	True	True	True	True	False	True
돌출 곡면(Surface of extrusion)		True	True	False	False	False	True	True	False		True
오프셋 곡면(Offset surface)		True	True	True	True	True	True	True	True	True	True

표 2

[0050]

B	A	직선(Line)	원	타원	쌍곡선(Hyperbola)	포물선(Parabola)	베지어(Bezier) 곡선	비-스플라인(B-Spline) 곡선
직선(Line)	True	False	False	False	False	False	True	True
원	False	True	True	False	False	False	True	True
타원	False	True	True	False	False	False	True	True
쌍곡선(Hyperbola)	False	False	False	True	False	True	True	True
포물선(Parabola)	False	False	False	False	True	True	True	True
베지어(Bezier) 곡선	True	True	True	True	True	True	True	True
비-스플라인(B-Spline) 곡선	True	True	True	True	True	True	True	True

[0051]

[표 1], [표 2]를 참조하면, 각 곡면들 사이에 또는 각 곡선들 사이에 True(참)이면 상호 변환이 가능하고 False(거짓)이면 변환이 가능하지 않다.

[0052]

예를 들어, [표 1]에서 평면, 베지어 곡면(Bezier surface), 비-스플라인 곡면(B-Spline surface), 돌출 곡면(Surface of extrusion), 오프셋 곡면(Offset surface)은 상호 변환이 가능하다.

[0053]

[표 1], [표 2]에서 대각선 방향을 기준으로 상호 대칭의 관계에 있다.

[0054]

이후에, 참조형상과 부품 내 형상의 수치적 특징을 비교한다(S133). 예를 들어, 참조형상이 면이라면 각 면의 면적, 각 면의 둘레길이를 비교하고, 참조형상이 모서리라면 각 모서리의 길이를 비교한다. 예를 들어, 각 형상의 수치적 특징은 형상모델링 커널을 이용하여 계산할 수도 있다.

[0055]

계속해서, 참조형상의 형상 종류와 부품 내 형상의 수치적 특징이 모두 동일한지 판단한다(S135). 참조형상의 형상 종류와 부품 내 형상의 수치적 특징이 모두 동일한 경우, 참조형상과 부품형상의 면 또는 모서리가 동일하다고 판단한다(S137). 참조형상의 형상 종류 또는 부품 내 형상의 수치적 특징 중의 어느 하나 이상이 동일하지 않은 경우, 참조형상과 부품형상의 면 또는 모서리가 상이하다고 판단한다(S139).

[0056]

도 5는 도 4에 도시된 전역 특징을 추출하여 각 형상을 비교하는 방법에 따라 형상의 동일성을 판단하는 실시예이다.

[0057]

도 1 내지 도 5를 참조하면, 예를 들어, 모서리 e1과 모서리 e2가 결합된 실선부분(5)이 참조형상으로 선택된다(S120).

[0058]

이어서, 참조형상(5)과 동일한 형상을 검색한다(S130). 구체적으로 참조형상(5)과 나머지 형상들(7, 9) 사이의 전역 특징(형상 종류, 수치적 특징)을 비교하여, 형상이 동일한지 여부를 판단한다.

[0059]

참조형상(5)과 동일한 형상을 검색하기 위하여, 먼저 참조형상(5)의 각 모서리 e1, e2와 동일한 형상종류를 갖는 모서리들을 선정한다(S131). 참조형상(5)의 모서리 e1의 형상 종류(직선)와 나머지 모서리들인 e3 내지 e13의 형상종류를 순차적으로 비교하여 동일한 형상 종류(직선)인지 판단한다. 모서리 e1과 동일한 형상 종류(직선)를 갖는 모서리들인 모서리 e3, 모서리 e4, 모서리 e5, 모서리 e7, 모서리 e8, 모서리 e9, 모서리 e12, 모서리 e13이 동일한 형상종류(직선)로 판단된다.

[0060]

또한 참조형상(5)의 모서리 e2의 형상종류(곡선)와 나머지 모서리들인 e3 내지 e12의 형상종류를 순차적으로 비교하여 동일한 형상종류(곡선)인지 판단한다. 참조형상(5)의 모서리 e2와 동일한 형상종류(곡선)를 갖는 모서리인 e6가 동일한 형상종류(곡선)으로 판단된다.

[0061]

이어서, 참조형상(5)의 각 모서리 e1, e2와 동일한 수치적 특성을 갖는 모서리들을 선정한다(S133). 참조형상(5)의 모서리 e1은 길이(l1) 및 방향(수직방향)을 수치적 특성으로 갖는다. 참조형상(5)의 모서리 e1과 동일한 길이(l1) 및 방향(수직방향)을 갖는 모서리들은 모서리 e3, 모서리 e5, 모서리 e7, 모서리 e9가 동일한 수치적

특성을 갖는 모서리들로 판단된다.

