



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0158347

(43) 공개일자 2023년11월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 3/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01N 3/18 (2013.01)

G01N 2203/0075 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0057996

(22) 출원일자 2022년05월11일

심사청구일자 2022년05월11일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

주식회사 에스비비테크

경기도 김포시 월곶면 김포대로2918번길 22

(72) 발명자

김낙수

서울특별시 서초구 효령로77길 20, 1301호(서초동, 현대ESA아파트)

박준희

서울특별시 은평구 통일로78가길 27, 401호(불광동)

(74) 대리인

특허법인 천지

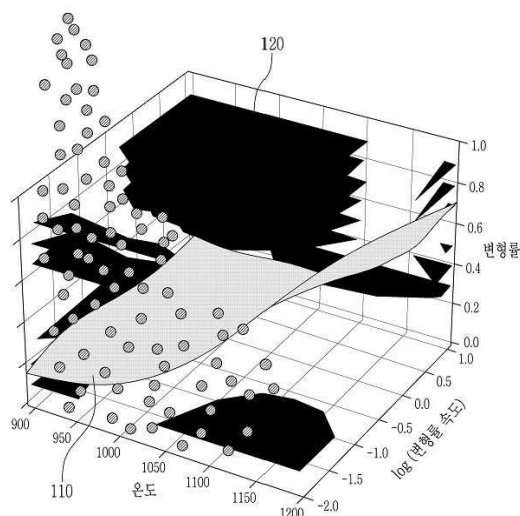
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 가공 예측 시스템 및 가공 예측 방법

(57) 요약

재료를 가공할 때 상기 재료가 손상되는 결함영역과 손상되지 않는 비결함영역이 미리 저장된 판단맵부 및 상기 재료에 외력이 인가되면 상기 재료가 상기 결함영역 또는 상기 비결함영역에 위치되는지 판단하는 판단부를 포함하는 가공 예측 시스템이 개시된다.

대표도 - 도4d



(52) CPC특허분류

G01N 2203/0212 (2013.01)

G01N 2203/0222 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415179628
과제번호	20013060
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	산업통상자원부
연구사업명	산업기술혁신사업(통합RCMS)
연구과제명	성형 가공 중소중견기업 애로기술 해결 지원을 위한 SOGANG 플랫폼 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	서강대학교산학협력단
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415175816
과제번호	20017503
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	산업통상자원부
연구사업명	산업기술혁신사업(RCMS)
연구과제명	감속기 핵심 부품 기계적 특성 향상을 위한 소재 성형 및 제조 공정 기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	서강대학교산학협력단
연구기간	2022.03.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

가공 예측 시스템에 있어서,
재료를 가공할 때 상기 재료가 손상되는 결함영역과 손상되지 않는 비결함영역이 미리 저장된 판단맵부; 및
상기 재료에 외력이 인가되면 상기 재료가 상기 결함영역 또는 상기 비결함영역에 위치되는지 판단하는 판단부
를 포함하는 가공 예측 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 결함영역과 상기 비결함영역은
온도에 따른 재료의 변형률 속도와 상기 온도와 상기 변형률 속도에 따른 변형률을 고려하여 설정되는 것
을 특징으로 하는 가공 예측 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 결함영역과 상기 비결함영역은
변형률 민감도를 이용하여 연산되는 것
을 특징으로 하는 가공 예측 시스템.

청구항 4

제2항에 있어서,
상기 판단부는
설정된 형상의 재료를 구분하여 인지하고, 특정한 온도에서 외력이 인가되는 재료의 각각의 상기 변형률 속도와
상기 변형률을 고려하여 연산한 연산값이 상기 결함영역 또는 비결함영역에 위치되는지 판단하는 것
을 특징으로 하는 가공 예측 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 판단부는
상기 재료가 결함영역에 위치되면 상기 재료가 비결함영역에 위치되도록 설정된 조건을 변경하는 것
을 특징으로 하는 가공 예측 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,
상기 판단부가 변형하는 설정된 조건은
상기 재료를 가압하는 외력의 세기인 변형률과, 상기 재료를 가압하는 속도인 변형률 속도와, 온도인 것
을 특징으로 하는 가공 예측 시스템.

청구항 7

가공 예측 방법에 있어서,

설정된 온도에서 재료에 외력을 가하여 재료가 손상되는 결함영역과 상기 재료가 손상되지 않는 비결함영역을 확인하여 저장하는 준비단계;

상기 결함영역과 상기 비결함영역이 3차원 영역에 배치된 판단맵부를 연산하는 판단맵생성단계;

상기 재료에 외력을 인가하여 상기 재료가 상기 판단맵부의 결함영역 또는 비결함영역에 위치되는지 확인하는 판단단계

를 포함하는 가공 예측 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 결함영역과 상기 비결함영역은

온도에 따른 재료의 변형률 속도와 상기 온도와 상기 변형률 속도에 따른 변형률을 고려하여 설정되는 것

을 특징으로 하는 가공 예측 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 판단단계에서

상기 재료가 결함영역에 위치되면 상기 재료가 비결함영역에 위치되도록 외력 설정된 조건을 변경하는 변경단계를 수행하는 것

을 특징으로 하는 가공 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 재료를 가공 시 재료의 결함을 예측할 수 있는 가공 예측 시스템 및 가공 예측 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가공이란 원자재나 반제품을 인공적으로 처리하여 새로운 제품을 만들거나 제품의 질을 높이는 행위를 의미한다. 가공을 위한 행위로는 여러 종류가 있을 수 있으나 이것은 결국 가공의 대상이 되는 재료에 외력을 인가하여 재료를 소성 변형하는 것을 목적으로 한다.

