



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0004780
(43) 공개일자 2017년01월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 17/02 (2006.01) B21D 22/14 (2006.01)
B21D 53/26 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G05B 17/02 (2013.01)
B21D 22/14 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0095587
(22) 출원일자 2015년07월03일
심사청구일자 2015년07월03일
기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
박홍석
울산광역시 중구 운곡3길 24, 101동 1305호 (다운
동, 삼성아파트)
(74) 대리인
김중선, 이형석

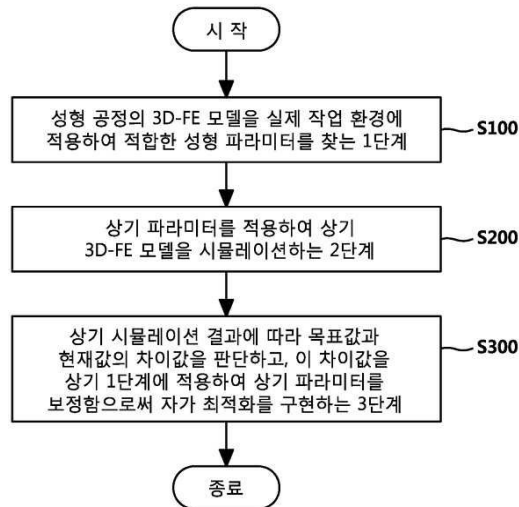
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법

(57) 요약

본 발명은 3D-FE 모델 시뮬레이션을 통하여 품질을 형성하기 위해 성형 조건에 미치는 영향, 그리고 성형과정 중 제품의 결점과 같은 기초적인 성형 메커니즘을 명쾌하게 이해할 수 있도록 하고, 고가의 실험 없이도 중요한 파라미터를 식별하고 최적화하기 위한 효율적인 방법을 제공하는 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법에 관한 것으로, 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법에 있어서, 성형 공정의 3D-FE 모델을 실제 작업 환경에 적용하여 적합한 성형 파라미터를 찾는 1단계; 상기 파라미터를 적용하여 상기 3D-FE 모델을 시뮬레이션하는 2단계; 상기 시뮬레이션 결과에 따라 목표값과 현재값의 차이값을 판단하고, 이 차이값을 상기 1단계에 적용하여 상기 파라미터를 보정함으로써 자기 최적화를 구현하는 3단계를 포함한다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

B21D 53/261 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415129059

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 제조기반산업원천기술개발

연구과제명 무인화 가공공정 최적화 및 자율대응 기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국기계연구원

연구기간 2013.06.01 ~ 2014.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법에 있어서,

성형 공정의 3D-FE 모델을 실제 작업 환경에 적용하여 적합한 성형 파라미터를 찾는 1단계;

상기 파라미터를 적용하여 상기 3D-FE 모델을 시뮬레이션하는 2단계;

상기 시뮬레이션 결과에 따라 목표값과 현재값의 차이값을 판단하고, 이 차이값을 상기 1단계에 적용하여 상기 파라미터를 보정함으로써 자기 최적화를 구현하는 3단계를 포함하는 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 시뮬레이션은 RD 수치 시뮬레이션인 것을 특징으로 하는 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 시뮬레이션 결과에서 획득한 변형과 동등한 스트레스의 성형 결과에 근거해 성형 과정의 파라미터는 설정된 3D-FE 모델을 바탕으로 설정되고 최적화되는 것을 특징으로 하는 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 3D-FE시뮬레이션 결과에 근거해 공작물 재료에 맞는 힘의 기준 특성을 정의하되, 힘의 곡선 성형을 도출하기 위해 신경망 알고리즘이 이용되는 것을 특징으로 하는 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 신경망 알고리즘은 시스템 식별 단계와 제어 설계 단계로 구성되는 것을 특징으로 하는 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 폴리 성형 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 3D-FE 모델을 바탕으로 설정되고 최적화되는 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근 자동차 사업을 위한 폴리 제조 시스템이 제품의 고품질, 낮은 가격과 짧은 배송과 같은 고객의 요구가 증가하면서 점점 더 치열해지고 있다. 일반적으로 폴리를 생산하기 위해서는 분열 스피닝 기술이 적용되고 있다.