[0062] 또한 참조형상(5)의 모서리 e2는 반지름(r) 및 길이(l2)를 수치적 특성으로 갖는다. 참조형상(5)의 모서리 e2와 동일한 반지름(r) 및 길이(l2)를 갖는 모서리는 모서리 e6이다.

[0063] 이후에, 참조형상(5)의 형상 종류와 나머지 형상의 수치적 특징이 모두 동일한지 판단한다(S135). 구체적으로, 모서리 e1, 모서리 e2와 각 형상종류 및 수치적 특징이 동일한 모서리들의 조합인 모서리 e5, 모서리 e6이 동일한 것으로 판단된다(S137). 반면에 모서리 e1, 모서리 e2와 형상종류 또는 수치적 특징 중에 어느 하나라도 다른 모서리들은 상이한 것으로 판단된다(S139).

[0064] 계속해서, 변환행렬 결정부(240)를 이용하여 참조형상을 검색된 형상의 위치로 이동시키기 위한 변환행렬을 결정한다(단계 S140). 변환행렬은 참조형상과 동일한 면 또는 모서리를 검색된 면 또는 모서리의 위치로 복사하기 위한 가공연산을 행렬의 형태로 나타낸 것으로 강제변환, 축회전, 직선이동 등을 포함한다. 변환행렬이 필요한 이유는 공작기계의 툴을 이용하여 설계도 상의 형상을 실제로 구현하는 가공연산을 표현하기 위해서이다.

[0065] 강제변환(Rigid Transformation)은 면이나 모서리의 위치를 변경시키는 가공연산으로 하기의 [식 1]과 같이 나타낼 수 있다.

[0066] [식 1]

$$p' = Rp + t \quad , \quad p \in \mathbb{R}^3, \quad p' \in \mathbb{R}^3, \quad R \in \mathbb{R}^{3 \times 3}, \quad t \in \mathbb{R}^3, \quad RR^T = I$$

[0068] [식 1]에서, $p \in \mathbb{R}^3$ 은 원본 면이나 모서리 위의 한 점의 위치를 나타내고, $p' \in \mathbb{R}^3$ 은 강제변환에 의해

변환된 후의 p의 위치를 나타낸다. 또한, $R \in \mathbb{R}^{3 \times 3}$ 은 회전 변환행렬을 나타내고, $t \in \mathbb{R}^3$ 은 직선이동에

의한 변환행렬을 나타낸다. 이때, 변환행렬 R은 직교행렬 $RR^T = I$ 로 나타낼 수 있다.

[0069] 강제변환에서, 참조형상을 검색한 형상으로 이동시키는 변환을 찾기 위하여, 참조형상 위의 각 점들을 샘플링한다. 참조형상의 면과 모서리 위의 점들은 삼각화(triangulation) 또는 다각화(polygonization)를 통하여 샘플링될 수 있다. 동일한 형상의 경우 동일한 샘플링 결과를 얻을 수 있다.

[0070] 강제변환은 회전 변환행렬(R)과 직선이동 변환벡터(t)를 포함하며, 회전 변환행렬(R)과 직선이동 변환벡터(t)는 하기의 [식 2]와 같이 나타낼 수 있다.

[0071] [식 2]

$$d(R, t) = \frac{1}{N(P)} \sum_{i=1}^{N(P)} \|s_i - Rp_i - t\|^2$$

[0072]

[0073] [식 2]에서, $P = \{p_i\}$ 은 참조형상을 샘플링한 점들의 집합을 나타내고, $S = \{s_i\}$ 은 검색된 형상을 샘플

링한 점들의 집합을 나타내며, $N(P)$ 는 집합 P의 원소의 개수이며, p_i 는 참조형상에서 각각의 점을 나타내고, s_i 는 검색된 형상에서 샘플링된 각각의 점을 나타낸다.

[0074] 예를 들어, [식 2]는 특이값 분해(Singular Value Decomposition; SVD)를 이용하여 풀 수 있다. 다른 실시예에서, ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 이용하여 [식 2]를 풀 수도 있으며, ICP를 이용하는 경우 각각의 점에 대응하는 p_i , s_i 를 구할 필요가 없는 장점이 있다.

[0075] 축 회전(Axis Rotation)은 제트엔진과 같이 전체적으로 원통 형상 위에서 방위각(azimuth)에 따라서 복수의 가공 형상들이 배치되는 경우에 유용하다. [식 2]에서 $t=0$ 을 적용하면 축 회전만존재하는 변환식을 구할 수 있다.

