



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0048792
(43) 공개일자 2023년04월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B24B 51/00 (2006.01) B24B 37/08 (2012.01)
B24B 49/02 (2006.01) B24B 49/16 (2006.01)
G05B 13/02 (2006.01) G05B 19/4093 (2006.01)
G06T 19/00 (2011.01)

(52) CPC특허분류

B24B 51/00 (2013.01)
B24B 37/08 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0131647

(22) 출원일자 2021년10월05일

심사청구일자 2021년10월05일

(71) 출원인

울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)

(72) 발명자

박홍석
울산광역시 중구 운곡3길 24, 101동 1305호(다운동, 삼성아파트)

사우라브 쿠마르

울산광역시 남구 대학로 93, 울산대학교 기계공학관(무거동)

재박문

울산광역시 남구 대학로 93, 울산대학교 기계공학관(무거동)

(74) 대리인

특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 16 항

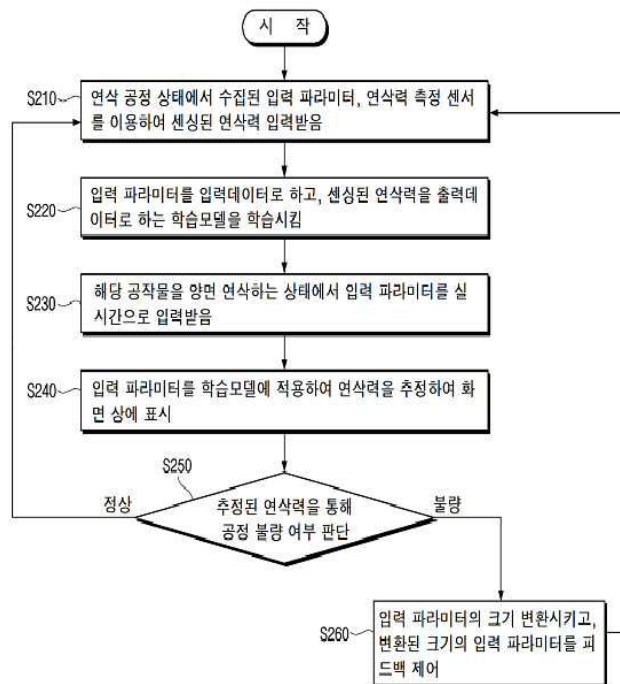
(54) 발명의 명칭 디지털 트윈을 기반으로 하는 양면 연삭 공정 제어 시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 디지털 트윈을 기반으로 하는 양면 연삭 공정 제어 시스템 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 디지털 트윈 기반의 양면 연삭 공정 제어 시스템을 이용한 양면 연삭 공정 제어 방법에 있어서, 연삭 공정 상태에서 수집된 연삭 깊이, 공작물의 회전수(RPM), 상측 스톨의 연삭 회전수(RPM) 및 하측 스톨의 연삭 회전수

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



(RPM) 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 파라미터를 입력받는 단계, 연삭력 측정 센서를 이용하여 센싱된 연삭력을 입력받는 단계, 입력 파라미터를 입력데이터로 하고, 연삭력을 출력데이터로 하는 학습모델을 학습시키는 단계, 해당 공작물을 양면 연삭하는 상태에서, 양면 연삭 공정 상태에 대한 입력 파라미터를 실시간으로 입력받는 단계, 입력 파라미터를 학습모델에 적용하여 연삭력을 추정하는 단계, 추정된 연삭력을 통해 공정 불량 여부를 판단하는 단계, 그리고 현재 공정이 불량인 것으로 판단되면, 변환된 입력 파라미터를 피드백 제어하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 학습모델을 통해 연삭력을 추정하고, 추정된 연삭력을 이용하여 입력 파라미터를 제어함으로써, 양면 연삭 공정에서 발생하는 품질 불량 갯수를 감소시킬 수 있다. 그리고, 공정 실패로 인해 스क्र랩 되는 공작물을 감소시키고, 제조 공장에서의 생산성을 향상시킬 수 있다.

(52) CPC특허분류

B24B 49/02 (2013.01)

B24B 49/16 (2013.01)

G05B 13/0265 (2013.01)

G05B 19/40937 (2013.01)

G06T 19/003 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711125975
과제번호	2019-0-00035-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	3D 프린팅 생활혁신 융합기술개발
연구과제명	발전·조선용 금속부품 제조 시뮬레이션을 위한 PBF 방식 3D프린팅 적층해석 SW 기술개발
기 여 율	60/100
과제수행기관명	한국전자기술연구원
연구기간	2019.04.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415173063
과제번호	20013111
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	소재부품기술개발(R&D)
연구과제명	사출금형 제조용 50WmK급 고열전도도 Fe계 금속분말 제조 및 적층기술 개발
기 여 율	40/100
과제수행기관명	하나에이앤티 주식회사
연구기간	2020.08.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