[0003] 재료를 가공 시 재료를 소성 변형하므로 이에 수반되어 가공에 따른 결함이 발생될 수밖에 없다. 따라서 가공에 따른 결함을 줄이는 것은 재료 가공에서 매우 중요한 것이다.

[0004] 그러나 가공에 따른 결함은 예측이 어려우며, 외부에서 육안으로 관찰될 수 없는 경우가 많다. 이러한 가공 결함의 예로는 Adiabatic shear bands, flow localization, dynamic strain ageing (DSA), kink band 등이 있다. 이러한 결함은 재료의 표면과 재료의 내부 사이의 온도 차로 인하여 발생하는 것으로, 외부에서 확인되기 어렵다.

[0005] 그러기에 가공된 재료를 절단하여 단면을 현미경으로 관찰하여 결함을 측정하여야 한다. 이는 당연히 정확한 판단방법이 아니며, 재료의 손실을 유발하는 문제가 있다.

[0006] 이를 보완하기 위하여 일부 재료의 결함을 예측하는 시스템들이 있기는 하나, 이는 직관적으로 파악될 수 없으므로, 시스템의 결과를 해석하기 위하여 많은 노력이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 국내 등록특허 등록번호 "10-1052522" (2011.07.22)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 일 실시예에 의한 본 발명은 재료의 결합 여부를 직관적으로 정확하게 파악할 수 있는 가공 예측 시스템 및 가공 예측 방법을 제공하는 데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 일 실시예에 의한 가공 예측 시스템은 재료를 가공할 때 상기 재료가 손상되는 결합영역과 손상되지 않는 비결합영역이 미리 저장된 판단맵부 및 상기 재료에 외력이 인가되면 상기 재료가 상기 결합영역 또는 상기 비결합영역에 위치되는지 판단하는 판단부를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 결합영역과 상기 비결합영역은 온도에 따른 재료의 변형률 속도와 상기 온도와 상기 변형률 속도에 따른 변형률을 고려하여 설정되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0011] 상기 결합영역과 상기 비결합영역은 변형률 민감도를 이용하여 연산되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0012] 상기 판단부는 설정된 형상의 재료를 구분하여 인지하고, 특정한 온도에서 외력이 인가되는 재료의 각각의 상기 변형률 속도에 따른 상기 변형률을 고려하여 연산한 연산값이 상기 결합영역 또는 비결합영역에 위치되는지 판단하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0013] 상기 판단부는 상기 재료가 결합영역에 위치되면 상기 재료가 비결합영역에 위치되도록 설정된 조건을 변경하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0014] 상기 판단부가 변경하는 설정된 조건은 상기 재료를 가압하는 외력의 세기인 변형률, 상기 재료를 가압하는 속도인 변형률 속도, 온도인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0015] 일 실시예에 의한 가공 예측 방법은 설정된 온도에서 재료에 외력을 가하여 재료가 손상되는 결합영역과 상기 재료가 손상되지 않는 비결합영역을 확인하여 저장하는 준비단계, 상기 결합영역과 상기 비결합영역이 3차원 영역에 배치된 판단맵부를 연산하는 판단맵생성단계, 상기 재료에 외력을 인가하여 상기 재료가 상기 판단맵부의 결합영역 또는 비결합영역에 위치되는지 확인하는 판단단계를 포함할 수 있다.

[0016] 상기 결합영역과 상기 비결합영역은 온도에 따른 재료의 변형률 속도와 상기 온도와 상기 변형률의 속도에 따른 변형률을 고려하여 설정되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0017] 상기 판단단계에서 상기 재료가 결합영역에 위치되면 상기 재료가 비결합영역에 위치되도록 외력 인가 조건을 변경하는 변경단계를 수행하는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 일 실시예에 의한 본 발명은 결합영역 및 비결합영역이 3차원인 판단맵부를 포함한다. 그리고 재료에 외력이 인가될 때 재료가 3차원 판단맵부에 위치되어 결합영역 또는 비결합영역에 위치되는지 표현된다. 그러므로 본 발명은 재료가 가공 시 재료의 결합 여부를 직관적으로 예상할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 시스템의 구성도이다.

도 2는 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 시스템의 판단맵부에 설정된 결합영역과 비결합영역을 도시한 것이다.

도 3은 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 시스템에서 변형률 민감도를 연산하는 단계를 순서도로 도시한

것이다.

도 4a는 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 시스템의 판단부가 재료를 인식하는 것을 도시한 것이다.