[0076] [식 3]

[0077]

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} u^2 + (v^2 + w^2) \cos \theta & uv(1 - \cos \theta) - w \sin \theta & uw(1 - \cos \theta) + v \sin \theta \\ uv(1 - \cos \theta) + w \sin \theta & v^2 + (u^2 + w^2) \cos \theta & vw(1 - \cos \theta) - u \sin \theta \\ uw(1 - \cos \theta) - v \sin \theta & vw(1 - \cos \theta) + u \sin \theta & w^2 + (u^2 + v^2) \cos \theta \end{bmatrix}$$

[0078]

[식 3]에서, $\mathbf{v} = [u \ v \ w]^T$ 은 회전축 단위벡터를 나타내며, θ 는 회전각도를 나타낸다.

[0079]

도 6은 도 3에 도시된 변환행렬을 결정하는 단계에서 회전각도를 찾는 방법을 나타내는 이미지이다.

[0080]

도 6에서, v 는 회전축을 나타내며, pc 는 참조형상의 무게중심을 나타내고, sc 는 검색된 형상의 무게중심을 나타낸다. 참조형상의 무게중심(pc)과 검색된 형상의 무게중심(sc)를 연결하는 벡터의 사이각이 회전각도 θ 이다. 이때, 회전축(v)에서 참조형상의 무게중심(pc)까지의 거리(dp)는 회전축(v)에서 검색된 형상의 무게중심(sc)까지의 거리(ds)는 동일하여야 하며(이하, '거리조건'이라고 함), 참조형상의 무게중심(pc)와 검색된 형상의 무게중심(sc)를 연결한 벡터(vsp)는 회전축 v 와 수직이어야 한다(이하, '수직조건'이라고 함). 본 발명의 실시예에서, 축 회전은 거리조건과 수직조건을 만족해야 하며, 이를 만족하지 못하는 검색된 형상은 복사대상에서 제외된다.

[0081]

직선이동(translation)은 3축 가공과 같이 공구가 직선이동하는 경우에 유용하다. [식 2]에서 $R=I$ 를 적용한다. 이때, 행렬 I 는 단위행렬을 나타낸다. 직선이동에서 참조형상의 무게중심에서 검색된 형상의 무게중심을 연결하는 벡터가 직선이동 변환벡터가 된다. 이때, 참조형상의 주축(principal axis)과 검색된 형상의 주축(principal axis)는 동일하여야 한다(이하, '주축조건'이라고 함). 본 발명의 실시예에서, 직선이동은 주축조건을 만족해야 하며, 이를 만족하지 못하는 검색된 형상은 복사대상에서 제외된다.

[0082]

마지막으로, 가공연산 복사부(250)를 이용하여, 원본 가공연산에 변환행렬을 적용해서 검색된 형상 위치로 복사한다(단계 S150). 본 발명의 실시예에서, 원본 가공연산이 생성한 공구경로(Tool Path)를 검색된 형상의 위치로 복사함으로써 원본 가공연산을 검색된 형상위치로 복사한다.

[0083]

실시예 1

[0084]

본 실시예에서, 도 1 및 도 2에 도시된 CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 장치를 이용하여 도 3 내지 도 6에 도시된 CAD모델에서 CAM모델을 생성하는 방법을 사용하였다.

[0085]

도 7은 실시예 1에 사용된 프로그램의 구조를 나타내는 블록도이다.

[0086]

도 7을 참조하면, CAM 소프트웨어로는 다쏘시스템 사(社)의 CATIA V5의 CAM 모듈을 이용하였다. CATIA V5는 IGES 파일 형식으로 참조형상들, 가공연산들 등을 포함하는 기초설계자료를 생성한다. 본 실시예에서, CATIA V5는 설계데이터 입력부(100)를 포함한다.

[0087]

OpCopier 모듈은 사용자를 위한 그래픽 유저 인터페이스(Graphic User Interface; GUI)를 제공하며 전체 시스템을 제어한다. 본 실시예에서, OpCopier 모듈은 도 1의 설계데이터 입력부(100), 설계최적화부(200)의 원본 가공연산 결정부(210), 참조형상 선택부(220), 변환행렬 결정부(240), 가공연산 복사부(250), 및 디스플레이부(400)를 포함한다.

[0088]

ShapeFinder 모듈은 도 1의 설계최적화부(200)의 형상 검색부(230)에 대응된다. ShapeFinder 모듈은 공개용 형상모델링 커널인 OpenCascade를 포함하였다.

[0089]

도 8은 실시예 1에 사용된 엔진블록 부품의 CAD 모델을 나타내는 사시도이다.