디지털 트윈 기반의 양면 연삭 공정 제어 시스템을 이용한 양면 연삭 공정 제어 방법에 있어서,
 연삭 공정 상태에서 수집된 연삭 깊이, 공작물의 회전수(RPM), 상측 스톱의 연삭 회전수(RPM) 및 하측 스톱의 연삭 회전수(RPM) 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 파라미터를 입력받는 단계,
 연삭력 측정 센서를 이용하여 센싱된 연삭력을 입력받는 단계,
 상기 입력 파라미터를 입력데이터로 하고, 상기 연삭력을 출력데이터로 하는 학습모델을 학습시키는 단계,
 해당 공작물을 양면 연삭하는 상태에서, 양면 연삭 공정 상태에 대한 입력 파라미터를 실시간으로 입력받는 단계,
 상기 입력 파라미터를 상기 학습모델에 적용하여 연삭력을 추정하는 단계,
 상기 추정된 연삭력을 통해 공정 불량 여부를 판단하는 단계, 그리고
 현재 공정이 불량인 것으로 판단되면, 변환된 입력 파라미터를 피드백 제어하는 단계를 포함하는 양면 연삭 공정 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 추정된 연삭력을 통해 공정 불량 여부를 판단하는 단계는,
 기 저장된 레퍼런스 값이 입력된 상태에서, 상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 제1 기준값보다 크고 제2 기준값보다 작으면 현재 공정을 정상상태로 판단하고, 비율이 제1 기준값 이하이거나 제2 기준값 이상이면 현재 공정을 불량인 것으로 판단하는 양면 연삭 공정 제어 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 제1 기준값은 100%보다 작은 값을 가지며, 상기 제2 기준값은 100%보다 높은 값을 가지는 양면 연삭 공정 제어 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 입력 파라미터를 피드백 제어하는 단계는,
 상기 양면 연삭 공정 상태가 불량인 것으로 판단되면, 기 학습된 스마트 제어 알고리즘을 이용하여 입력 파라미터의 크기를 변환시키는 단계,
 상기 변환된 크기의 입력 파라미터를 피드백 제어하는 양면 연삭 공정 제어 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,
 상기 입력 파라미터를 피드백 제어하는 단계는,
 기 저장된 레퍼런스 값이 입력된 상태에서, 상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 제1 기준값 이하인 경우, 상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 상기 제1 기준값보다 커질때까지 상측 및 하측의 연삭 회전수가 단계적으로 감소하도록 입력 파라미터를 제어하는 양면 연삭 공정 제어 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 입력 파라미터를 피드백 제어하는 단계는,

상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 제2 기준값 이상인 경우, 상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 상기 제2 기준값보다 작아질때까지 상측 및 하측의 연삭 회전수가 단계적으로 감소하도록 입력 파라미터를 제어하는 양면 연삭 공정 제어 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 입력 파라미터를 피드백 제어하는 단계는,

상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 제2 기준값보다 큰 제3 기준값 이상이거나 제1 기준값보다 작은 제4 기준값 이하인 경우, 상기 공작물을 폐기 처리하도록 하는 알람 신호를 제공하는 양면 연삭 공정 제어 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 추정된 연삭력과 레퍼런스 값을 실시간으로 디스플레이하는 단계를 더 포함하는 양면 연삭 공정 제어 방법.

청구항 9

디지털 트윈을 기반으로 하는 양면 연삭 공정 제어 시스템에 있어서,

연삭 공정 상태에서 수집된 연삭 깊이, 공작물의 회전수(RPM), 상측 스톨의 연삭 회전수(RPM) 및 하측 스톨의 연삭 회전수(RPM) 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 파라미터를 입력받고, 연삭력 측정 센서를 이용하여 센싱된 연삭력을 입력받으며, 해당 공작물을 양면 연삭하는 상태에서, 양면 연삭 공정 상태에 대한 입력 파라미터를 실시간으로 입력받는 입력부,

상기 입력 파라미터를 입력데이터로 하고, 상기 연삭력을 출력데이터로 하는 학습모델을 학습시키는 학습부,

상기 입력 파라미터를 상기 학습모델에 적용하여 연삭력을 추정하는 연삭력 추정부, 그리고

상기 추정된 연삭력을 통해 공정 불량 여부를 판단하고, 현재 공정이 불량인 것으로 판단되면, 변환된 입력 파라미터를 피드백 제어하는 제어부를 포함하는 양면 연삭 공정 제어 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제어부는,