[0004] 분열 스피닝 기술은 새로이 출현한 친환경적 그리고 유연한 성형 기술 중 하나로 알려져 있다. 회전 공작물을 설계에 따른 형태의 분열 롤러를 이용해 외단에서 두 개의 플랜지로 분열하도록 설계되어 있다. 그 다음 완성물은 다른 단계(롤링, 터닝)에 의해 제조된다. 본 기술은 자동차, 기차 그리고 항공과 같은 분야에서 다양한 종류

의 폴리의 제조하도록 널리 적용되고 있다.

- [0005] 도 1에는 분열 스피닝 기술에 의해 제조된 자동차 산업의 다양한 폴리 제품을 도시하고 있다.
- [0006] 한편, 폴리의 성형 공정은 도 2에 도시된 바와 같이, 준비 단계(1), 제 1 롤링 단계(2) 그리고 제 2 롤링 단계(3)와 같이 세개의 주요 단계로 이루어진다. 여기서, 제 2 롤링 단계(3)는 분열 공정이라 불리며 폴리 제품의 품질을 결정하는 주요 단계이다. 분열 스피닝 성형 공정의 작동 원리는 다음과 같다.
- [0007] 상기 공작물은 두 개의 주축에 먼저 고정되고 폴리의 회전 속도(w)로 회전한 다음 롤러가 수평 방향의 속도(v)로 분열 성형되면서 공작물의 외측에서 상기 물질에 반해 이동하도록 제어된다. 상기 재료는 공작물의 외측에서 시작해 목표 지점까지 두 개의 플랜지로 다양하게 변형된다. 도 2에서 도시된 것 처럼 성형공정이 끝난 후, 공작물의 바깥 지름은 줄어들고 폴리가 생산된다.
- [0008] 실제로 상기 폴리의 성형은 비선형 공정으로 진동, 높은 온도, 낮은 압력, 롤러 마모 그리고 이동 뒤틀림, 균열과 같은 재료 변형 현상과 같은 성형 공정 조건의 방해요인을 포함한다. 이러한 현상은 재료의 특성 가령, 항복 응력(σ^2), 경화 지수 (n) 그리고 탄성률 (E)와 관련이 있다.
- [0009] 그러므로 종래기술은 오로지 분석적 및 경험적인 방법만으로 이를 이해하기란 어렵다. 특히, 품질을 형성하기 위해 성형 조건에 미치는 영향(진동, 온도, 변형, 도구 마모 등등), 그리고 성형과정 중 제품의 결점과 같은 기초적인 성형 메커니즘을 이해하기 어렵고, 게다가 이를 위하여 고가의 실험 장비가 소요되는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-1988-0013638호 (1988년12월21일)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 극복하기 위한 것으로서, 3D-FE 모델 시뮬레이션을 통하여 품질을 형성하기 위해 성형 조건에 미치는 영향, 그리고 성형과정 중 제품의 결점과 같은 기초적인 성형 메커니즘을 명쾌하게 이해할 수 있도록 하고, 고가의 실험 없이도 중요한 파라미터를 식별하고 최적화하기 위한 효율적인 방법을 제공하는 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법에 있어서, 성형 공정의 3D-FE 모델을 실제 작업 환경에 적용하여 적합한 성형 파라미터를 찾는 1단계; 상기 파라미터를 적용하여 상기 3D-FE 모델을 시뮬레이션하는 2단계; 상기 시뮬레이션 결과에 따라 목표값과 현재값의 차이값을 판단하고, 이 차이값을 상기 1단계에 적용하여 상기 파라미터를 보정함으로써 자기 최적화를 구현하는 3단계를 포함하는 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법을 제공한다.
- [0015] 상기 시뮬레이션은 RD 수치 시뮬레이션인 것이 바람직하다.
- [0016] 상기 시뮬레이션 결과에서 획득한 변형과 동등한 스트레스의 성형 결과에 근거해 성형 과정의 파라미터는 설정된 3D-FE 모델을 바탕으로 설정되고 최적화되는 것이 더욱 바람직하다.
- [0017] 상기 3D-FE시뮬레이션 결과에 근거해 공작물 재료에 맞는 힘의 기준 특성을 정의하되, 힘의 곡선 성형을 도출하기 위해 신경망 알고리즘이 이용될 수 있다.

