



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0116600
(43) 공개일자 2018년10월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 19/418 (2006.01) B23Q 1/01 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G05B 19/41805 (2013.01)
B23Q 1/01 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0049081
(22) 출원일자 2017년04월17일
심사청구일자 2017년04월17일

(71) 출원인
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20(퇴촌동)
(72) 발명자
이창우
경상남도 창원시 의창구 평산로195번길 37, 301호(서상동)
김성용
경상남도 진주시 북장대로 70 (상봉동)
(74) 대리인
특허법인가산

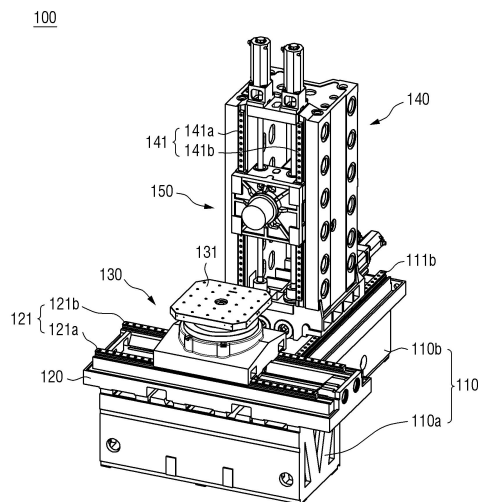
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법

(57) 요약

본 발명은 다축 가공기의 구성품의 도출 가능한 조립 순서의 경우의 수를 도출하는 단계; 각 경우의 수에 대하여, 3D 모델링을 바탕으로 유한요소 해석을 실시하고, 상기 해석 결과를 바탕으로 레일의 변형량을 확인하는 단계; 상기 레일의 변형량에 대하여 각 단계별 조립공정이 진행된 이후의 ΔC 값 및 ΔU 값을 산출하는 단계; 각 단계별 ΔC 값의 총합($\Sigma \Delta C$ 값) 및 각 단계별 ΔU 값의 총합($\Sigma \Delta U$ 값)을 산출하는 단계; 및 상기 $\Sigma \Delta C$ 값 및 상기 $\Sigma \Delta U$ 값을 바탕으로 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 단계를 포함하는 다축 가공기의 구성품의 조립 순서 결정 방법에 관한 것으로, 다축 가공기의 직선축의 기하학적 오차를 보정하면서, 경우에 따른 최적화된 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G05B 2219/2629 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2016-0216

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업핵심기술개발사업

연구과제명 24시간 이상 연속가공이 가능한 지그센터급 수평형 5축 가공시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국기계연구원

연구기간 2015.06.01 ~ 2019.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

다축 가공기의 구성품의 도출 가능한 조립 순서의 경우의 수를 도출하는 단계;

각 경우의 수에 대하여, 3D 모델링을 바탕으로 유한요소 해석을 실시하고, 상기 해석 결과를 바탕으로 레일의 변형량을 확인하는 단계;

상기 레일의 변형량에 대하여 각 단계별 조립공정이 진행된 이후의 ΔC 값 및 ΔU 값을 산출하는 단계;

각 단계별 ΔC 값의 총합($\sum \Delta C$ 값) 및 각 단계별 ΔU 값의 총합($\sum \Delta U$ 값)을 산출하는 단계; 및

상기 $\sum \Delta C$ 값 및 상기 $\sum \Delta U$ 값을 바탕으로 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 단계를 포함하는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 다축 가공기는,

제1방향 베드 및 상기 제1방향 베드와 수직방향으로 배치되는 제2방향 베드를 포함하는 T-베드;

상기 T-베드의 상기 제1방향 베드의 상부에 배치되고, 상부에 X축 레일이 배치되는 X-베이스;

상기 X축 레일에 배치되는 테이블;

상기 T-베드의 상기 제2방향 베드의 상부에 배치되는 Y축 레일;

상기 Y축 레일의 상부에 배치되고, 측면의 일정 영역에 Z축 레일을 포함하는 컬럼; 및

상기 컬럼의 상기 Z축 레일에 배치되는 스피들을 포함하는 것을 특징으로 하는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 레일의 변형량은 상기 X축 레일 및 상기 Y축 레일의 변형량인 것을 특징으로 하는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 ΔC 값(Compensable deformation)은 조립간에 보정이 가능한 변형량이고, 상기 ΔU 값(Uncompensable deformation)은 조립간에 보정이 불가능한 변형량인 것을 특징으로 하는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

오차 보정을 최대한으로 하여 정밀도에 최적화된 다축 가공기를 제조하고자 하는 경우, 상기 $\sum \Delta C$ 값이 가장 큰 값을 선택하여 상기 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

정밀도는 낮아지기는 하나, 오차 보정에 따른 가공 비용을 최소한으로 하여 다축 가공기를 제조하고자 하는 경우, 상기 $\sum \Delta C$ 값이 가장 작은 값을 선택하여 상기 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 정밀도와 상기 가공 비용의 양자를 고려한 다축 가공기를 제조하고자 하는 경우, 상기 $\sum \Delta C$ 값 및 상기 $\sum \Delta U$ 값의 합이 최대인 값을 선택하여 상기 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 다축 가공기의 직선축의 기하학적 오차를 보정할 수 있는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 다축 가공기는 2축 이상의 구동축을 포함하는 기계 장치를 의미하는 것으로서, 다축 공작 기계, 다축 관절 로봇, CMM 등을 예로 들 수 있다.

[0003] 이러한 다축 가공기는 일반적으로 하나 이상의 직선축과 하나 이상의 회전축을 포함한다. 대표적인 예로서, 5축 공작 기계, 즉, 5축 가공기를 들 수 있는데, 보통 5축 공작 기계는 3개의 직선축과 2개의 회전축으로 구성되어, 복잡한 곡면이나 형상의 가공을 수행한다.

[0004] 즉, 5축 가공기는 3개의 직선 이송축에 2개의 회전 이송축이 추가된 5개의 자유도를 갖는다.

[0005] 특히 2개의 이송축으로 증가된 2개의 자유도는 공구의 자세를 자유롭게 구현하므로 3축 가공기에서 불가능한 Cusp의 감소, Un-cut의 제거 및 Over-cut 영역의 가공 등 복잡한 형상이나 자유곡면을 손쉽게 가공할 수 있다.

[0006] 한편, 이러한 다축 가공기의 정밀 공작 기계는 산업 발전에 따라 높은 수준의 가공 정밀도를 요구하고 있으나, 기계 자체의 진동 및 조립 공정에서 발생하는 조립 오차로 인하여, 이러한 다축 가공기의 직선축과 회전축 간에는 물리적 불완전과 조립의 한계에 의하여 기하학적 오차가 필연적으로 존재한다.

[0007] 특히, 구조적인 문제로 인한 직선축의 기하학적 오차는 기하학적 정확도를 결정하는 중요한 요인이 된다.