도 4b는 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 시스템에서 가압되는 재료를 인지하는 것을 도시한 것이다.

도 4c는 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 시스템의 판단부가 재료의 결함 여부를 판단하는 것을 도시한 것이다.

도 4d는 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 시스템의 판단부가 재료의 비결함 여부를 판단하는 것을 도시한 것이다.

도 5는 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 방법의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하, 본 발명의 일실시예를 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 그러나 이는 본 발명의 범위를 한정하려고 의도된 것은 아니다.
- [0021] 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0022] 또한, 도면에 도시된 구성요소의 크기나 형상 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시될 수 있다. 또한, 본 발명의 구성 및 작용을 고려하여 특별히 정의된 용어들은 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 것일 뿐이고, 본 발명의 범위를 한정하는 것이 아니다.
- [0023] 도 1은 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 시스템의 구성도이고, 도 2는 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 시스템의 판단부에 설정된 결함영역과 비결함영역을 도시한 것이며, 도 3은 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 시스템에서 변형률 민감도를 연산하는 단계를 순서도로 도시한 것이고, 도 4a는 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 시스템의 판단부가 재료를 인식하는 것을 도시한 것이고, 도 4b는 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 시스템에서 가압되는 재료를 인지하는 것을 도시한 것이고, 도 4c는 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 시스템의 판단부가 재료의 결함 여부를 판단하는 것을, 도 4d는 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 시스템의 판단부가 재료의 비결함 여부를 판단하는 것을 도시한 것이다.
- [0024] 도 1을 참고하여 본 발명의 가공 예측 시스템의 구성을 살펴보면, 본 발명인 가공 예측 시스템은 판단맵부(100) 및 판단부(200)를 포함할 수 있다.
- [0025] 판단맵부(100)는 3차원의 그래프가 설정되어 있다. 이 그래프는 도 2에서 도시된 바와 같이 결함영역(120)과 비결함영역(110)으로 설정되어 있다. 따라서 재료가 열간 성형 공정이 수행될 때, 이 재료는 결함영역(120) 또는 비결함영역(110)에 위치될 수 있다. 여기서 비결함영역(110)은 결함영역(120)을 제외한 부분 전체를 의미할 수 있다.
- [0026] 판단부(200)는 재료가 열간 성형 공정 수행 시 결함영역(120)에 있으면 해당 열간 성형 공정은 문제가 있음을 파악할 수 있으며, 비결함영역(110)에 있으면 열간 성형 공정에 문제가 없음을 파악할 수 있다. 이때 판단부(200)는 열간 성형 공정에 문제가 있으면 조건(온도, 변형률, 외력 인가 속도 등)을 변경할 수 있다.
- [0027] 이러한 결함영역(120)과 비결함영역(110)은 다음과 같은 방식으로 연산될 수 있다.
- [0028] 당연하게도 에너지는 보존된다. 그러므로 재료를 변형시키는데 활용되는 에너지(외부에너지)와 재료가 소성 가공될 때 활용되는 에너지(내부에너지)의 합은 전체에너지와 동일할 것이다. 그러나 이는 이상적인 경우일 것이다. 실제에서는 이상적인 경우가 발생되지 않는다. 그러기에 재료를 가공 시 결함이 발생된다.
- [0029] 재료에 열간 소성 공정이 수행되어 재료가 변형되는 경우 재료는 변형 시 온도, 변형률 속도(strain rate), 변형률, 미세구조의 소멸(dissipative state of the microstructure)에 따라 물리적 상태를 확인할 수 있다.
- [0030] 재료의 각각의 물리적 상태는 열간 가공되는 온도, 재료를 가압하는 다이의 속도 및 변형량(extent of deformation)이 재료의 물리적 상태와 연관되어 있으나, 재료의 미세구조의 소멸(dissipative state of the microstructure)과 관련된 조건은 없었다.