[0018] 상기 신경망 알고리즘은 시스템 식별 단계와 제어 설계 단계로 구성되는 것이 더욱 바람직하다.

발명의 효과

[0020] 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법에 의하면, 3D-FE 모델 시뮬레이션을 통하여 품질을 형성하기 위해 성형 조건에 미치는 영향(진동, 온도, 변형, 도구 마모 등등), 그리고 성형 과정 중 제품의 결점과 같은 기초적인 성형 메커니즘을 명쾌하게 이해할 수 있도록 돕는 효과가 있다.

[0021] 또한, 고가의 실험 없이도 중요한 파라미터를 식별하고 최적화하기 위한 효율적인 방법을 제공하는 효과도 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 일반적인 분열 스피닝 기술에 의해 제조된 자동차 산업의 다양한 폴리 제품을 나타낸 도면,

도 2는 종래의 폴리의 성형 공정을 나타낸 도면,

도 3 및 도 4는 본 발명에 따른 3D-FE 모델 성형 공정을 나타낸 도면,

도 5는 본 발명에 따른 성형 힘의 시뮬레이션 결과를 나타낸 그래프,

도 6 본 발명에 따른 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법을 나타낸 제어 순서도,

도 7은 본 발명에 따른 신경망 회로가 적용된 성형 과정을 나타낸 시스템 구성도,

도 8은 본 발명에 따른 성형 과정을 위해 제안된 자기 최적화 시스템을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명은 다양한 변형 및 여러 가지 실시예를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0025] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0026] 도 3 및 도 4는 본 발명에 따른 3D-FE 모델 성형 공정을 나타낸 도면이고, 도 5는 본 발명에 따른 성형 힘의 시뮬레이션 결과를 나타낸 그래프이다.

[0027] 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 3D-FE 성형 공정은 ABAQUS/Explicit 환경에서 적용된다. 도 3에 도시된 바와 같이, 본 모델은 두개의 축(200)(300)과, 공작물(400) 그리고 분열 롤러(100)를 포함한다. 두개의 축(200)(300)과 분열 롤러(100)는 3D 변형 고체가 식별되면서 분석적 강체와 공작물로 식별된다. 상기 분열 롤러(100)와 축(200)(300)의 상부는 기준점에 따라 정해진다. 이러한 기준점은 자유의 모든 정도에 있어 경직된 모션을 나타낸다.

[0028] 도 3은 3D-FE 모델의 성형 공정을 도시한다. 3D-FE 모델의 파라미터 값은 아래의 표 1에 나타낸 바와 같고, 또한 표 2는 시뮬레이션의 설정 값을 나타낸다.

표 1

Parts	Dimensions	Material
Workpiece	- Initial diameter (D_w): 100 mm - Initial height (H_w): 20 mm - Initial thickness (t_0): 3 mm.	Steel (Deformable body)
Roller	- Diameter (D_r): 100 mm - Splitting angle (2α): 48° - Roller nose radius (ρ_r): 2 mm.	Steel (rigid body)
Mandrels	- Diameter of Mandrel up (D_{mu}): 100 mm - Diameter of Mandrel bottom (D_{mb}): 100 mm.	Steel (rigid body)

[0029]

표 2

Parameters	Simulation condition
Workpiece material properties	$E = 150 \text{ GPa}$ $\nu = 0.3$ $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
Mandrel speed	$\omega = 150 \text{ rpm}$
Roller velocity	$v = 0.8; 1.0; 1.15; 1.25; 1.35; 1.5 \text{ mm/s}$
Friction coefficients	μ_{w-r} (workpiece-roller) = 0.05 μ_{m-w} (mandrel-workpiece) = 0.01

[0030]

[0032]

성형과정의 FE 시뮬레이션은 표 2의 주어진 파라미터 하에서 3D-FE 모델에 수행된다. 시뮬레이션 동안에 두개의 주축(200)(300)은 일정한 회전 속도(ω)로 회전하며 분열 롤러(100)는 선형 속도(v)로 반경 방향의 공작물(400)로 이동한다. 분열 롤러(100)와 공작물(400)간의 마찰 및 두 개 주축(200)(300)의 압축이 초래하는 영향 하에 풀리는 도 4에서 보여진 것처럼 생산된다. 이때, 성형 힘의 시뮬레이션 결과는 도 5의 그래프에 도시된 바와 같다.