[0008] 따라서, 이러한 기하학적 오차를 보정하기 위한 몇몇의 방법이 제안되고 있기는 하나, 이러한 방법은 주로 직선축과 회전축간의 기하학적 오차를 평가하여 보정하는 방법에 해당할 뿐, 다축 가공기에 포함되는 다수개의 직선축의 기하학적 오차를 보정하는 방법에 대해서는 연구진행이 전무한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1255479호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 다축 가공기의 직선축의 기하학적 오차를 보정할 수 있는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0011] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기 지적된 문제점을 해결하기 위해서 본 발명은 다축 가공기의 구성품의 도출 가능한 조립 순서의 경우의 수를 도출하는 단계; 각 경우의 수에 대하여, 3D 모델링을 바탕으로 유한요소 해석을 실시하고, 상기 해석 결과를 바탕으로 레일의 변형량을 확인하는 단계; 상기 레일의 변형량에 대하여 각 단계별 조립공정이 진행된 이후의 ΔC 값 및 ΔU 값을 산출하는 단계; 각 단계별 ΔC 값의 총합($\sum \Delta C$ 값) 및 각 단계별 ΔU 값의 총합($\sum \Delta U$ 값)을 산출하는 단계; 및 상기 $\sum \Delta C$ 값 및 상기 $\sum \Delta U$ 값을 바탕으로 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 단계를 포함하는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법을 제공한다.
- [0013] 또한, 본 발명은 상기 다축 가공기는, 제1방향 베드 및 상기 제1방향 베드와 수직방향으로 배치되는 제2방향 베드를 포함하는 T-베드; 상기 T-베드의 상기 제1방향 베드의 상부에 배치되고, 상부에 X축 레일이 배치되는 X-베이스; 상기 X축 레일에 배치되는 테이블; 상기 T-베드의 상기 제2방향 베드의 상부에 배치되는 Y축 레일; 상기 Y축 레일의 상부에 배치되고, 측면의 일정 영역에 Z축 레일을 포함하는 컬럼; 및 상기 컬럼의 상기 Z축 레일에 배치되는 스핀들을 포함하는 것을 특징으로 하는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법을 제공한다.
- [0014] 또한, 본 발명은 상기 레일의 변형량은 상기 X축 레일 및 상기 Y축 레일의 변형량인 것을 특징으로 하는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법을 제공한다.
- [0015] 또한, 본 발명은 상기 ΔC 값(Compensable deformation)은 조립간에 보정이 가능한 변형량이고, 상기 ΔU 값(Uncompensable deformation)은 조립간에 보정이 불가능한 변형량인 것을 특징으로 하는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법을 제공한다.
- [0016] 또한, 본 발명은 오차 보정을 최대한으로 하여 정밀도에 최적화된 다축 가공기를 제조하고자 하는 경우, 상기 $\sum \Delta C$ 값이 가장 큰 값을 선택하여 상기 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법을 제공한다.
- [0017] 또한, 본 발명은 정밀도는 낮아지기는 하나, 오차 보정에 따른 가공 비용을 최소한으로 하여 다축 가공기를 제조하고자 하는 경우, 상기 $\sum \Delta C$ 값이 가장 작은 값을 선택하여 상기 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법을 제공한다.
- [0018] 또한, 본 발명은 상기 정밀도와 상기 가공 비용의 양자를 고려한 다축 가공기를 제조하고자 하는 경우, 상기 $\sum \Delta C$ 값 및 상기 $\sum \Delta U$ 값의 합이 최대인 값을 선택하여 상기 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 다축 가공기의 구성품의 조립순서 결정 방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0019] 이상과 같은 본 발명에서는, 다축 가공기의 구성품의 조립 공정에서 발생할 수 있는 경우의 수를 계산하고, 이때, 조립 공정에서 발생하는 변형량의 분석을 통하여, 최적화된 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 방법을 제공할 수 있다.
- [0020] 따라서, 본 발명에서는 다축 가공기의 직선축의 기하학적 오차를 보정하면서, 경우에 따른 최적화된 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명에 따른 다축 가공기를 도시하는 사시도이고, 도 2는 본 발명에 따른 T-베드를 도시하는 사시도이며, 도 3은 본 발명에 따른 X축 레일을 포함하는 X-베이스를 도시하는 사시도이고, 도 4는 본 발명에 따른 테이블을 도시하는 사시도이며, 도 5는 본 발명에 따른 테이블이 X-베이스 상에 배치된 상태를 도시하는 사시도이고, 도 6은 본 발명에 따른 컬럼을 도시하는 사시도이며, 도 7은 본 발명에 따른 스핀들을 도시하는 사시도이고, 도 8은 본 발명에 따른 컬럼에 Y축 레일을 배치시킨 상태의 사시도이며, 도 9는 본 발명에 따른 Y축 레일을 포함하는 컬럼의 Z축 레일에 스핀들을 배치시킨 상태의 사시도이다.
- 도 10은 본 발명에 따른 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 방법을 도시하는 순서도이다.
- 도 11은 AS1 내지 AS3의 조립순서를 도시하는 모식도이고, 도 12는 AS4 및 AS5의 조립순서를 도시하는 모식도이다.
- 도 13 내지 도 17은 각각 AS1 내지 AS5의 조립순서에 따른 레일의 변형량을 도시하는 그래프이다.

도 18 내지 도 22는 각각 AS1 내지 AS5의 조립순서에 따른 ΔC 값 및 ΔU 값을 도시하는 표이다.

도 23은 도 18 내지 도 22에서의 각 단계별 ΔC 값(조립간에 보정이 가능한 변형량)의 총합($\Sigma \Delta C$ 값)을 도시하는 표이고, 도 24는 도 18 내지 도 22에서의 각 단계별 ΔU 값(조립간에 보정이 불가능한 변형량)의 총합($\Sigma \Delta U$ 값)을 도시하는 표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0023] 아래 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 상세히 설명한다. 도면에 관계없이 동일한 부재번호는 동일한 구성요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 아이템들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.
- [0024] 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.
- [0025] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0026] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0027] 공간적으로 상대적인 용어인 "아래(below)", "아래(beneath)", "하부(lower)", "위(above)", "상부(upper)" 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 구성 요소와 다른 구성 요소들과의 상관관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 구성요소들의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 구성요소를 뒤집을 경우, 다른 구성요소의 "아래(below)" 또는 "아래(beneath)"로 기술된 구성요소는 다른 구성요소의 "위(above)"에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 "아래"는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 구성요소는 다른 방향으로도 배향될 수 있고, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.
- [0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0029] 도 1은 본 발명에 따른 다축 가공기를 도시하는 사시도이고, 도 2는 본 발명에 따른 T-베드를 도시하는 사시도이며, 도 3은 본 발명에 따른 X축 레일을 포함하는 X-베이스를 도시하는 사시도이고, 도 4는 본 발명에 따른 테이블을 도시하는 사시도이며, 도 5는 본 발명에 따른 테이블이 X-베이스 상에 배치된 상태를 도시하는 사시도이고, 도 6은 본 발명에 따른 컬럼을 도시하는 사시도이며, 도 7은 본 발명에 따른 스핀들을 도시하는 사시도이고, 도 8은 본 발명에 따른 컬럼에 Y축 레일을 배치시킨 상태의 사시도이며, 도 9는 본 발명에 따른 Y축 레일을 포함하는 컬럼의 Z축 레일에 스핀들을 배치시킨 상태의 사시도이다.
- [0030] 먼저, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 다축 가공기, 예를 들면, 5축 가공기(100)는 T-베드(110)를 포함하며, 상기 T-베드(110)는 제1방향 베드(110a) 및 상기 제1방향 베드(110b)와 수직방향으로 배치되는 제2방향 베드(110b)를 포함한다.
- [0031] 다음으로, 도 1 및 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 5축 가공기(100)는 상기 T-베드(110)의 제1방향 베드(110a)의 상부에 배치되는 X-베이스(120)를 포함하며, 상기 X-베이스(120)는, 상기 X-베이스(120)의 상부에

배치되는 X축 레일(121)을 포함한다.