- [0031] 이에 Ziegler는 재료의 변형을 계(system)로 간주하고, 재료의 소성변형은 엔트로피 생성 원리와 동일하다는 것을 입증하였다. 그러므로 Ziegler의 이론을 토대로 재료의 미세구조의 소멸(dissipative state of the microstructure, 재료의 결함이라 함) 여부를 확인할 수 있게 되었다.
- [0032] 본 발명은 위와 같은 이론을 토대로 결함영역(120)과 비결함영역(110)을 설정하고, 이를 도 2와 같이 판단맵부(100)를 형성한다.
- [0033] 이를 위하여 도 3에서 도시된 바와 같이 변형률 민감도(m)를 연산할 필요가 있다. 즉, 변형률 민감도(m)를 연산하고, 이를 활용하여 재료의 결함이 발생하는 결함영역(120)과 비결함영역(110)을 연산할 수 있다.
- [0034] 도 3을 통하여 본 발명의 변형률 민감도(m)를 연산하는 과정을 살펴보면 재료의 변형률-stress확인단계, 변형률-flow stress를 연산단계, 변형률-flow stress를 수정하는 수정단계를 거쳐서 연산될 수 있다.
- [0035] 재료의 변형률-stress확인 단계는 특정된 재료를 기준으로 실험을 반복하여 데이터를 획득하는 단계이다. 즉, 어느 하나의 재료를 선정하고, 그후 특정한 온도에서 재료를 가압하여, 재료의 변형률(strain) 및 stress를 확인하는 단계이다. 여기서 재료는 다이 사이에 위치되어 가압 속도를 다르게 반복할 수 있다. 그러면 도 3의 가장 윗쪽에 있는 그래프를 획득할 수 있다.
- [0036] 재료의 변형률-stress확인 단계에서는 온도와 가압속도를 다르게 하여 이를 반복한다. 즉 제1온도에서 재료를 가압하는 가압속도를 변경하며 데이터를 획득하고, 그후 제2온도에서 재료를 가압하는 가압속도를 변경하여 데이터를 획득한다.
- [0037] 이를 반복한다면 다양한 재료의 변형률 및 stress를 확인할 수 있다.
- [0038] 변형률-flow stress를 연산단계는 재료의 변형률-stress를 구한 후 이를 토대로 연산될 수 있다. 즉, 도 3에서 가장 윗쪽의 그래프에서 x값인 변형률(strain)을 고정하고, y값인 stress를 y값으로 하여 이 y값들을 모으면 도 3의 두 번째 도시된 바와 같은 그래프(변형률-flow stress)를 연산할 수 있을 것이다. 즉, 특정한 온도에서 변형률-flow stress에 관한 데이터를 획득할 수 있다.
- [0039] Ziegler의 이론을 기준으로 변형률-flow stress는 두 가지 에너지로 구분될 수 있을 것이다. 즉, 도 3의 두 번째 그래프의 선을 기준으로 아래는 재료의 소성 변형 및 온도 증가에 활용된 에너지(G)일 수 있으며, 선을 기준으로 위는 재료의 미세구조 변화에 소모되는 에너지(J)일 수 있다. 따라서 변형률 민감도(m)는 $m = \frac{\Delta J}{\Delta G}$ 과 같이 소성 변형 및 온도 증가에 활용된 에너지(G)의 변화를 대비 재료의 미세구조 변화에 소모되는 에너지(J)의 변화율일 수 있다. 그러나 이러한 연산은 복잡한바, 연산을 보다 편하게 하기 위하여 삼차원 스플라인 보간법을 활용하고자 변형률-flow stress를 수정하는 수정단계가 수행된다.
- [0040] 변형률-flow stress를 수정하는 수정단계는 변형률과 flow stress에 각각 log에 관한 식으로 변환하는 단계이다. 이와 같이 연산을 수행하면 도 3에서 위에서 세 번째의 그래프를 획득할 수 있다. 그리고 이와 같이 연산된 결과를 토대로 다음과 같은 연산을 통하여 변형률 민감도(m)가 연산될 수 있다.
- $$m = \frac{\partial \log(\sigma)}{\partial \log(\dot{\epsilon})} \Big|_{\epsilon, T = \text{const}} = \frac{\Delta \log(\sigma)}{\Delta \log(\dot{\epsilon})}$$
- [0041]
- [0042] 여기서, $\dot{\epsilon}$ = 변형률 속도, σ = flow stress, m = 변형률 민감도
- [0043] 이와 같이 특정 온도에서 변형률 민감도(m)가 연산될 수 있다.
- [0044] 그리고 변형률 민감도(m)를 활용하면 결함영역(120)과 비결함영역(110)을 연산할 수 있다. 여기서, 결함영역(120)은 비결함영역(110)이 연산된 후 연산될 수 있으므로, 비결함영역(110)을 연산하는 과정을 이하에서는 먼저 설명한 후 결함영역(120)을 설명하도록 하겠다.

[0045] 비결함영역(110)은 다음과 같은 식을 활용하여 연산될 수 있다.

[0046] Efficiency of power : $\eta = \frac{J}{J_{\max}} = \frac{\int_0^{\dot{\epsilon}} \sigma d\dot{\epsilon}}{\sigma \dot{\epsilon} / 2} = \frac{2m}{m+1}$

[0047] 이 식은 재료의 소성 변형 중 재료의 조직의 변화에 의해 분산되는 에너지의 상대적 효율을 의미한다. 모든 고 효율의 영역은 실제의 동적 재결정과 같은 좋은 미세 구조적 변화가 일어나는 영역이기 때문에 미세 구조적 변화(J)에 더 많은 에너지를 가져야 한다. 그러므로 따라서 변형을 민감도(m)가 클수록 높은 효율의 미세구조적 변화가 일어난다. 그러므로 η 가 클수록 DRX(동적재결정), DRV(동적회복), super plasticity 측면에서 바람직하다고 볼 수 있으나 균열 및 기공 형성과 같은 일부 결함의 발생 또한 같은 효율을 가질 수 있다.

[0048] 이처럼 특정한 온도에서 재료의 변형을 민감도(m)를 연산하여 비결함영역(110)을 연산할 수 있다. 온도를 변화하며 재료의 변형을 민감도(m)를 연산하고, 이 값들을 3차원 그래프에 표현하면 도 2에 도시된 바와 같이 표현될 수 있다.