[0033]

도 4의 시뮬레이션 결과의 평가를 살펴보면, 성형공정이 계속되면서 공작물의 스트레스 준은 시간이 지나면서 폭이 점진적으로 확장되는 벨트와 비슷하다. 롤러(100) 이송의 양이 증가하면 공작물(400)의 변형 정도 또한 증가한다. 또한, 롤러(100)와 공작물(400) 사이의 접촉 준의 스트레스 집중력은 더 많이 발생한다. 동등한 스트레스의 분포는 일관성이 없으며 오목한 부분에 스트레스 응집력이 있다. 스트레스는 성형과정이 끝나면 사라진다. 결과적으로 획득한 변형과 동등한 스트레스의 성형 결과에 근거해 성형과정의 파라미터는 설정된 3D-FE 모델의 도움으로 설정되고 최적화될 수 있다.

[0034]

도 5의 시뮬레이션 결과 평가를 살펴보면, 획득한 성형 힘은 반지름 방향 힘, 축의 힘 그리고 접선력의 세가지 요소로 분류된다. 반지름 방향은 동작 시 주요한 힘으로 세 가지의 스피닝 힘 중에서 가장 중요한 요소이다. 반지름 방향 힘은 롤러(100) 이송 양이 증가하면 증가한다. 축(200)(300)의 힘은 두 개의 플랜지가 나타날 때 발생하는데 대칭적인 변동하는 분포를 나타낸다. 한편 접선력은 원주마찰이 나타날 때 발생한다. 마찰 계수의 작은 값이 본 발명의 일실시예에 적용되었다. 그러므로 접선력은 성형과정이 끝날 때까지 변동 없이 유지된다. 본 발명의 일실시예에서 반지름 방향의 힘은 최적화 성형 공정을 위한 주요 힘으로 간주된다.

[0035]

도 6 본 발명에 따른 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법을 나타낸 제어 순서도이고, 도 7은 본 발명에 따른 신경망 회로가 적용된 성형 과정을 나타낸 시스템 구성도이며, 도 8은 본 발명에 따른 성형 과정을 위해 제안된 자기 최적화 시스템을 나타낸 도면이다.

[0036]

본 발명에 따른 자기 최적화 제어 방법은 시스템이 환경에 의해 방해 요소에 직면했을 때 활용된 기계적인 요소의 구성에 적응해서 작동 방식을 최적화 할 수 있다. 최적화는 제어 디자인의 통상적인 단계이다. 이를 위해 설계 목표가 명백하게 정의되어야 하며 시스템 정보는 충분하게 공급되어야 한다. 하지만 성형공정에 있어 변형

동작과 미지의 방해 요인의 복잡성으로 이해 설계 목표가 동작 중에 변경될 수 있다. 그러므로 종래의 제어 시스템에 기반한 제품의 질을 보장하기 위해서 상기 롤러를 제어하는 것은 어렵다.

[0037] 본 발명에 따른 성형과정을 최적화하기 위해서 성형제어 시스템의 설계목표가 정의되어야 한다. 성형 제어 시스템에는 두 개의 목표가 있는데 이때 롤러와 성형 힘이 포함된다. 성형공정을 위한 자기 최적화 제어 시스템을 개발하기 위해 롤러 변위 기능 및 형성 힘의 두 개의 목표하는 기능이 우선적으로 설립되어야 한다.

[0038] 롤러 변위의 목표 기능은 측정된 변위와 롤러의 이상적인 변위 사이의 편차에 근거해 설정된다. 한편 힘의 목표 기능은 이상적인 힘의 성과를 기반으로 설정된다.