기 저장된 레퍼런스 값이 입력된 상태에서, 상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 제1 기준값보다 크고 제2 기준값보다 작으면 현재 공정을 정상상태로 판단하고, 비율이 제1 기준값 이하이거나 제2 기준값 이상이면 현재 공정을 불량인 것으로 판단하는 양면 연삭 공정 제어 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1 기준값은 100%보다 작은 값을 가지며, 상기 제2 기준값은 100%보다 높은 값을 가지는 양면 연삭 공정 제어 시스템.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 양면 연삭 공정 상태가 불량인 것으로 판단되면, 기 학습된 스마트 제어 알고리즘을 이용하여 입력 파라미터의 크기를 변환시키고, 상기 변환된 크기의 입력 파라미터를 피드백 제어하는 양면 연삭 공정 제어 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제어부는,

기 저장된 레퍼런스 값이 입력된 상태에서, 상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 제1 기준값 이하인 경우, 상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 상기 제1 기준값보다 커질때까지 상측 및 하측의 연삭 회전수를 단계적으로 감소하도록 입력 파라미터를 제어하는 양면 연삭 공정 제어 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 제2 기준값 이상인 경우, 상기 상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 상기 제2 기준값보다 작아질때까지 상측 및 하측의 연삭 회전수를 단계적으로 증가하도록 입력 파라미터를 제어하는 양면 연삭 공정 제어 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 제2 기준값보다 큰 제3 기준값 이상이거나, 상기 제1 기준값보다 작은 제4 기준값 이하인 경우, 상기 공작물을 폐기 처리하도록 하는 알람 신호를 제공하는 양면 연삭 공정 제어 시스템.

청구항 16

제9항에 있어서,

상기 추정된 연삭력과 레퍼런스 값을 실시간으로 디스플레이하는 디스플레이부를 더 포함하는 양면 연삭 공정 제어 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 디지털 트윈을 기반으로 하는 양면 연삭 공정 제어 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 입력 파라미터를 학습모델에 적용하여 연삭력을 추정하고, 추정된 연삭력을 이용하여 공정 불량 여부를 판단하여 입력 파라미터를 제어하는 디지털 트윈을 기반으로 하는 양면 연삭 공정 제어 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 양면 연삭 공정은 자동차에 사용되는 브레이크 디스크의 제조에 있어 매우 중요한 공정으로, 공정 관리 및 품질 관리는 필수적이다.

[0003] 특히, 양면 연삭은 높은 가공 효율과 우수한 마감 품질로 인해 가장 일반적인 정밀 가공 방법 중 하나이다.

[0004] 다만, 양면가공의 특성상 연삭휠과 공작물이 동시에 회전하므로 종래의 방법으로는 절삭력을 측정하여 공정제어 및 최적화에 활용하는 것이 불가능하다는 문제점이 있다.