[0090]

도 8을 참조하면, 엔진블록 부품의 CAD 모델은 1,555개의 면과 3,796개의 모서리를 가지고 있었다.

[0091]

엔진블록 부품의 윗부분에 있는 드릴링(drilling) 가공연산에 대한 테스트를 수행하였다.

[0092]

도 9a는 도 8에 도시된 엔진블록 부품의 상부에 해당하는 CAD 모델을 나타내는 사시도이다.

[0093]

도 1 내지 도 3, 및 도 9a를 참조하면, 먼저 원본 가공연산 결정부(210)를 이용하여 CATIA의 드릴링 기능을 원본 가공연산으로 정의하였다(S110).

[0094]

이어서, 가공연산 결정부(210)에 의한 드릴링 기능을 원본 가공연산으로 선택하고, 참조형상 선택부(220)를 이

용하여 원형 모서리(12)를 참조형상으로 선택하였다(S120).

- [0095] 이후에, 형상 검색부(230)를 이용하여 참조형상과 동일한 형상을 검색하였다(S130). 본 실험예에서, OpCopier를 이용하여 참조형상과 동일한 형상을 검색하였다.
- [0096] 도 9b는 도 2에 도시된 변환행렬 결정부 및 가공연산 복사부를 이용하여 생성된 공구(50)의 이동경로를 나타내는 사시도이다.
- [0097] 도 1 내지 도 3, 및 도 9b를 참조하면, 계속해서 변환행렬 결정부(240)를 이용하여 직선이동(translation) 변환벡터를 변환행렬로 결정하였다(S140).
- [0098] 이어서, 가공연산 복사부(250)를 이용하여 변환행렬을 원본 가공연산에 적용하여 원본 가공연산을 검색된 형상의 위치로 복사하였다(S150).
- [0099] 형상 검색부(230)를 이용하여 참조형상과 동일한 형상을 검색하는 단계(S130) 내지 원본 가공연산을 검색된 형상의 위치로 복사하는 단계(S150)까지 20초가 소요되었다.
- [0100] 실시예 2
- [0101] 본 실시예에서, 프로파일 키투어링(profile contouring) 가공연산에 대해 테스트를 수행하였다. 엔진블록 측면 부분에 해당하는 CAD 모델을 사용한 점을 제외한 나머지는 실시예 1과 동일하였다.
- [0102] 도 10a는 도 8에 도시된 엔진블록 부품의 측면부분에 해당하는 CAD 모델을 나타내는 사시도이고, 도 10b는 도 10a에 도시된 엔진블록 부품의 측면부분 중에서 참조형상 및 복사대상이 되는 형상들을 나타내는 사시도이다.
- [0103] 도 1 내지 도 3, 도 10a, 및 도 10b를 참조하면, 먼저 원본 가공연산 결정부(210)를 이용하여 CATIA의 프로파일 키투어링 기능을 원본 가공연산으로 정의하였다(S110).
- [0104] 이어서, 가공연산 결정부(210)에 의한 프로파일 키투어링 기능을 원본 가공연산으로 선택하고, 참조형상 선택부(220)를 이용하여 두 면들(14, 16)을 참조형상으로 선택하였다(S120).
- [0105] 이후에, 형상 검색부(230)를 이용하여 참조형상과 동일한 형상을 검색하였다(S130).
- [0106] 계속해서, 변환행렬 결정부(240)를 이용하여 강체이동(rigid transformation) 변환벡터를 변환행렬로 결정하였다(S140).
- [0107] 이어서, 가공연산 복사부(250)를 이용하여 변환행렬을 원본 가공연산에 적용하여 원본 가공연산을 검색된 형상의 위치로 복사하였다(S150).
- [0108] 상기와 같은 본 발명의 실시예에 따르면, CAD모델에서 CAM모델을 빠르게 생성하는 장치는 동일한 가공형상을 검색한 후에, 기설정된 가공경로 및 가공 변수들이 자동으로 동일한 가공형상에 복사됨으로써, CAM 모델의 생성에 소요되는 시간과 노력이 단축된다.

산업상 이용가능성

- [0109] 본 발명의 CAD 모델 기반 CAM모델 생성방법은 부품설계, 기계공학, 항공공학, 3D 프린팅, 등에 사용될 수 있는 산업상 이용가능성이 있다.
- [0110] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술 사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변경이 가능함은 물론이다.