[0039] 도 6에는 자기 최적화 성형 시스템 개발을 위한 시스템 과정을 도시한다. 도시된 바와 같이, 폴리 성형 시스템의 자기 최적화 제어방법에 있어서, 성형 공정의 3D-FE 모델을 실제 작업 환경에 적용하여 적합한 성형 파라미터를 찾는 1단계(S100); 상기 파라미터를 적용하여 상기 3D-FE 모델을 시뮬레이션하는 2단계(S200); 상기 시뮬레이션 결과에 따라 목표값과 현재값의 차이값을 판단하고, 이 차이값을 상기 1단계에 적용하여 상기 파라미터를 보정함으로써 자기 최적화를 구현하는 3단계(S300)를 포함한다.

[0040] 이상적인 작업 조건 하의 성형 과정의 FE시뮬레이션 결과에 근거해 공작물 재료에 맞는 힘의 기준 특성이 정의된다. 정의된 힘의 곡선은 자기 최적화 성형 제어 시스템을 개발하기 위해 필요한 힘의 목표 기능으로 간주된다. 힘의 곡선 성형을 도출하기 위해 신경망 알고리즘이 이용된다. 신경망은 비선형 시스템의 식별과 제어에 있어 매우 빈번히 그리고 성공적으로 적용되었다. 반면에 다층 인식은 비선형 시스템을 식별하고 비선형 제어 설계의 가장 좋은 선택 안으로 알려져 있다.

[0041] 신경망 알고리즘을 구성하는 두 단계가 있는데, 이는 시스템 식별 단계와 제어 설계 단계이다.

[0042] 시스템 식별 단계에서 신경망 알고리즘은 성형 과정의 상태의 식별과 제어 한도를 측정하는데 이용된다. 방해요인과 성형 동작간의 관계는 신경망을 통해 알 수 있다. 훈련 과정은 성형 과정의 전진 다이내믹의 대표 모델이다. 훈련 후 본 신경망은 성형 과정을 위한 제어기를 설계하는데 사용될 수 있다. 본 단계에서 이상적인 공작물 변형 데이터는 FE 수치 시뮬레이션으로부터 획득한 것으로 신경망을 훈련시키는데 이용된다. 신경망의 입력 파라미터는 롤러 속도와 성형 힘이다. 한편, 출력 파라미터는 대략적인 변형이다. 성형과정의 출력과 신경망 출력간의 예측 에러는 신경망 훈련 신호로 이용된다.

[0043] 성형 과정을 위한 훈련 과정은 도 7에 도시된 바와 같다. 정의된 성형 과정 모델은 자기 최적화 전략을 시험하기 위한 성형 시뮬레이터 모델을 설립하기 위해 이용될 수 있다. 본 발명에 따른 자기 최적화 제어 시스템은 방해 케이스의 비선형 시스템의 상쇄를 가능케 한다.

[0044] 도 8은 성형 과정을 위해 제안된 자기 최적화 제어 시스템을 도시한다. 시스템 역학 지식을 기반으로 측정된 힘의 값을 생산하기 위해 성형 시스템의 역동 역학 모델이 이용된다. 측정된 힘과 예상 힘간의 편차는 성형 과정에서 최소화 되어야 한다.

[0045] 성형 과정의 제어 시스템은 위치 제어기(500) 및 힘 제어기(600)를 포함한다. 위치 제어기(500)는 상기 롤러(100)가 기준 변위를 분석하는데 있어 제어역할을 한다. 이는 방해 케이스의 성형 과정에서 대체 에러를 최소화한다. 한편, 힘 제어기(600)는 성형 힘을 성형 목표 기능에 근거해 제한된 범위 안으로 유지할 수 있도록 한다.

[0046] 본 명세서에 기재된 본 발명의 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 실시예에 관한 것이고, 발명의 기술적 사상을 모두 포괄하는 것은 아니므로, 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 따라서 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 권리범위 내에 있게 된다.