[0049] 한편, 재료의 결함이 발생하는 것은 변형 중인 재료에 의한 엔트로피 생성속도가 재료에 부과된 엔트로피 속도와 일치하지 않을 때 발생된다. 즉, 재료(계(system))에 생성된 엔트로피가 재료(계(system))에 적용된 재료의 변형률 속도보다 낮기 때문에 불안정성(instability)이 발생된다.

[0050] 즉, 재료의 결함인 DRX(동적재결정), DRV(동적회복), super plasticity는 모두 고효율(power dissipation)에서 일어나며, 균열(Adiabatic shear bands, flow localization, dynamic strain ageing (DSA), kink bands)도 그러하다. 그러므로 재료 가공 시 결함은 높은 에너지가 소비되는 영역에서 발생된다.

[0051] 이러한 불안정성의 영역은 다음과 같은 식으로 연산될 수 있다.

[0052] 그리고, $\dot{\epsilon}$ = 변형률 속도, σ = flow stress이다.

[0053] Efficiency of power
그리고 η 은 비결함영역(110)에서 연산될 수 있다.

[0054] Flow Instability : $\xi(\epsilon)_{\text{Kumar-Prasad}} = \frac{\partial \ln(m / m + 1)}{\partial \ln \epsilon} + m < 0$

[0055] 이와 같은 식에 따라 온도를 변화하며 재료의 변형을 민감도(m)를 연산하고, 이 값들을 3차원 그래프에 표현하면 도 2에 도시된 바와 같이 결함영역(120)을 획득할 수 있다.

[0056] 이처럼 변형을 민감도(m)를 기초로 하여, 판단맵부(100)를 연산할 수 있다.

[0057] 도 4a, 4b를 통하여 판단부(200)가 재료의 결함 여부를 판단하는 것을 살펴보면, 판단부(200)는 재료를 구분하여 인지한다. 예를 들어 원통형으로 형성된 재료를 판단부(200)는 수많은 픽셀로 구분하여 인식한다. 그리고, 특정한 온도에서 재료가 가압되는 경우, 가압되는 외력의 세기, 가압되는 속도 등을 고려하여 각각의 재료들의 변형률 속도와 변형률을 연산하고, 이를 판단맵부(100)에 3차원으로 표시한다. 이를 통하여 재료의 각각이 결함 영역(120)에 위치되는지, 비결함영역(110)에 위치되는지 판단한다.

[0058] 즉, 도 4a에 도시된 도면과 같이 직경 10mm, 높이 15mm의 재료를 가정하고, 이 재료를 상, 하로 동일한 속도로 가압한다고 가정하겠다. 여기서, 가압정도에 따라 도 4b와 같이 재료의 각각의 부분은 가압될 것이다. 이때 판단부(200)는 재료 각각의 변형률 속도(strain rate), 변형 온도, 변형률을 연산할 수 있다.

[0059] 그리고 판단부(200)는 이 연산된 결과를 판단맵부(100)에 표현할 수 있다. 그러면 도 4c, 4d와 같은 그래프를 획득할 수 있다.

[0060] 만약 열간 소성 공정을 수행하면 재료에 결함이 발생하는 경우 도 4c와 같은 그래프를 획득할 것이다.

[0061] 판단부(200)는 이 경우 재료가 이러한 조건 하에서 공정이 수행되면 결함이 발생될 것으로 예측할 수 있다.