부호의 설명

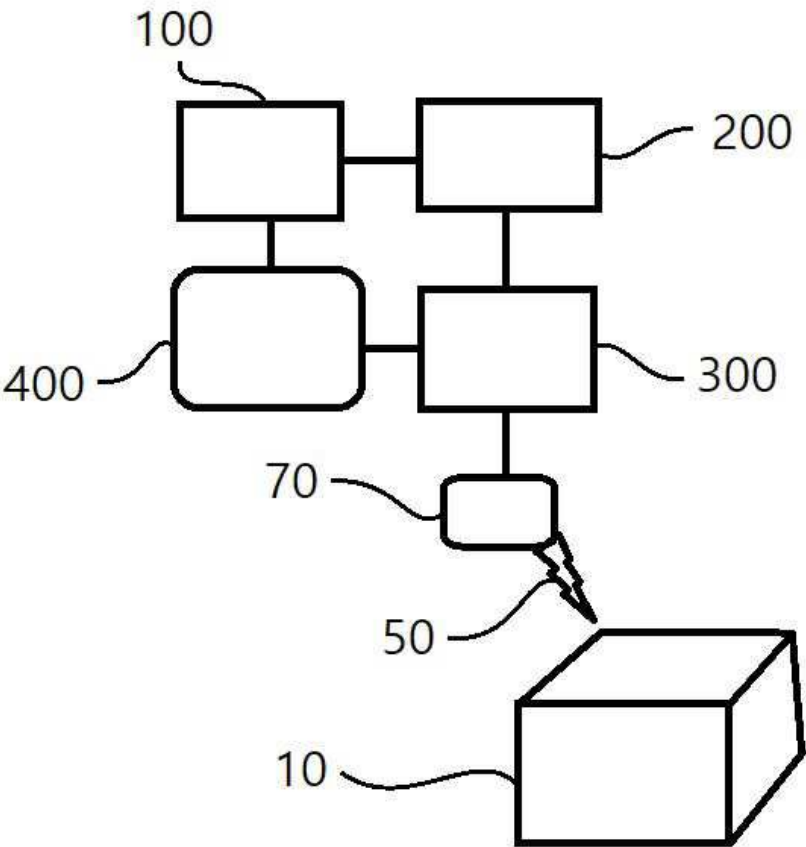
- | | |
|------------------|-------------------|
| [0111] 10 : 공작재료 | 50 : 공구 |
| 70 : 구동부 | 100 : 설계데이터 입력부 |
| 200 : 설계 최적화부 | 210 : 원본 가공연산 결정부 |
| 220 : 참조형상 선택부 | 230 : 형상 검색부 |
| 240 : 변환행렬 결정부 | 250 : 가공연산 복사부 |