부호의 설명

[0048] 100 : 분열 롤러
200, 300 : 축
400 : 공작물

500 : 위치 제어기

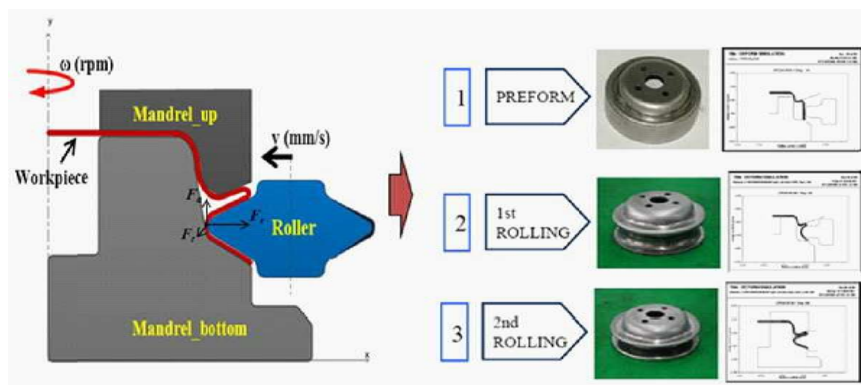
600 : 힘 제어기

도면

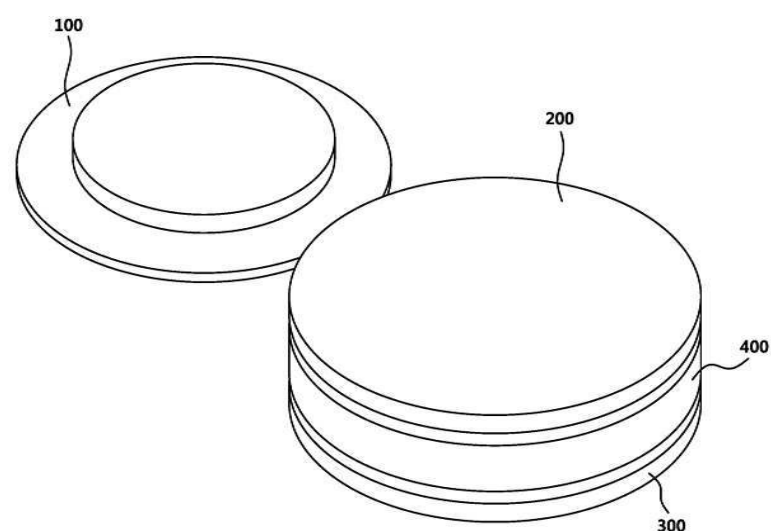
도면1