- [0005] 그리고, 신뢰할 수 있는 제품 품질을 얻으려면 적절한 공정 매개변수와 공정 제어가 중요하며, 공정 제어는 공정 매개변수를 최적화하기 위해 힘 센서를 설치하여 연삭력의 실시간 모니터링을 구현한다.
- [0006] 하지만, 연삭휠과 공작물이 동시에 회전하기 때문에 힘센서를 장착할 수 없으므로, 작업자는 실험과 경험에 따라 공정 매개변수를 선택해야 하며, 이로 인한 제품 고장은 항상 신뢰할 수 있는 공정 제어 없이 발생한다는 문제점이 있다.
- [0007] 또한, 고장이 발생하면 제품과 공정 매개변수 설정을 다시 살펴보고 공정 매개변수의 올바른 조합을 찾기 위해 다시 시도하는 기존의 시행착오 방법이 사용되나 공정 및 품질 불량률의 제어를 위해 이러한 복잡한 연삭 공정에 적용할 수 있는 적절한 방법이 없으며, 수많은 시행착오로 인한 시간이 낭비되는 문제점이 있다.
- [0008] 따라서, 디지털 트윈 기반으로 실시간 데이터를 통해 제조 자산의 실제 성능 및 작동 조건을 보다 명확하게 파악하고 사전에 최적의 운영 결정을 내릴 수 있는 접근 방식이 필요로 한다.
- [0009] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국 등록특허공보 제10-2166779호 (2020.10.12 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 입력 파라미터를 학습모델에 적용하여 연삭력을 추정하고, 추정된 연삭력을 이용하여 공정 불량 여부를 판단하여 입력 파라미터를 제어하는 디지털 트윈을 기반으로 하는 양면 연삭 공정 제어 시스템 및 그 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면, 디지털 트윈 기반의 양면 연삭 공정 제어 시스템을 이용한 양면 연삭 공정 제어 방법에 있어서, 연삭 공정 상태에서 수집된 연삭 깊이, 공작물의 회전수(RPM), 상측 스톨의 연삭 회전수(RPM) 및 하측 스톨의 연삭 회전수(RPM) 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 파라미터를 입력받는 단계, 연삭력 측정 센서를 이용하여 센싱된 연삭력을 입력받는 단계, 상기 입력 파라미터를 입력데이터로 하고, 상기 연삭력을 출력데이터로 하는 학습모델을 학습시키는 단계, 해당 공작물을 양면 연삭하는 상태에서, 양면 연삭 공정 상태에 대한 입력 파라미터를 실시간으로 입력받는 단계, 상기 입력 파라미터를 상기 학습모델에 적용하여 연삭력을 추정하는 단계, 상기 추정된 연삭력을 통해 공정 불량 여부를 판단하는 단계, 그리고 현재 공정이 불량인 것으로 판단되면, 변환된 입력 파라미터를 피드백 제어하는 단계를 포함한다.
- [0012] 상기 추정된 연삭력을 통해 공정 불량 여부를 판단하는 단계는, 기 저장된 레퍼런스 값이 입력된 상태에서, 상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 제1 기준값보다 크고 제2 기준값보다 작으면 현재 공정을 정상상태로 판단하고, 비율이 제1 기준값 이하이거나 제2 기준값보다 크면 현재 공정을 불량인 것으로 판단할 수 있다.
- [0013] 상기 제1 기준값은 100%보다 작은 값을 가지며, 상기 제2 기준값은 100%보다 높은 값을 가질 수 있다.
- [0014] 상기 입력 파라미터를 피드백 제어하는 단계는, 상기 양면 연삭 공정 상태가 불량인 것으로 판단되면, 기 학습된 스마트 제어 알고리즘을 이용하여 입력 파라미터의 크기를 변환시키는 단계, 상기 변환된 크기의 입력 파라미터를 피드백 제어할 수 있다.
- [0015] 상기 입력 파라미터를 피드백 제어하는 단계는, 기 저장된 레퍼런스 값이 입력된 상태에서, 상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 제1 기준값 이하인 경우, 상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 상기 제1 기준값보다 커질때까지 상측 및 하측의 연삭 회전수가 단계적으로 감소하도록 입력 파라미터를 제어할 수 있다.
- [0016] 상기 입력 파라미터를 피드백 제어하는 단계는, 상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 제2 기준값 이상인 경우, 상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 상기 제2 기준값보다 작아질때까지 상측 및 하측의 연삭 회전수가 단계적으로 증가하도록 입력 파라미터를 제어할 수 있다.
- [0017] 상기 입력 파라미터를 피드백 제어하는 단계는, 상기 레퍼런스 값 대비 상기 추정된 연삭력의 비율이 상기 제2 기준값보다 큰 제3 기준값 이상이거나, 상기 제1 기준값보다 작은 제4 기준값 이하인 경우, 상기 공작물을 폐기 처리하도록 하는 알람 신호를 제공할 수 있다.

[0018] 상기 추정된 연삭력과 레퍼런스 값을 실시간으로 디스플레이하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 디지털 트윈을 기반으로 하는 양면 연삭 공정 제어 시스템에 있어서, 연삭 공정 상태에서 수집된 연삭 깊이, 공작물의 회전수(RPM), 상측 스톨의 연삭 회전수(RPM) 및 하측 스톨의 연삭 회전수(RPM) 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 파라미터를 입력받고, 연삭력 측정 센서를 이용하여 센싱된 연삭력을 입력받으며, 해당 공작물을 양면 연삭하는 상태에서, 양면 연삭 공정 상태에 대한 입력 파라미터를 실시간으로 입력받는 입력부, 상기 입력 파라미터를 입력데이터로 하고, 상기 연삭력을 출력데이터로 하는 학습모델을 학습시키는 학습부, 상기 입력 파라미터를 상기 학습모델에 적용하여 연삭력을 추정하는 연삭력 추정부, 그리고 상기 추정된 연삭력을 통해 공정 불량 여부를 판단하고, 현재 공정이 불량인 것으로 판단되면, 변환된 입력 파라미터를 피드백 제어하는 제어부를 포함한다.

발명의 효과

[0020] 이와 같이 본 발명에 따르면, 학습모델을 통해 연삭력을 추정하고, 추정된 연삭력을 이용하여 입력 파라미터를 제어함으로써, 양면 연삭 공정에서 발생하는 품질 불량 갯수를 감소시킬 수 있다. 그리고, 공정 실패로 인해 스크랩 되는 공작물을 감소시키고, 제조 공장에서의 생산성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 디지털 트윈을 기반으로 하는 양면 연삭 공정 제어 시스템의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 디지털 트윈 기반의 양면 연삭 공정 제어 시스템을 이용한 양면 연삭 공정 제어 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 3은 도 2의 S240 단계를 설명하기 위한 예시도이다.

도 4는 공정 상태가 정상인 상태를 설명하기 위한 예시도이다.

도 5는 공정 상태가 불량인 상태를 설명하기 위한 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계 없는 부분은 생략하였으며 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0023] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0024] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0025] 이하에서는 도 1을 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 디지털 트윈을 기반으로 하는 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)의 구성을 설명한다.