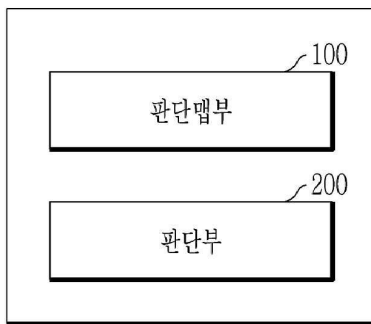
- [0062] 이후 판단부(200)는 설정된 조건을 변경하여 다시 재료를 가압하는 연산을 수행할 수 있다.
- [0063] 일례로 판단부(200)는 재료를 가압하는 속도를 변화시킬 수 있다.
- [0064] 일례로 도 4c와 같은 그래프를 수행하는 열간 공정이 특정한 온도에서 1mm/s로 움직이는 다이가 10초 동안 재료를 가압하여 획득한 것이라면(도 4a의 오른쪽 참조), 판단부(200)는 재료가 전반적으로 좌측에 치우쳐 짐을 인지하고, 2초 동안은 다이가 5mm/s에서 2mm/s의 속도로 감속하면서 재료를 가압하고, 그후 나머지 8초 동안 다이가 2mm/s로 재료를 가압하도록 조건을 변화시킨 채 재료들의 각 부분의 변형률과 변형을 연산할 수 있다.
- [0065] 이 경우 도 4d와 같은 그래프와 같이 재료의 각 부분들이 비결함영역(110)에 위치되었다면, 판단부(200)는 재료를 가공 시 결함이 발생되지 않음을 확인할 수 있다. 판단부(200)는 이와 같은 조건을 출력할 수 있다.
- [0066] 이처럼 본 발명은 판단부(200)의 판단맵부(100)와 재료를 구분하여 인식하고, 재료의 결함 여부를 확인할 수 있다.
- [0067] 도 5는 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 방법의 순서도이다.
- [0068] 일 실시예에 의한 본 발명인 가공 예측 방법은 준비단계(S100), 판단맵생성단계(S200), 판단단계(S300)를 포함한다. 또한, 본 발명은 변경단계(S400)를 추가로 포함할 수 있다.
- [0069] 준비단계(S100)는 조건과 재료를 설정하고, 이를 기반으로 결함영역(120)과 비결함영역(110)을 연산하는 단계이다. 즉, 준비단계(S100)는 특정한 온도에서 특정한 재료의 변형률-stress확인단계, 변형률-flow stress를 연산단계, 변형률-flow stress를 수정하는 수정단계를 거쳐서 변형률 민감도(m)를 연산하는 단계이다.
- [0070] 판단맵생성단계(S200)는 변형률 민감도(m) 및 전술한 수식들을 활용하여 결함영역(120)과 비결함영역(110)을 연산하여 3차원 맵으로 표시하는 단계이다. 따라서 재료의 결함의 판단의 기준이 되는 판단맵부(100)를 생성할 수 있다.
- [0071] 판단단계(S300)는 재료에 외력을 인가하여 재료가 결함영역(120)에 위치되는지 또는 비결함영역(110)에 위치되는지 판단하는 단계이다. 여기서 재료는 전술한 바와 같이 픽셀과 같이 구분되어 인식된다. 판단부(200)는 각각의 재료의 부분들이 특정한 온도에서 변형률 속도(strain rate), 변형률(strain)들을 연산하여 각 부분들이 결함영역(120)에 있는지 비결함영역(110)에 위치되는지를 판단한다.
- [0072] 여기서, 판단단계(S300)에서 구분된 재료 중 어느 일 부분이 결함영역(120)에 위치되면 조건을 변경하는 변경단계(S400)를 수행한다. 변경단계(S400)는 설정된 조건을 변화하는 단계이다. 일례로 설정된 조건은 열간 소성 공정에서의 온도, 외력의 세기인 변형률, 외력의 속도인 변형률 속도 등일 수 있다.
- [0073] 그후 다시 판단단계(S300)를 수행한다. 여기서 재료의 각 부분이 비결함영역(110)에 위치되면 프로세스는 종료될 수 있다.
- [0074] 한편, 여기서 비결함영역(110)은 결함영역(120)이외의 다른 모든 영역을 포함할 수도 있다.
- [0075] 본 발명은 특정한 실시 예에 관련하여 도시하고 설명하였지만, 이하의 특허청구범위에 의해 제공되는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 한도 내에서, 본 발명이 다양하게 개량 및 변화될 수 있다는 것은 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

부호의 설명

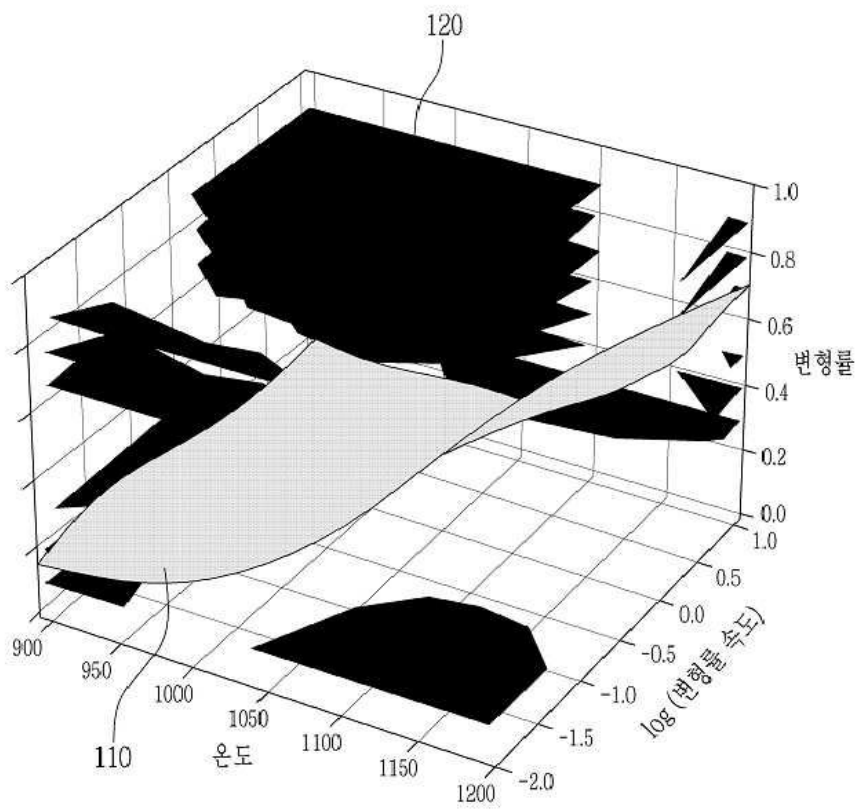
- [0076] 100 : 판단맵부
110 : 비결함영역
120 : 결함영역
200 : 판단부