300 : 설계데이터 출력부

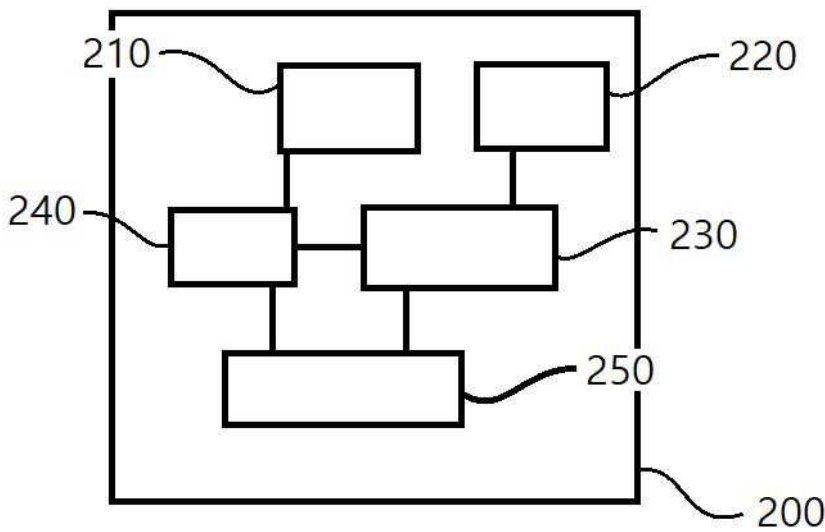
400 : 디스플레이부

도면

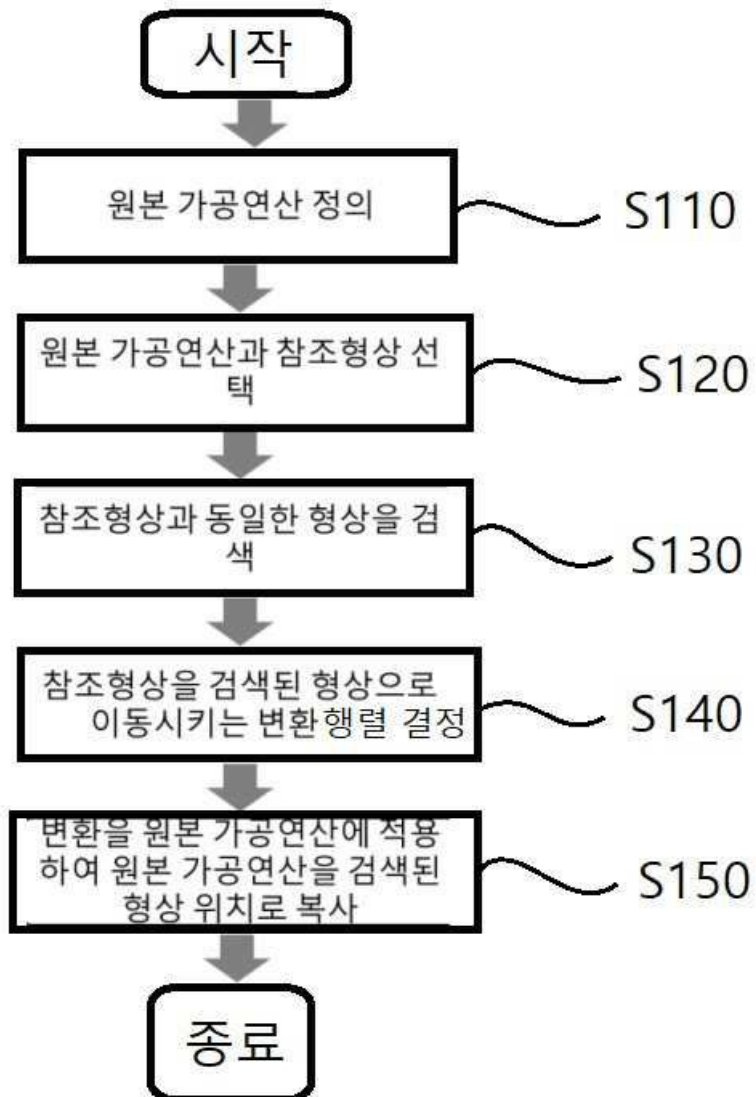
도면1



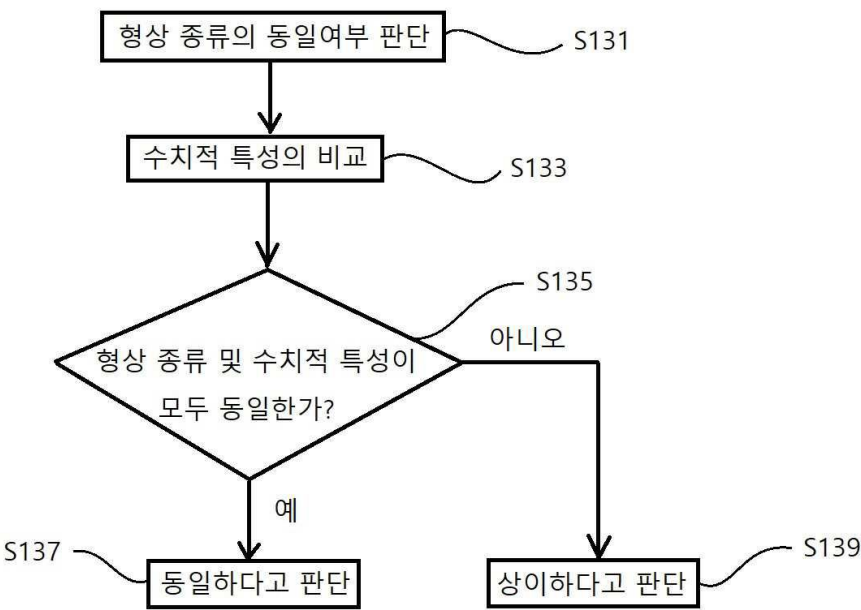
도면2