[0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 디지털 트윈을 기반으로 하는 양면 연삭 공정 제어 시스템의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

[0027] 도 1에서 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 입력부(110), 학습부(120), 연삭력 추정부(130), 디스플레이부(140) 및 제어부(150)를 포함한다.

[0028] 먼저, 입력부(110)는 연삭 공정 상태에서 수집된 연삭 깊이, 공작물의 회전수(RPM), 상측 스톨의 연삭 회전수(RPM) 및 하측 스톨의 연삭 회전수(RPM) 중에서 적어도 하나를 포함하는 입력 파라미터를 입력받고, 연삭력 측정 센서를 이용하여 센싱된 연삭력을 입력받는다.

[0029] 그리고, 입력부(110)는 해당 공작물을 양면 연삭하는 상태에서, 양면 연삭 공정 상태에 대한 입력 파라미터를 실시간으로 입력받는다.

[0030] 다음으로, 학습부(120)는 입력 파라미터를 입력데이터로 하고, 연삭력을 출력데이터로 하는 학습모델을 학습시

킨다.

- [0031] 이때, 학습부(120)는 지도 학습을 기반으로 학습모델을 학습시킬 수 있다.
- [0032] 다음으로, 연삭력 추정부(130)는 입력 파라미터를 학습모델에 적용하여 연삭력을 추정한다.
- [0033] 이때, 연삭력 추정부(130)는 해당 공작물을 양면 연삭하는 상태에서 연삭 깊이, 공작물의 회전수(RPM), 상측 슷들의 연삭 회전수(RPM) 및 하측 슷들의 연삭 회전수(RPM) 중에서 적어도 하나를 기 학습된 학습모델에 적용하여 연삭력을 추정한다.
- [0034] 다음으로, 디스플레이부(140)는 추정된 연삭력을 실시간으로 디스플레이한다.
- [0035] 이때, 디스플레이부(140)는 실시간으로 출력되는 추정된 연삭력을 그래프로 시각화하여 디스플레이할 수 있다.
- [0036] 다음으로, 제어부(150)는 추정된 연삭력을 통해 공정 불량 여부를 판단하고, 현재 공정이 불량인 것으로 판단되는 경우에 변환된 입력 파라미터를 피드백 제어한다.
- [0037] 이때, 제어부(150)는 기 저장된 레퍼런스 값이 입력된 상태에서 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 제1 기준값보다 크고 제2 기준값보다 작으면 현재 공정을 정상상태로 판단한다.
- [0038] 그리고, 제어부(150)는 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 제1 기준값 이하이거나 제2 기준값보다 크면 현재 공정을 불량인 것으로 판단한다.
- [0039] 여기서, 제1 기준값은 100%보다 작은 값을 가지며, 제2 기준값은 100%보다 높은 값을 가진다.
- [0040] 그리고, 양면 연삭 공정 상태가 불량인 것으로 판단되면, 제어부(150)는 기 학습된 스마트 제어 알고리즘을 이용하여 입력 파라미터의 크기를 변환시키고, 변환된 크기의 입력 파라미터를 피드백 제어한다.
- [0041] 더욱 자세하게는, 기 저장된 레퍼런스 값이 입력된 상태에서, 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 제1 기준값 이하인 경우, 제어부(150)는 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 제1 기준값보다 커질때까지 상측 및 하측의 연삭 회전수를 단계적으로 감소하도록 입력 파라미터를 제어한다.
- [0042] 그리고, 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 제2 기준값 이상인 경우, 제어부(150)는 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 제2 기준값보다 작아질때까지 상측 및 하측의 연삭 회전수를 단계적으로 증가하도록 입력 파라미터를 제어한다.
- [0043] 또한, 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 제2 기준값보다 큰 제3 기준값 이상이거나, 제1 기준값보다 작은 제4 기준값 이하인 경우, 제어부(150)는 공작물을 폐기 처리하도록 하는 알람 신호를 제공한다.
- [0044] 그리고, 본 발명의 실시예에 따른 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 제어부(150)로부터 상측 및 하측의 연삭 회전수가 감소 또는 증가된 크기만큼 입력 파라미터를 입력부(110)에 입력하여 피드백 제어한다.
- [0045] 이와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 제1 기준값보다 크거나, 제2 기준값 보다 작은 범위에 속할때까지 입력부(110) 내지 제어부(150)에서의 과정을 반복하여 입력 파라미터를 피드백 제어한다.
- [0046] 이하에서는 도 2 내지 도 5를 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 디지털 트윈 기반의 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)을 이용한 양면 연삭 공정 제어 방법에 대하여 설명한다.
- [0047] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 디지털 트윈 기반의 양면 연삭 공정 제어 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0048] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 연삭 공정 상태에서 수집된 입력 파라미터, 연삭력 측정 센서를 이용하여 센싱된 연삭력을 입력받는다(S210).
- [0049] 이때, 입력 파라미터는 연삭 깊이, 공작물의 회전수(RPM), 상측 슷들의 연삭 회전수(RPM) 및 하측 슷들의 연삭 회전수(RPM) 중에서 적어도 하나를 포함한다.
- [0050] 그리고, 연삭력 측정 센서는 모션 센서, AE 센서 등으로 구현될 수 있다.
- [0051] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 입력 파라미터를 입력데이터로 하고, 센싱된 연삭력을 출력데이터로 하는 학습모델을 학습시킨다(S220).
- [0052] 이때, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 지도 학습을 기반으로 하는 인공지능을 이용하여 학습모델을 학습시

킬 수 있다.