도면

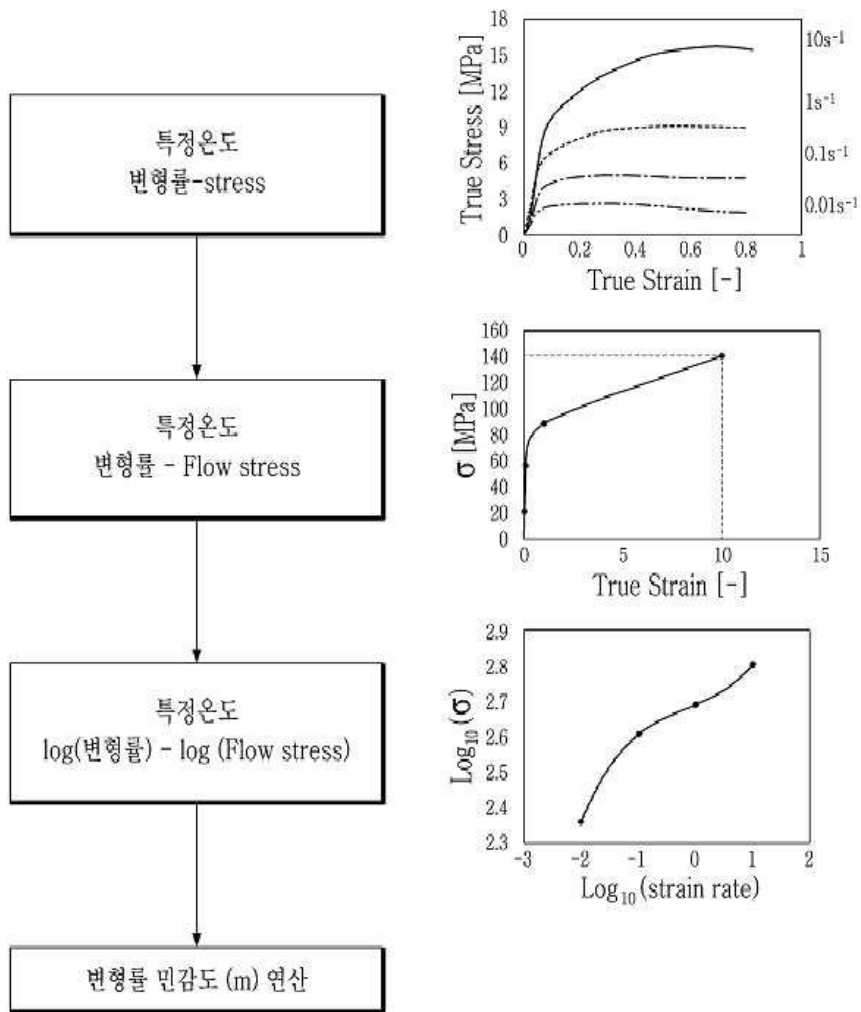
도면1



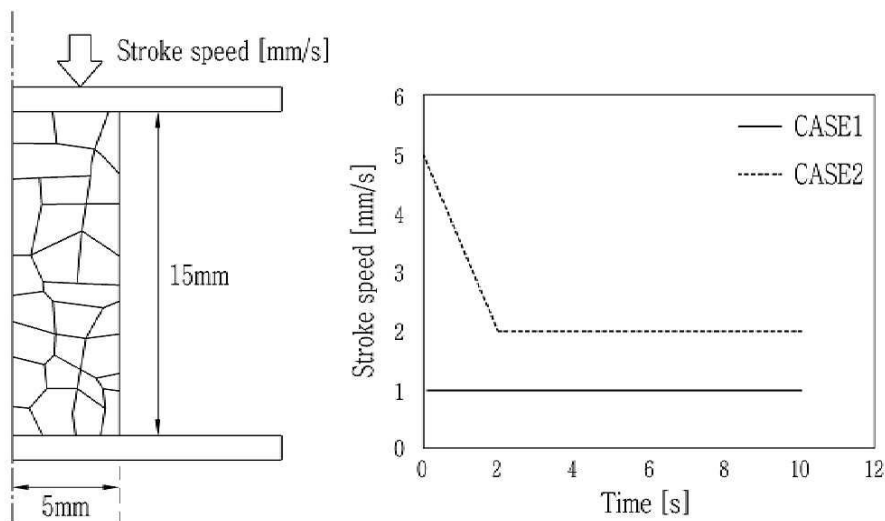
도면2



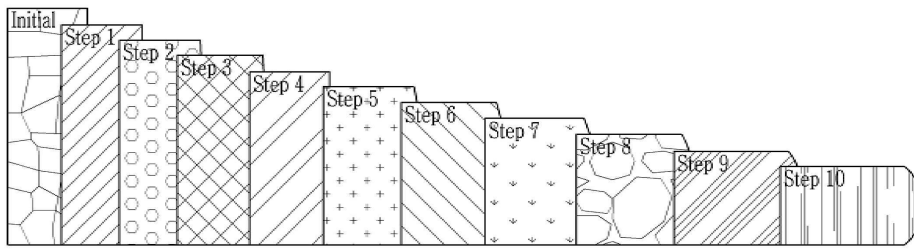