- [0032] 이때, 상기 X축 레일(121)은 X축 제1레일(121a) 및 상기 X축 제1레일(121a)과 평행하여 배치되는 X축 제2레일(121b)을 포함한다.
- [0033] 한편, 설명의 편의를 위하여, 상기 X축 제1레일(121a)을 프론트(Front) 레일로 정의하고, 상기 X축 제2레일(121b)을 백(Back) 레일로 정의하기로 한다.
- [0034] 다음으로, 도 1, 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 5축 가공기(100)는 상기 X축 레일(121)에 배치되는 테이블(130)을 포함하며, 상기 테이블(130)은 가공 대상물을 위치시키기 위한 지지판(131)을 포함한다.
- [0035] 이때, 상기 테이블(130)은 상기 X축 레일(121) 상에 배치되어, X축 방향으로 이동할 수 있다.
- [0036] 다음으로, 도 1, 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 5축 가공기(100)는 상기 T-베드(110)의 제2방향 베드(110b)의 상부에 배치되는 컬럼(140)을 포함하며, 이때, 상기 컬럼(140)의 하부에는 Y축 레일(111)을 포함한다.
- [0037] 이때, 상기 Y축 레일(111)은 Y축 제1레일(111a) 및 상기 Y축 제1레일(111a)과 평행하여 배치되는 Y축 제2레일(111b)을 포함한다.
- [0038] 다만, 설명의 편의를 위하여, 상기 Y축 제1레일(111a)을 레프트(Left) 레일로 정의하고, 상기 Y축 제2레일(111b)을 라이트(Right) 레일로 정의하기로 한다.
- [0039] 한편, 도 7에서는 상기 컬럼(140)의 하부에는 Y축 레일(111)을 포함하는 것으로 도시하고 있으나, 상기 Y축 레일(111)은 상기 T-베드(110)의 제2방향 베드(110b)의 상부에 배치되고, 상기 Y축 레일(111)의 상부에 상기 컬럼(140)이 배치되는 것으로도 이해될 수 있다.
- [0040] 이때, 상기 컬럼(140)은 상기 Y축 레일(111) 상에 배치되어, Y축 방향으로 이동할 수 있다.
- [0041] 또한, 도 1, 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이, 상기 컬럼(141)의 측면의 일정 영역에는 Z축 레일(141)을 포함한다.
- [0042] 이때, 상기 Z축 레일(141)은 Z축 제1레일(141a) 및 상기 Z축 제1레일(141a)과 평행하여 배치되는 Z축 제2레일(141b)을 포함한다.
- [0043] 다음으로, 도 1, 도 8 및 도 9에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 5축 가공기(100)는 상기 컬럼(140)의 상기 Z축 레일(141)에 배치되는 스핀들(150)을 포함하며, 이때, 상기 스핀들(150)은 Z축 방향으로 이동할 수 있다.
- [0044] 한편, 상술한 바와 같이, 이러한 다축 가공기는 높은 수준의 가공 정밀도를 요구하고 있으나, 기계 자체의 진동 및 조립 공정에서 발생하는 조립 오차 및 구조적인 문제로 인한 직선축의 기하학적 오차가 발생하게 된다.
- [0045] 이때, 각 구성들의 자중(self-weight)에 따른 직선축의 오차가 발생하게 되며, 특히, 상기 X축 레일(121) 및 상기 Y축 레일(111)의 직선축의 오차가 문제시된다.
- [0046] 따라서, 본 발명에서는 F.E.M.(Finite Element Method)을 이용하여 상기 다축 가공기의 구성품의 조립 공정에서 발생할 수 있는 경우의 수를 계산하고, 이때, 조립 공정에서 발생하는 변형량의 분석을 통하여, 최적화된 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 방법을 제공하고자 한다.
- [0047] 도 10은 본 발명에 따른 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 방법을 도시하는 순서도이다.
- [0048] 도 10을 참조하면, 본 발명에 따른 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 방법은, 다축 가공기의 구성품의 도출 가능한 조립 순서의 경우의 수를 도출하는 단계를 포함한다(S100).
- [0049] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 다축 가공기는, T-베드(B), X-베이스(X), 테이블(T), 컬럼(C) 및 스핀들(S)의 구성품을 포함할 수 있다.
- [0050] 이때, 본 발명에서 상기 다축 가공기의 구성품의 도출 가능한 조립 순서의 경우의 수는 다음의 표 1과 같다.
- [0051] 단, 하기 표 1에서 컬럼(C)+스핀들(S)은 컬럼(C)에 스핀들(C)을 미리 장착한 상태에서 상기 컬럼(C)을 조립하는 경우를 의미하며, AS는 Assemble Sequence를 의미한다.

표 1

Stage	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5
1st	T-베드(B)	T-베드(B)	T-베드(B)	T-베드(B)	T-베드(B)
2nd	X-베이스(X)	X-베이스(X)	X-베이스(X)	X-베이스(X)	X-베이스(X)
3rd	테이블(T)	컬럼(C)	컬럼(C)	테이블(T)	컬럼(C)+스핀들(S)
4th	컬럼(C)	스핀들(S)	테이블(T)	컬럼(C)+스핀들(S)	테이블(T)
5th	스핀들(S)	테이블(T)	스핀들(S)	-	-

- [0052]
- [0053] 이러한 표 1에 따른 조립순서를 모식도로 표현하면 다음과 같다.
- [0054] 도 11은 AS1 내지 AS3의 조립순서를 도시하는 모식도이고, 도 12는 AS4 및 AS5의 조립순서를 도시하는 모식도이다.
- [0055] 도 11에서 알 수 있는 바와 같이, AS1 내지 AS3의 조립순서는 5단계로 구분될 수 있으며, 도 12에서 알 수 있는 바와 같이, AS4 및 AS5는 4단계로 구분될 수 있다.
- [0056] 계속해서, 도 10을 참조하면, 본 발명에 따른 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 방법은, 각 경우의 수에 대하여, 3D 모델링을 바탕으로 유한요소 해석을 실시하고, 상기 해석 결과를 바탕으로 레일의 변형량을 확인하는 단계를 포함한다(S110).
- [0057] 도 13 내지 도 17은 각각 AS1 내지 AS5의 조립순서에 따른 레일의 변형량을 도시하는 그래프이다.
- [0058] 이때, 본 발명에서는 각 구성들의 자중(self-weight)에 따른 직선축의 오차가 발생하게 되며, 특히, 상기 X축 레일(121) 및 상기 Y축 레일(111)의 직선축의 오차가 문제시된다.
- [0059] 따라서, 도 13 내지 도 17에서는 상기 X축 레일(121) 및 상기 Y축 레일(111)의 변형량을 도시하였으며, 상술한 바와 같이, 상기 X축 제1레일(121a)을 프런트(Front) 레일로 정의하고, 상기 X축 제2레일(121b)을 백(Back) 레일로 정의하였으며, 상기 Y축 제1레일(111a)을 레프트(Left) 레일로 정의하고, 상기 Y축 제2레일(111b)을 라이트(Right) 레일로 정의하였다.
- [0060] 한편, 도 13 내지 도 17에서의 레일의 변형량은 ANSYS Workbench 유한요소 해석프로그램을 이용하여 구조해석을 통해 레일의 변형량을 확인하였다.
- [0061] 예를 들어, 도 13을 참조하면, AS1의 조립순서에서, 1단계(1st) 내지 5단계(5th)의 조립공정을 진행하면서, 각각 프런트(Front) 레일, 백(Back) 레일, 레프트(Left) 레일 및 라이트(Right) 레일에서의 변형량을 도시하고 있다.
- [0062] 다만, 도 13 내지 도 17에서의 변형량은 예시적인 수치에 해당하는 것으로, 본 발명은 도 13 내지 도 17의 변형량에 제한되는 것은 아니다.
- [0063] 계속해서, 도 10을 참조하면, 본 발명에 따른 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 방법은, 상기 레일의 변형량에 대하여 각 단계별 조립공정이 진행된 이후의 ΔC 값(조립간에 보정이 가능한 변형량) 및 ΔU 값(조립간에 보정이 불가능한 변형량)을 산출하는 단계를 포함한다(S120).
- [0064] ΔC 값과 ΔU 값은 레일 위에 이송체의 유무에 따라 구분된다.
- [0065] 예를 들어, 조립 2단계에서 x-base가 bed에 설치될 경우 레일 위에는 이송체가 없으므로 레일의 변형은 ΔC 값으로 볼 수 있다.
- [0066] 하지만, 3단계에서 table이 x-base 위에 설치가 되면 레일의 보정은 어려워지므로 이때의 변형은 ΔU 값으로 판단된다.
- [0067] 또한, ΔC 값과 ΔU 값은 도 13의 경우 각 단계의 그래프를 바탕으로 그래프의 최대 값과 최소 값의 차이를 바탕으로 상대 변형을 도출, 각 레일의 상대 변형의 합을 통해 도출하였다.
- [0068] 예를 들어, 조립 1단계에서 발생한 변형량은 조립 1단계에서 보정을 실시하며, 조립 2단계에서 발생한 변형량은 1단계의 변형이 포함된 변형 값이며, 이는 조립 1단계에서 보정이 실시되므로 조립 2단계의 변형에서 조립 1단