- [0053] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 해당 공작물을 양면 연삭하는 상태에서 양면 연삭 공정 상태에 대한 입력 파라미터를 실시간으로 입력받는다(S230).
- [0054] 이때, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 연삭 깊이, 공작물의 회전수(RPM), 상측 스톱의 연삭 회전수(RPM) 및 하측 스톱의 연삭 회전수(RPM) 중에서 적어도 하나를 입력받는다.
- [0055] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 입력 파라미터를 학습모델에 적용하여 연삭력을 추정하여 화면에 표시한다(S240).
- [0056] 이때, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 S230 단계를 통해 기 학습된 학습모델을 이용하여 연삭력을 추정한다.
- [0057] 그리고, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 추정된 연삭력과 기 저장된 레퍼런스 값을 실시간으로 디스플레이 할 수 있다.
- [0058] 도 3은 도 2의 S240 단계를 설명하기 위한 예시도이다.
- [0059] 도 3에서 도시한 바와 같이, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 추정된 연삭력과 레퍼런스 값을 실시간으로 그 래프로 시각화하여 제공할 수 있다.
- [0060] 그리고, 본 발명의 실시예에 따른 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 추정된 연삭력을 통해 공정 불량 여부를 판단한다(S250).
- [0061] 여기서, 기 저장된 레퍼런스(Reference) 값이 입력된 상태에서 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 하한 기준값인 90%보다 크고, 상한 기준값인 110%보다 작은 경우, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 현재 공정 상태를 정상으로 판단한다.
- [0062] 도 4는 공정 상태가 정상인 상태를 설명하기 위한 예시도이다.
- [0063] 도 4의 네모박스에 도시한 바와 같이, 약 1초동안 발생한 추정된 연삭력이 54(N/mm)이고, 레퍼런스 값이 42(N/mm)이라고 가정한다.
- [0064] 그러면, 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 128%로, 상한 기준값인 110%보다 큰 값이나, 일정시간인 3초 이내에 다시 정상 범위에 회귀하므로, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 불순물로 인해 발생한 노이즈로 인식하여 해당 공정 상태를 정상으로 판단할 수 있다.
- [0065] 이때, 본 발명의 실시예에서는 일정시간은 3초로 설정하였으나, 관리자에 의해 변경될 수 있다.
- [0066] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 기 저장된 레퍼런스 값이 입력된 상태에서 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 하한 기준값인 90%이하이거나 상한 기준값인 110%이상일 경우에 현재 공정을 불량인 것으로 판단한다.
- [0067] 이때, 일정시간 이상 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 하한 기준값인 90%이하이거나 상한 기준값인 110%이상 지속되는 경우, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 공정 상태를 불량으로 판단한다.
- [0068] 그리고, 본 발명의 실시예에서는 일정시간을 3초라고 설정하였으나, 관리자에 의해 변경될 수 있다.
- [0069] 도 5는 공정 상태가 불량인 상태를 설명하기 위한 예시도이다.
- [0070] 도 5의 네모박스에서 도시한 바와 같이, 약 4초동안 발생한 추정된 연삭력이 63(N/mm)이고, 레퍼런스 값이 50(N/mm)이라고 가정한다.
- [0071] 그러면, 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 126%이며, 4초동안 상한 기준값인 110% 이상 지속되므로, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 현재 공정 상태를 불량으로 판단한다.
- [0072] 다음으로, 양면 연삭 공정 상태가 불량인 것으로 판단되면, 본 발명의 실시예에 따른 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 기 학습된 스마트 제어 알고리즘을 이용하여 입력 파라미터의 크기를 변환시키고, 변환된 크기의 입력 파라미터를 피드백 제어한다(S260).
- [0073] 더욱 자세하게는, 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 하한 기준값인 90% 이하인 경우, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 기준값인 90%보다 커질때까지 상측 및 하측의 연

삭 회전수를 감소하도록 입력 파라미터를 제어한다.