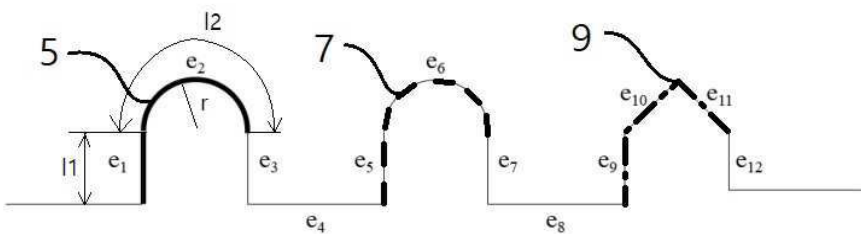
도면3



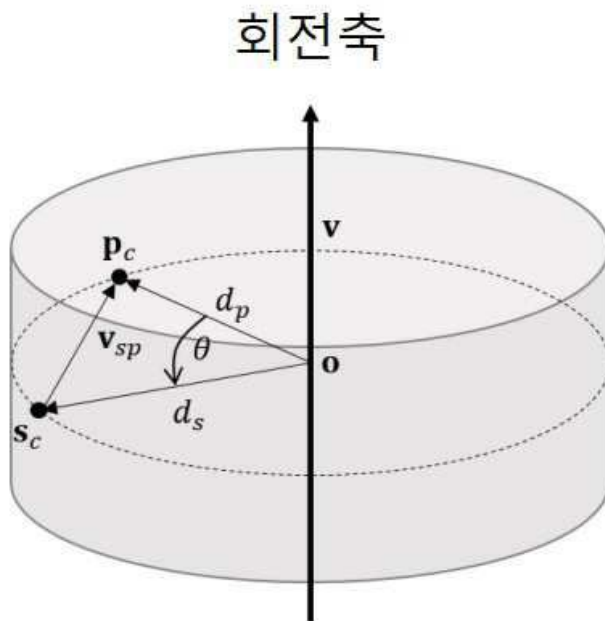
도면4



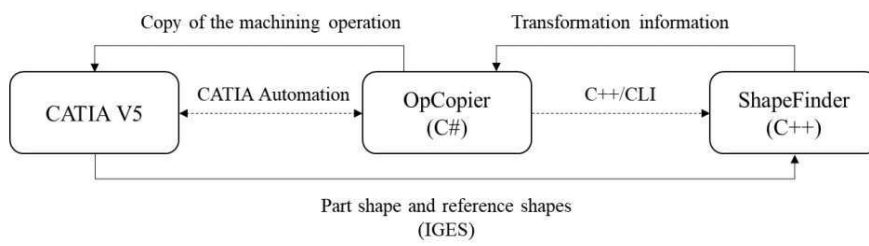
도면5



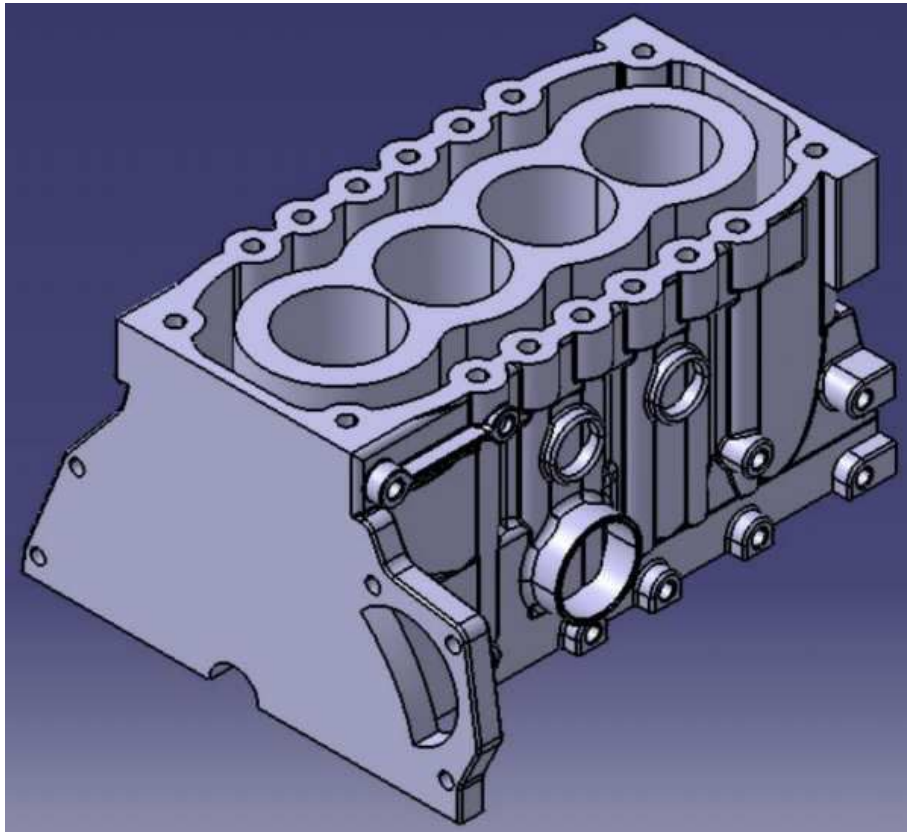