계의 변형을 제외한 각 레일의 변형 합이 ΔC 값 또는 ΔU 값이 된다.

- [0069] 나머지의 ΔC 값과 ΔU 값에 대해서도 이와 같이 도출할 수 있다.
- [0070] 도 18 내지 도 22는 각각 AS1 내지 AS5의 조립순서에 따른 ΔC 값 및 ΔU 값을 도시하는 표이다.
- [0071] 도 18을 참조하면, AS1에서의 1단계(1st)에서의 상기 ΔC 값은 19.720이고, ΔU 값은 0에 해당한다.
- [0072] 또한, S1에서의 3단계(3rd)에서의 상기 ΔC 값은 2.186이고, ΔU 값은 6.437에 해당한다.
- [0073] 예를 들어, AS1에서의 1단계(1st)의 상태인, T-베드만 놓여진 상태에서는, T-베드의 자체 하중에 의한 T-베드의 변형량도 보정이 가능하고, 또한, 아직 놓여지지 않은 X-base의 변형량, X-base 상에 배치되는 프런트(Front) 레일 및 상기 백(Back) 레일의 변형량, 상기 T-베드 상에 배치되는 레프트(Left) 레일 및 라이트(Right) 레일의 변형량 등, 나머지 구성들에 의한 변형량도 모두 보정이 가능하므로, ΔU 값(조립간에 보정이 불가능한 변형량, Uncompensable deformation)은 0에 해당한다.
- [0074] 또한, 달리 예를 들어, 프런트(Front) 레일 및 백(Back) 레일 상에 테이블이 배치되고, 레프트(Left) 레일 및 라이트(Right) 레일 상에는 컬럼이 배치되지 않았다는 가정하에, 프런트(Front) 레일 및 백(Back) 레일 상에 테이블이 배치되어 있기 때문에, 더이상 프런트(Front) 레일 및 백(Back) 레일의 변형량은 보정이 불가능하다.
- [0075] 따라서, 상기 프런트(Front) 레일 및 상기 백(Back) 레일의 변형량은 ΔU 값(조립간에 보정이 불가능한 변형량, Uncompensable deformation)에 해당하고, 다만, 여전히 레프트(Left) 레일 및 라이트(Right) 레일의 변형량은 보정이 가능하기 때문에 레프트(Left) 레일 및 라이트(Right) 레일의 변형량은 상기 ΔC 값(조립간에 보정이 가능한 변형량, Compensable deformation)에 해당할 수 있다.
- [0076] 다만, 도 18 내지 도 22에서의 ΔC 값 및 ΔU 값은 예시적인 수치에 해당하는 것으로, 본 발명은 도 18 내지 도 22에서의 ΔC 값 및 ΔU 값에 제한되는 것은 아니다.
- [0077] 계속해서, 도 10을 참조하면, 본 발명에 따른 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 방법은, 각 단계별 ΔC 값(조립간에 보정이 가능한 변형량)의 총합($\sum \Delta C$ 값) 및 각 단계별 ΔU 값(조립간에 보정이 불가능한 변형량)의 총합($\sum \Delta U$ 값)을 산출하는 단계를 포함한다(S130).
- [0078] 도 23은 도 18 내지 도 22에서의 각 단계별 ΔC 값(조립간에 보정이 가능한 변형량)의 총합($\sum \Delta C$ 값)을 도시하는 표이고, 도 24는 도 18 내지 도 22에서의 각 단계별 ΔU 값(조립간에 보정이 불가능한 변형량)의 총합($\sum \Delta U$ 값)을 도시하는 표이다.
- [0079] 도 23에서 알 수 있는 바와 같이, 각 단계별 ΔC 값(조립간에 보정이 가능한 변형량)의 총합($\sum \Delta C$ 값)의 최소값은 29.064로 AS1과 AS4의 경우가 최소값임을 확인할 수 있고, 또한, 도 24에서 알 수 있는 바와 같이, 각 단계별 ΔU 값(조립간에 보정이 불가능한 변형량)의 총합($\sum \Delta U$ 값)의 최소값은 AS5의 경우가 최소값임을 확인할 수 있다.
- [0080] 다만, 도 23 및 도 24에서의 $\sum \Delta C$ 및 $\sum \Delta U$ 은 예시적인 수치에 해당하는 것으로, 본 발명은 도 23 및 도 24에서의 $\sum \Delta C$ 및 $\sum \Delta U$ 에 제한되는 것은 아니다.
- [0081] 계속해서, 도 10을 참조하면, 본 발명에 따른 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 방법은, 상기 $\sum \Delta C$ 값 및 상기 $\sum \Delta U$ 값을 바탕으로 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 단계를 포함한다(S140).
- [0082] 예를 들면, 다축 가공기의 상기 X축 레일(121) 및 상기 Y축 레일(111)의 직선축의 오차를 보정함에 있어서, 첫째, 오차 보정을 최대한으로 하여 정밀도에 최적화된 다축 가공기를 제조하는 경우가 있을 것이며, 또한, 이와는 달리, 둘째, 정밀도는 낮아지기는 하나, 오차 보정에 따른 가공 비용을 최소한으로 하여 다축 가공기를 제조하는 경우가 있을 것이며, 또한, 이와는 달리, 셋째, 정밀도와 가공 비용의 양자를 고려한 다축 가공기를 제조하는 경우가 있을 것이다.
- [0083] 본 발명에서는 이러한 다양한 경우에 따른 최적화된 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정할 수 있다.
- [0084] 예를 들어, 상기 첫째의 경우, 즉, 정밀도에 최적화된 다축 가공기를 제조하고자 하는 경우는 상기 $\sum \Delta C$ 값이 가장 큰 값을 선택하여 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정할 수 있으며, 이 경우, AS2 조립 공정에 따른 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정할 수 있다.
- [0085] 또한, 상기 둘째의 경우, 즉, 가공 비용에 최적화된 다축 가공기를 제조하고자 하는 경우는 상기 $\sum \Delta C$ 값이 가장 작은 값을 선택하여 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정할 수 있으며, 이 경우, AS1 또는 AS2의 조립

공정에 따른 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정할 수 있다.