도면3



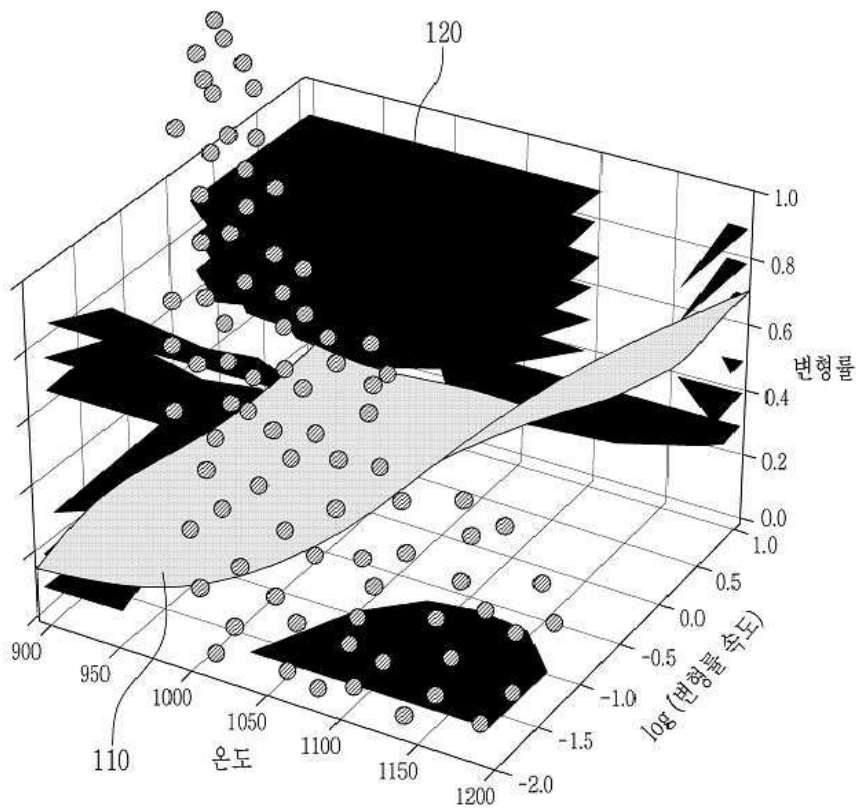
도면4a



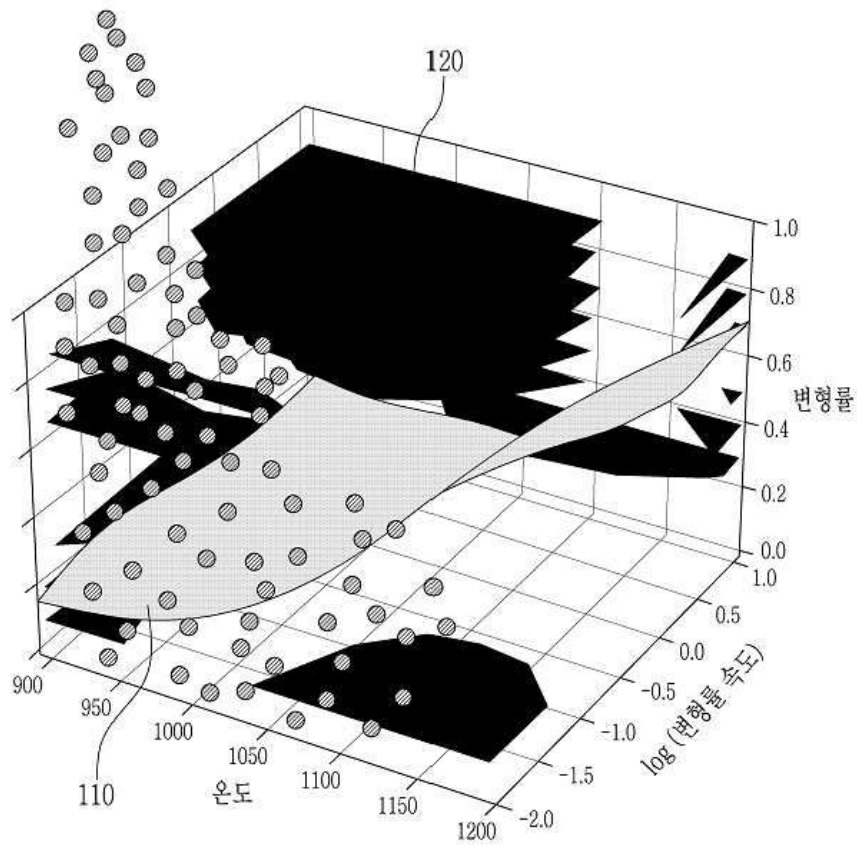
도면4b



도면4c



도면4d



도면5