도면6



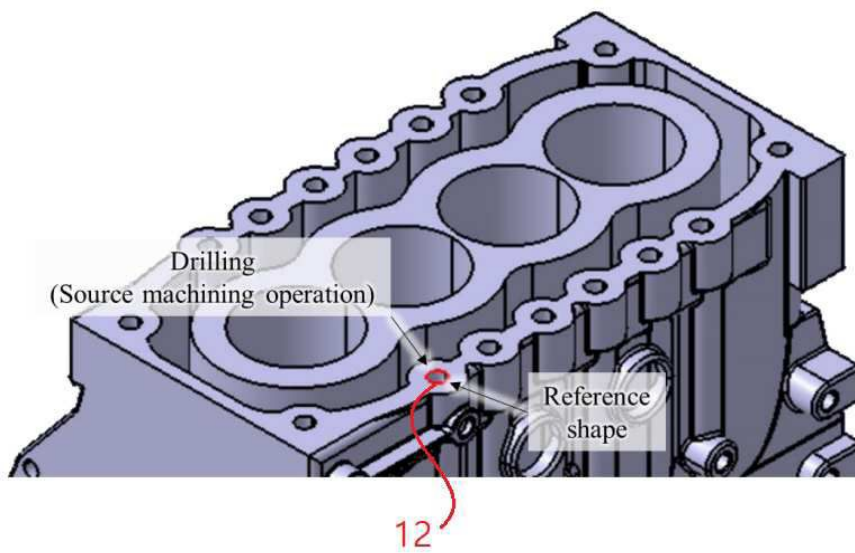
도면7



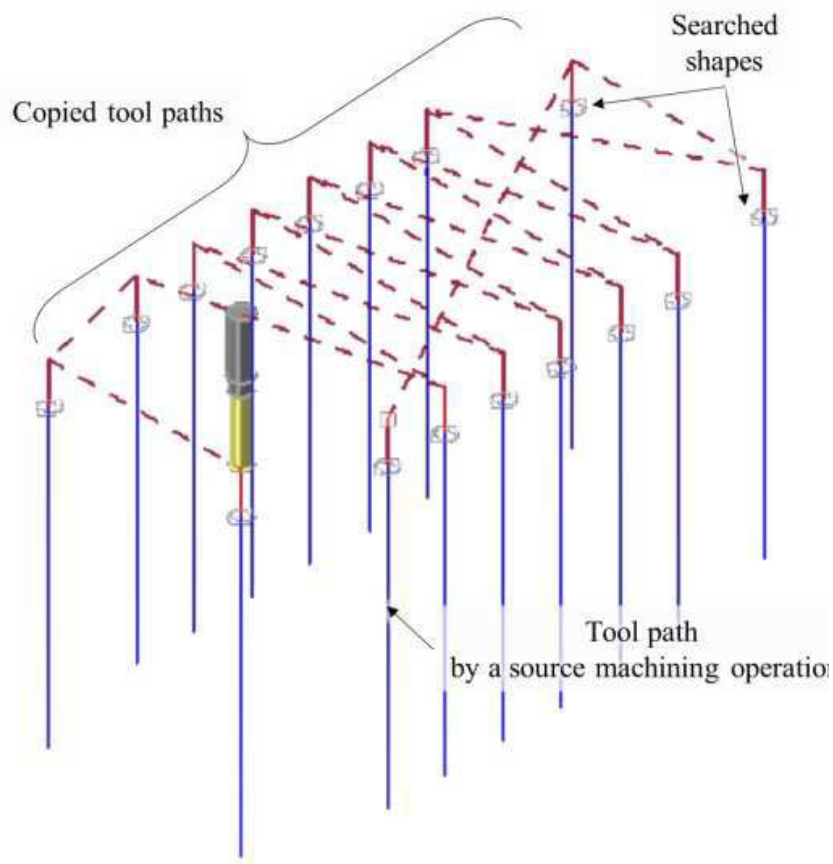
도면8



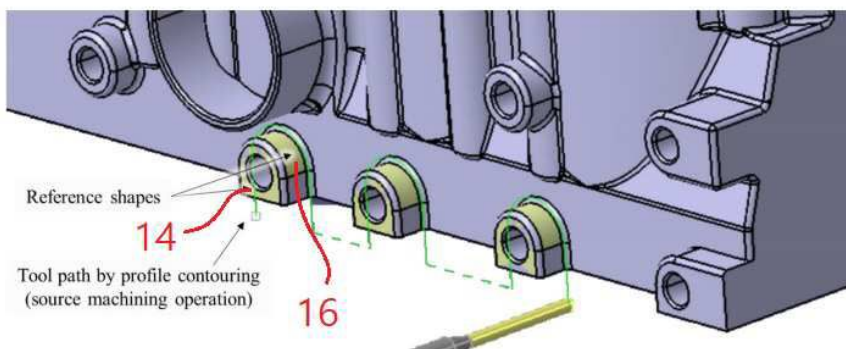
도면9a



도면9b



도면10a



도면10b