[0086] 또한, 상기 셋째의 경우, 즉, 정밀도와 가공비용의 양자를 고려하여 다축 가공기를 제조하고자 하는 경우는 $\Sigma \Delta C$ 값 및 $\Sigma \Delta U$ 값의 합이 최대인 값을 선택하여 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정할 수 있으며, 이 경우, AS1의 조립 공정에 따른 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정할 수 있다.

[0087] 다만, 상술한 바와 같이, $\Sigma \Delta C$ 값 및 $\Sigma \Delta U$ 값의 예시적인 것에 해당하는 것으로, 본 발명에서 상기 첫째 내지 상기 셋째의 경우에 따른 조립 공정의 선택에 제한을 두는 것은 아니다.

[0088] 이상과 같이, 본 발명에서는, 다축 가공기의 구성품의 조립 공정에서 발생할 수 있는 경우의 수를 계산하고, 이때, 조립 공정에서 발생하는 변형량의 분석을 통하여, 최적화된 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정하는 방법을 제공할 수 있다.

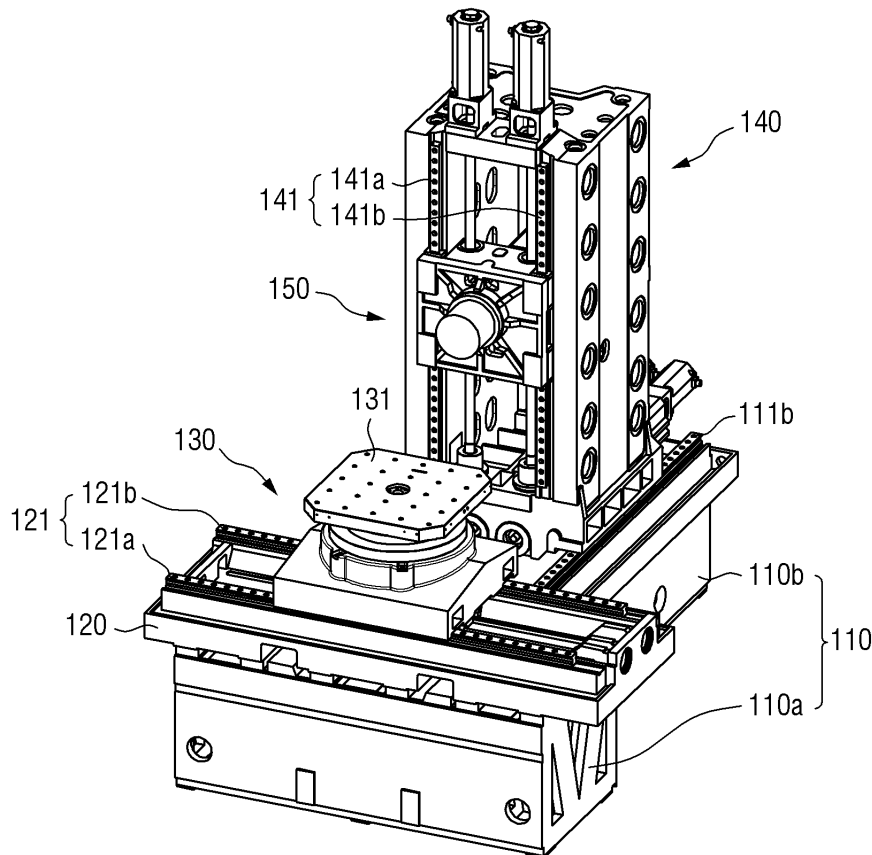
[0089] 즉, 본 발명에서는 다축 가공기의 직선축의 기하학적 오차를 보정하면서, 경우에 따른 최적화된 다축 가공기의 구성품의 조립순서를 결정할 수 있다.