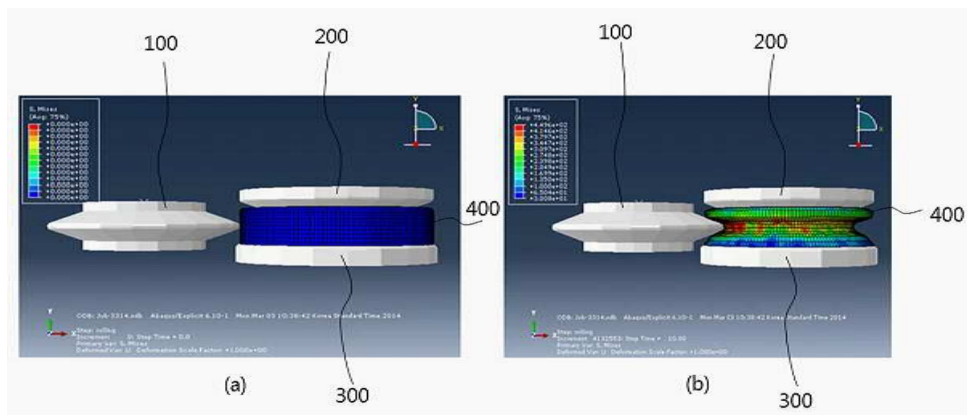
도면2



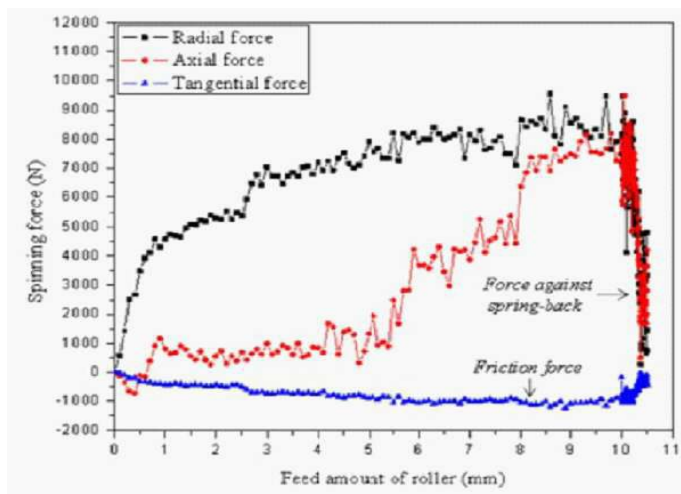
도면3



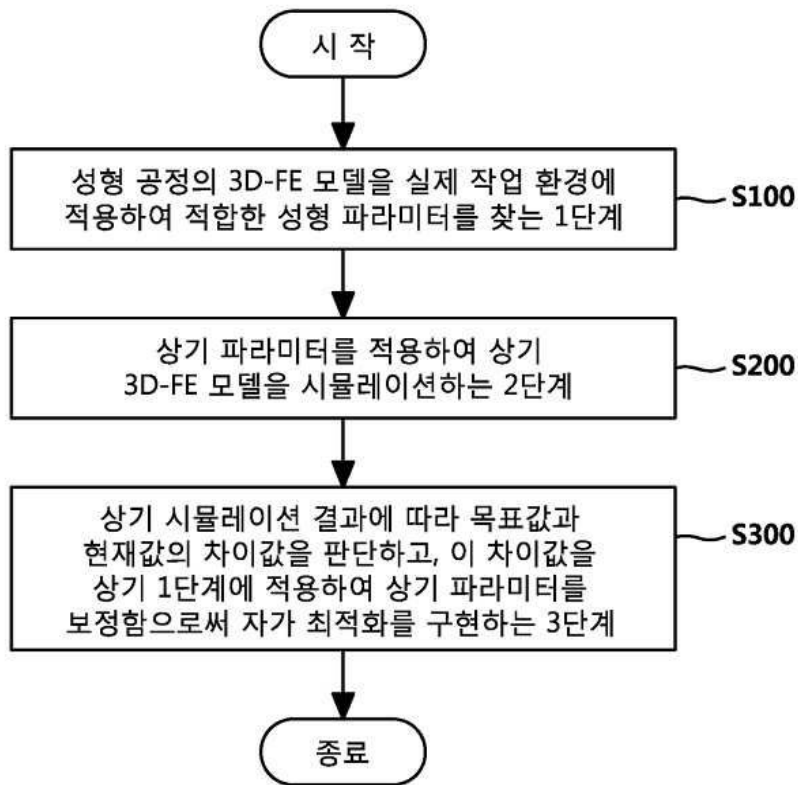
도면4



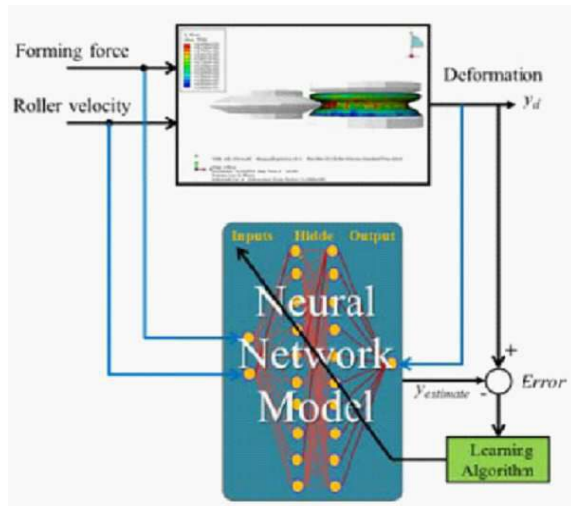
도면5



도면6



도면7



도면8