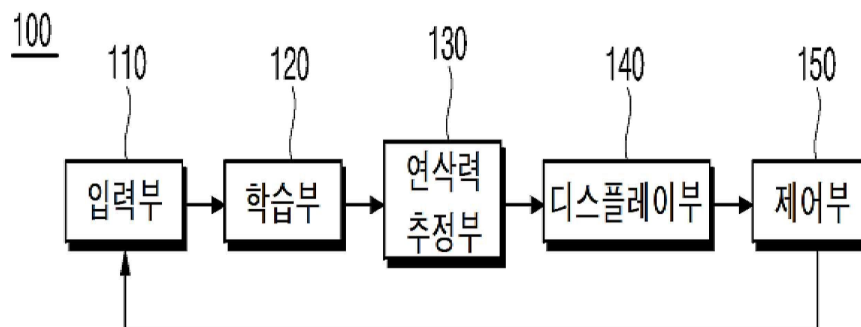
- [0074] 이때, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 상측 및 하측의 연삭 회전수를 8%씩 증가하도록 단계적으로 입력 파라미터를 제어할 수 있다.
- [0075] 그리고, 본 발명의 실시예에서는 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 90%보다 커질때까지 상측 및 하측의 연삭 회전수를 8%씩 증가하도록 설정하였으나, 관리자에 의해 변경될 수 있다.
- [0076] 또한, 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 상한 기준값인 110%이상인 경우, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 기준값인 110%보다 작아질때까지 상측 및 하측의 연삭 회전수가 단계적으로 증가하도록 입력 파라미터를 제어한다.
- [0077] 이때, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 상측 및 하측의 연삭 회전수를 5%씩 감소하도록 단계적으로 입력 파라미터를 제어할 수 있다.
- [0078] 그리고, 본 발명의 실시예에서는 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 110%보다 작아질때까지 상측 및 하측의 연삭 회전수를 5%씩 감소하도록 설정하였으나, 관리자에 의해 변경될 수 있다.
- [0079] 만일, 레퍼런스 값 대비 추정된 연삭력의 비율이 기준값인 115%이상이거나 85%이하인 경우, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 공작물을 폐기 처리하도록 하는 알람 신호를 제공한다.
- [0080] 즉, 이와 같이 공정 상태가 불량 상태로 판단되는 경우, 양면 연삭 공정 제어 시스템(100)은 S260 단계에서 변환된 입력 파라미터를 S210 단계에 입력하여 하한 기준값인 90%보다 크고, 상한 기준값인 110%보다 작은 범위에 속할때까지 반복적으로 상측 및 하측의 연삭 회전수를 감소 또는 증가하도록 입력 파라미터를 제어한다.
- [0081] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, 학습모델을 통해 연삭력을 추정하고, 추정된 연삭력을 이용하여 입력 파라미터를 제어함으로써, 양면 연삭 공정에서 발생하는 품질 불량 갯수를 감소시킬 수 있다. 그리고, 공정 실패로 인해 스크랩 되는 공작물을 감소시키고, 제조 공장에서의 생산성을 향상시킬 수 있다.
- [0082] 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

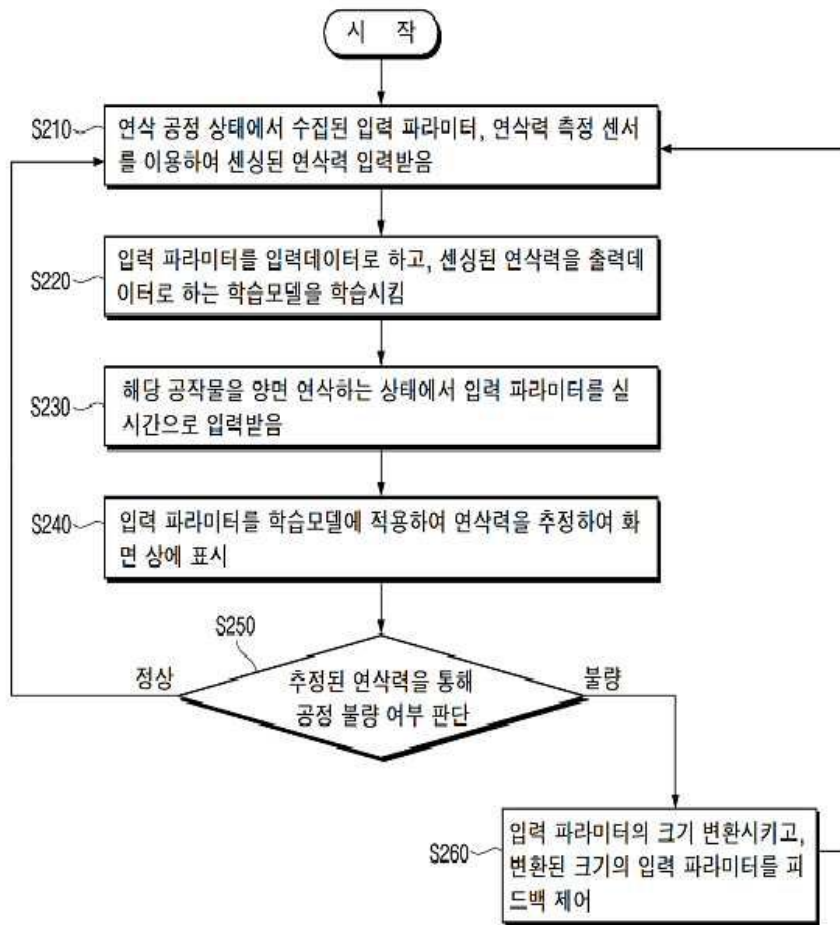
- [0083] 100: 양면 연삭 공정 제어 시스템, 110: 입력부,
120: 학습부, 130: 연삭력 추정부,
140: 디스플레이부, 150: 제어부