[0090] 이상과 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

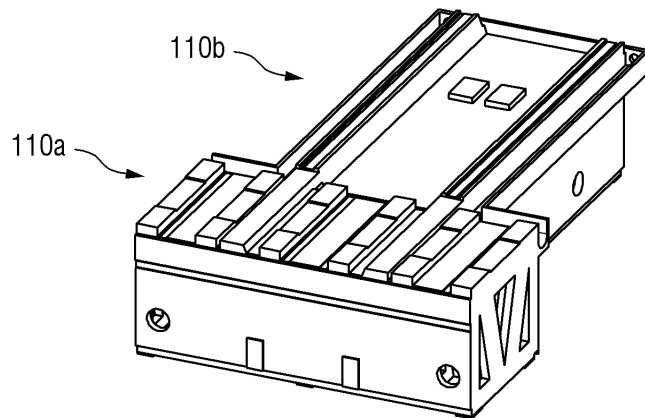
도면1

100

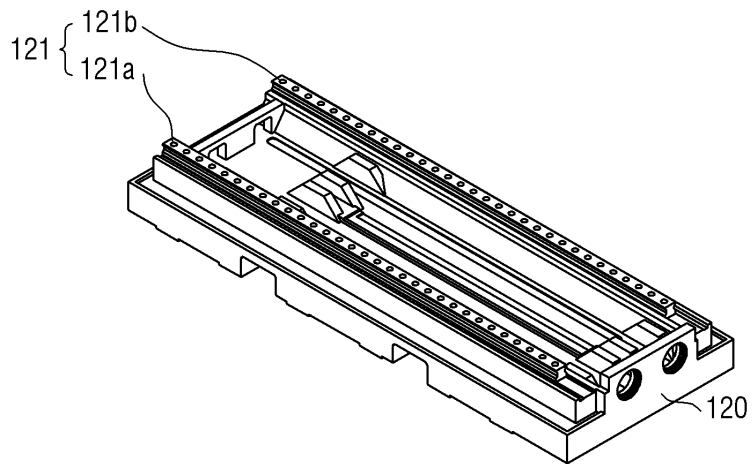


도면2

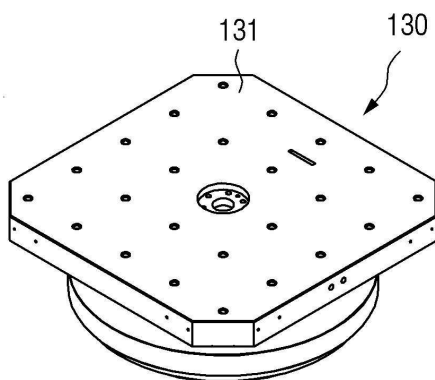
110



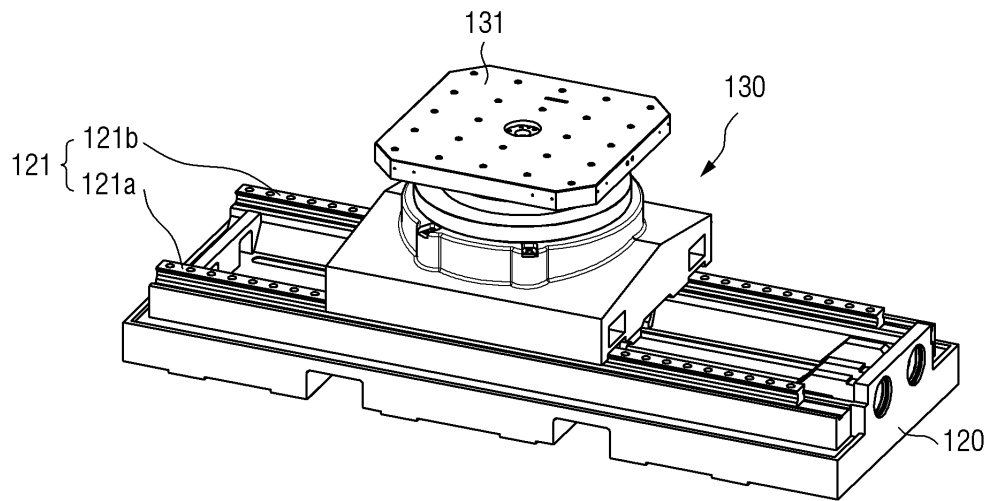
도면3



도면4

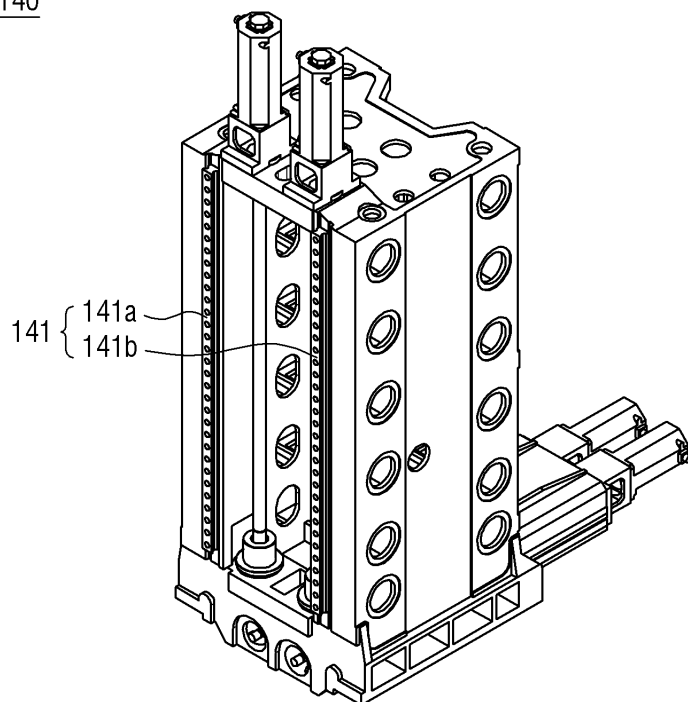


도면5

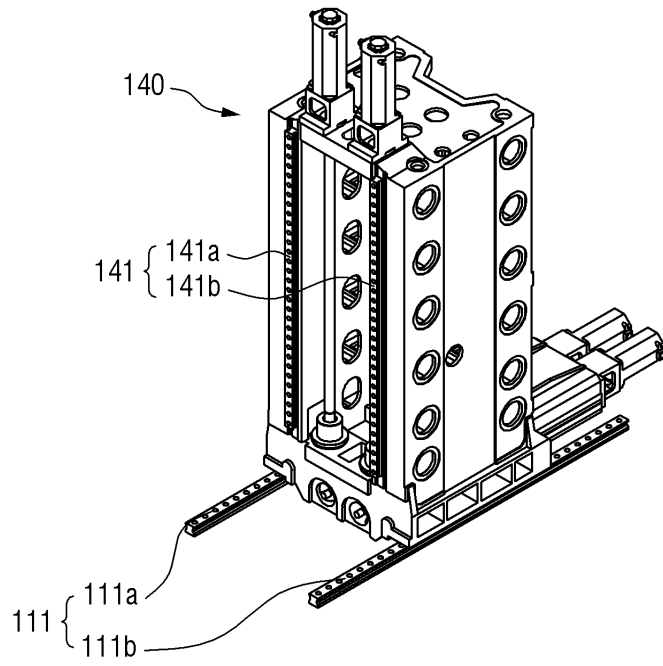


도면6

140

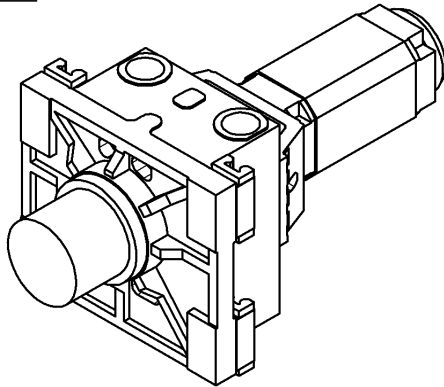


도면7

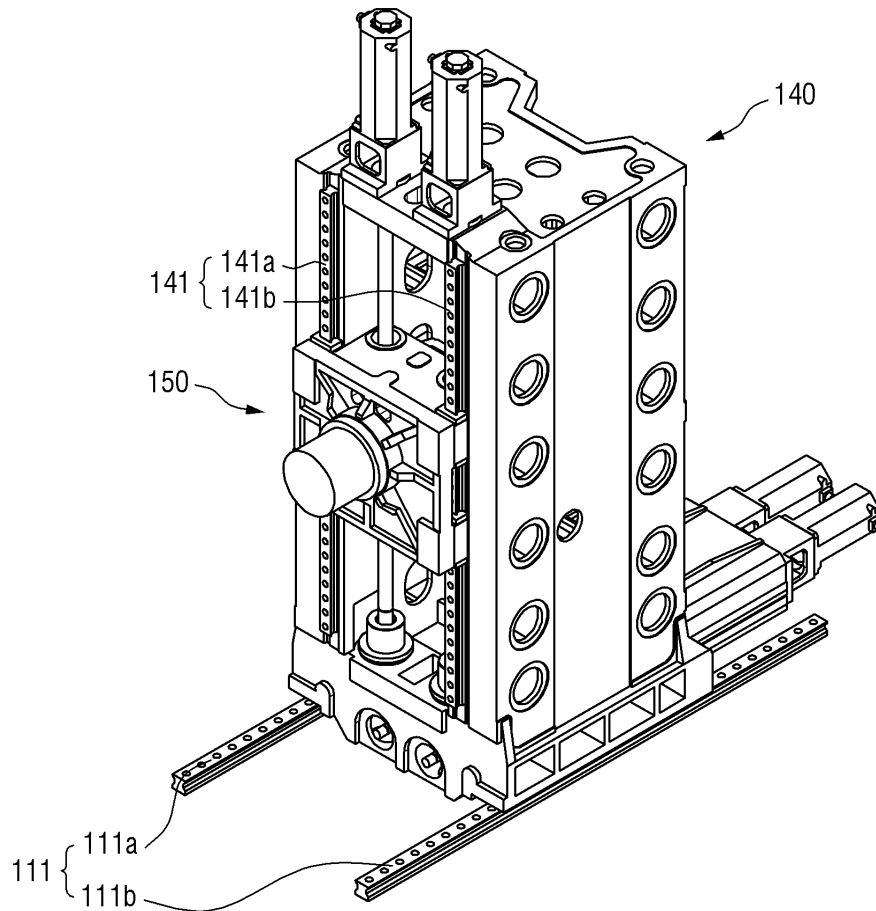


도면8

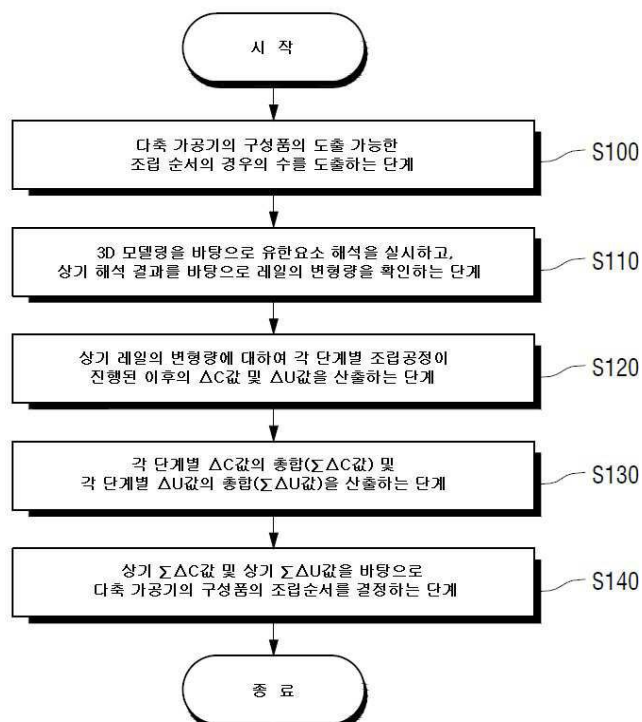
150



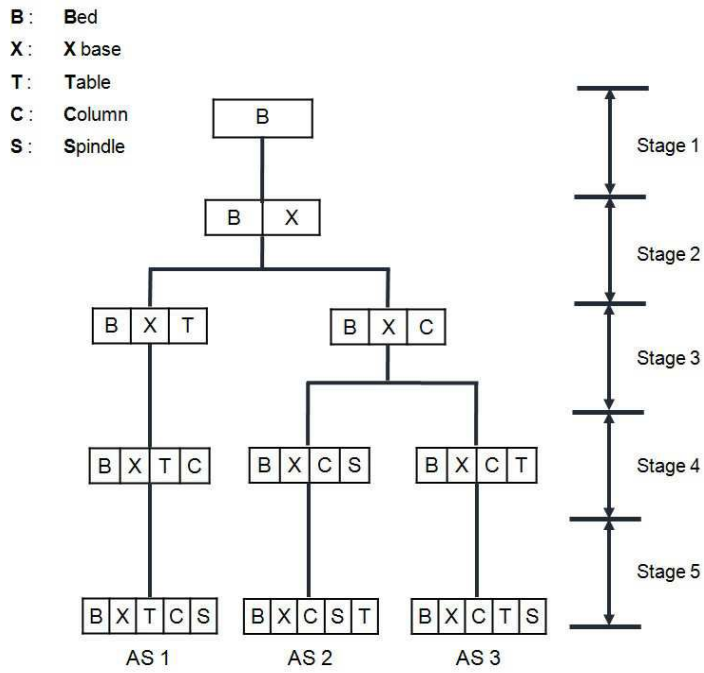
도면9



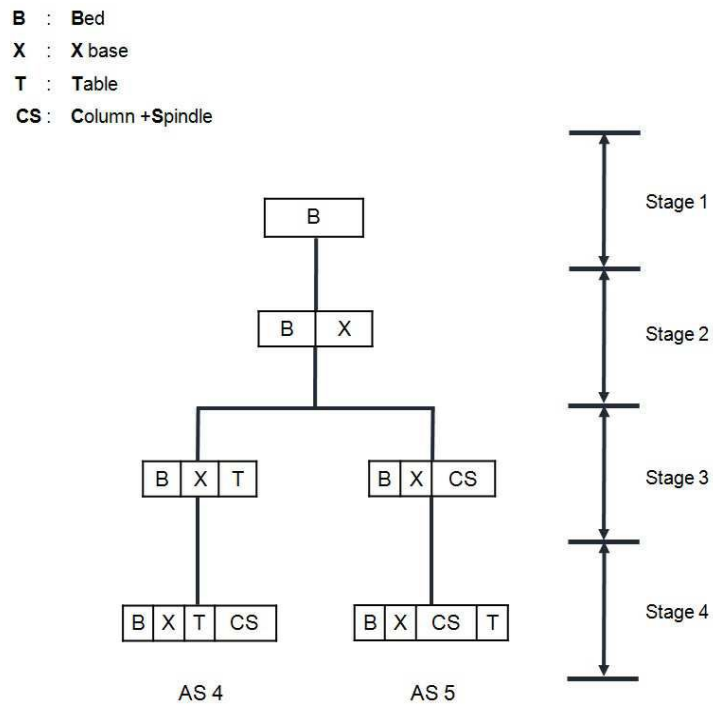
도면10



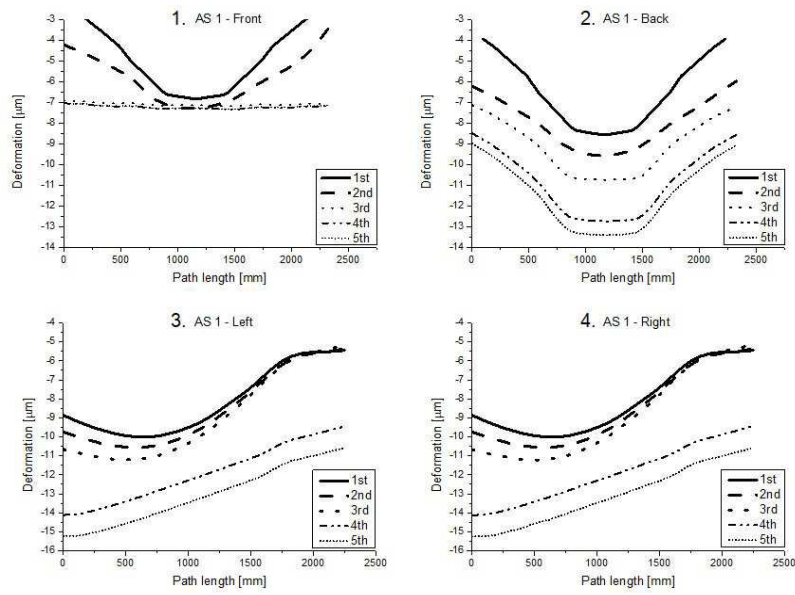
도면11



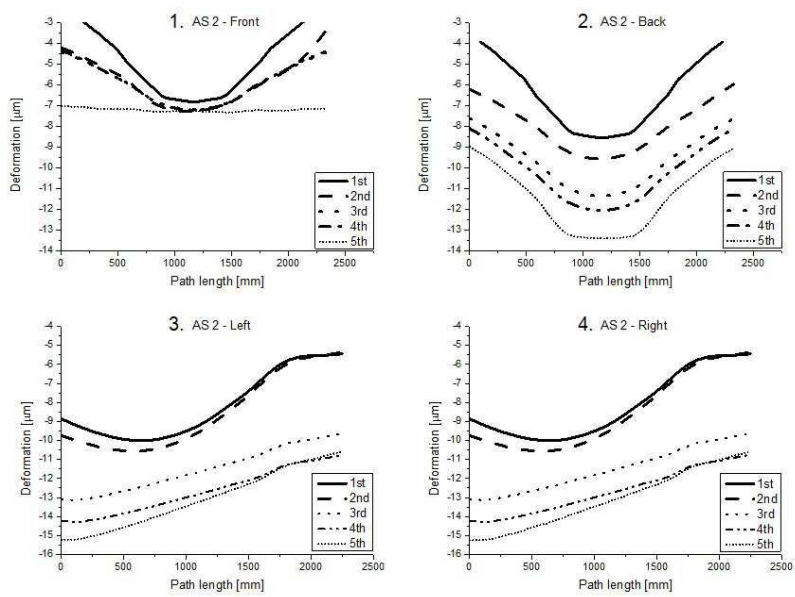
도면12



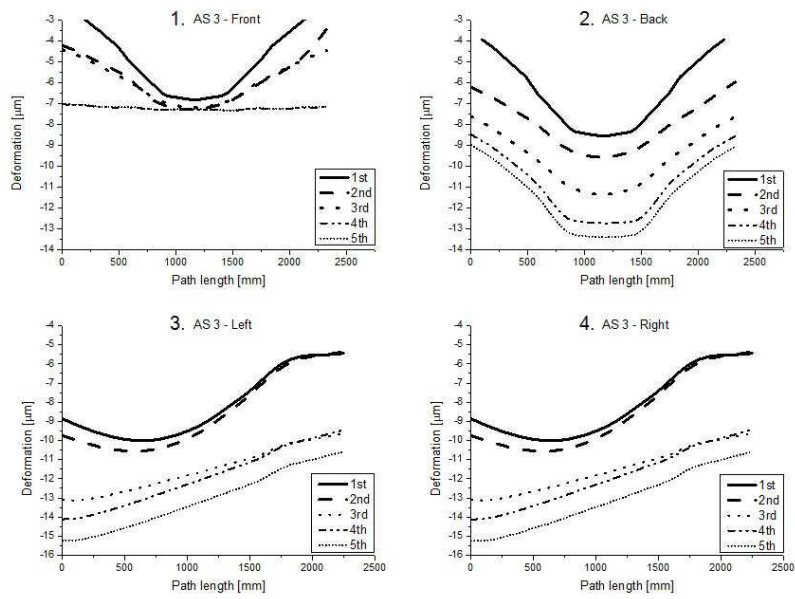
도면13



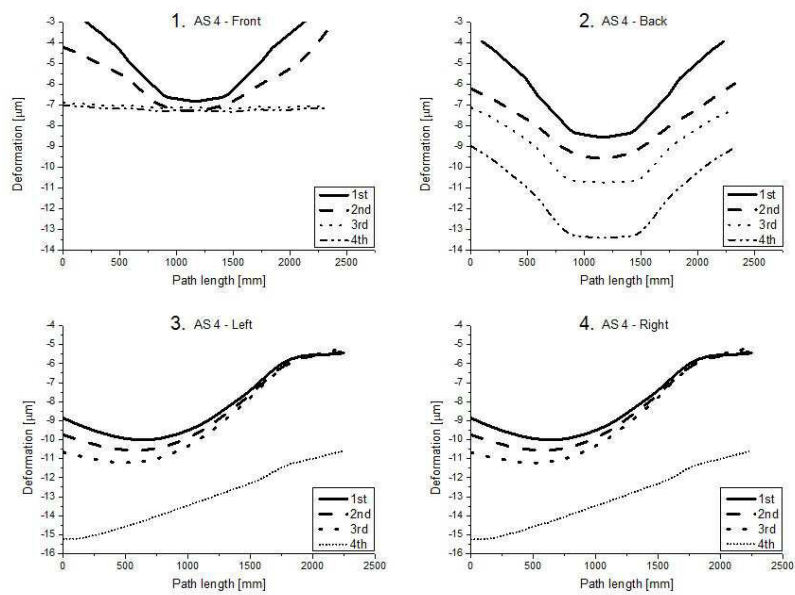
도면14



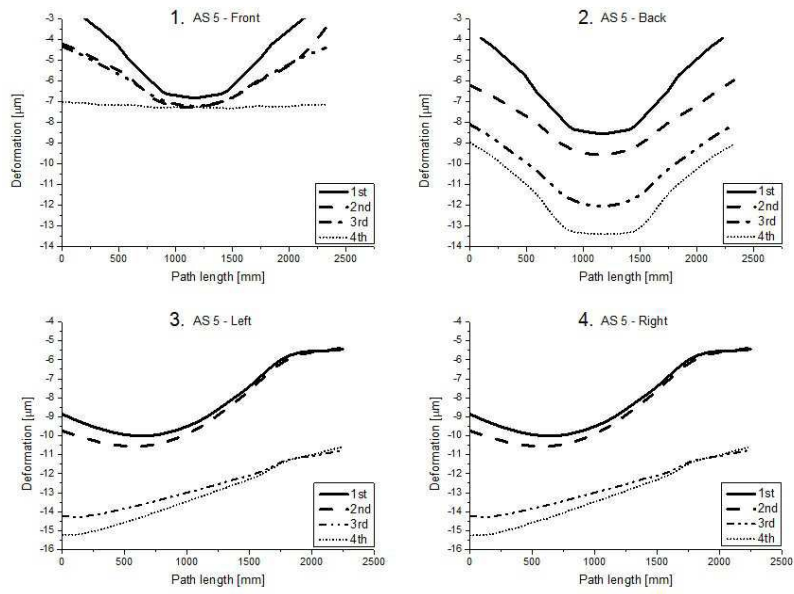
도면15



도면16



도면17



도면18

AS 1

Stage	Unit	ΔC	ΔU
1 st	[μm]	19.720	
2 nd	[μm]	7.158	
3 rd	[μm]	2.186	6.437
4 th	[μm]		10.283
5 th	[μm]		12.113

도면19

AS 2

Stage	Unit	ΔC	ΔU
1 st	[μm]	19.720	
2 nd	[μm]	7.158	
3 rd	[μm]	2.371	5.186
4 th	[μm]	0.972	6.775
5 th	[μm]		9.340

도면20

AS 3			
Stage	Unit	ΔC	ΔU
1 st	[μm]	19.720	
2 nd	[μm]	7.158	
3 rd	[μm]	2.371	5.186
4 th	[μm]		8.438
5 th	[μm]		9.484

도면21

AS 4			
Stage	Unit	ΔC	ΔU
1 st	[μm]	19.720	
2 nd	[μm]	7.158	
3 rd	[μm]	2.186	6.437
4 th	[μm]		10.418

도면22

AS 5			
Stage	Unit	ΔC	ΔU
1 st	[μm]	19.720	
2 nd	[μm]	7.158	
3 rd	[μm]	3.231	5.080
4 th	[μm]		9.340

도면23

Deformation of ΔC						
Stage	Unit	AS 1	AS 2	AS 3	AS 4	AS 5
1 st	[μm]	19.720	19.720	19.720	19.720	19.720
2 nd	[μm]	7.158	7.158	7.158	7.158	7.158
3 rd	[μm]	2.186	2.371	2.371	2.186	3.231
4 th	[μm]		0.972			
5 th	[μm]					
$\sum \Delta C$	[μm]	29.064	30.221	29.249	29.064	30.109

도면24

Deformation of ΔU						
Stage	Unit	AS 1	AS 2	AS 3	AS 4	AS 5
1 st	[μm]					
2 nd	[μm]					
3 rd	[μm]	6.437	5.186	5.186	6.437	5.080
4 th	[μm]	10.283	6.775	8.438	10.418	9.340
5 th	[μm]	12.113	9.340	9.484		
$\sum \Delta U$	[μm]	28.833	21.301	23.108	16.855	14.420