도면

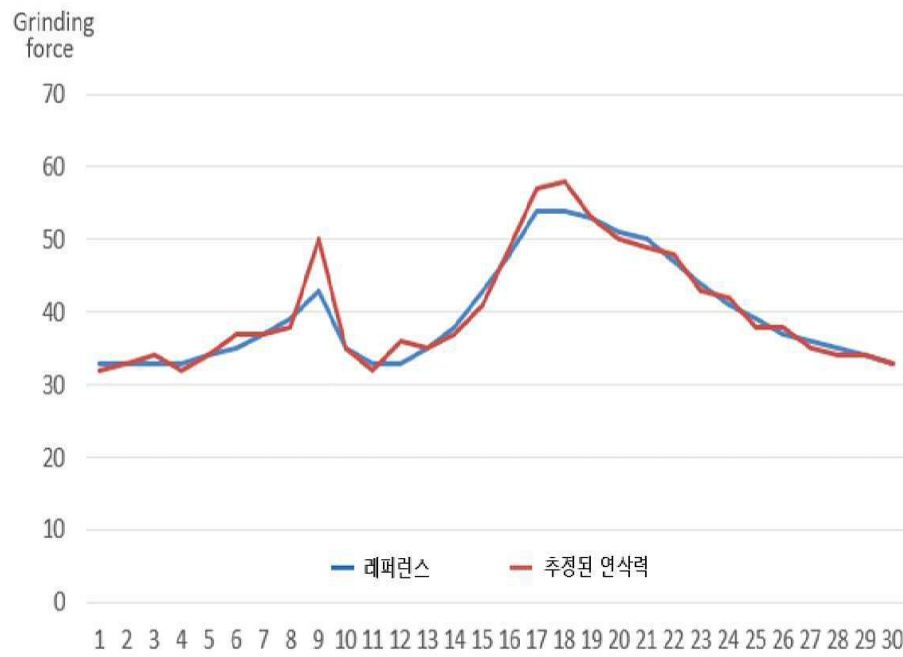
도면1



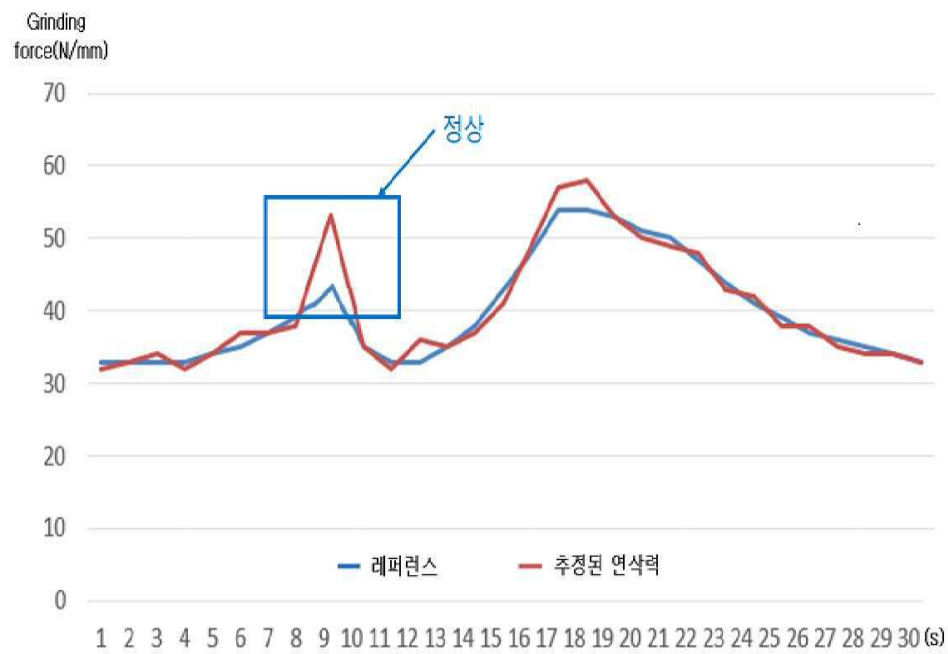
도면2



도면3



도면4



도면5

