(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0158683
(43) 공개일자 2024년11월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B24B 7/17 (2006.01) *B24B 27/00* (2006.01)
B24B 49/02 (2006.01) *B24B 53/007* (2006.01)
H02K 15/04 (2014.01) *H02K 3/14* (2014.01)
(52) CPC특허분류
B24B 7/17 (2013.01)
B24B 27/0007 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0055705
(22) 출원일자 2023년04월27일
심사청구일자 2023년04월27일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
이원균
세종특별자치시 국책연구원1로 15, 901동 1602호 (리버뷰1차아파트)
최성진
경기도 평택시 세교공원로 65, 103동 1202호 (세교동, 태영청솔아파트)
오준영
세종특별자치시 장군면 몸티길 2-22
(74) 대리인
한상수

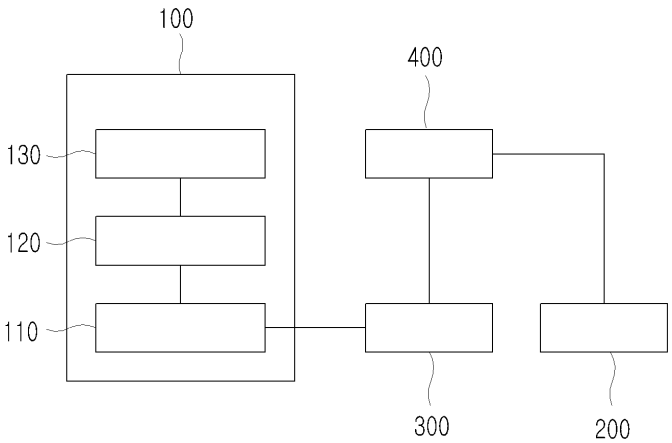
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치 및 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법**

(57) 요 약

본 발명의 일실시예는 모터 헤어핀의 피막을 효과적으로 제거할 수 있는 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치 및 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법을 제공한다. 여기서, 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치는 그라인딩부, 목표 토크 설정부, 로드 토크 측정부 및 제어부를 포함한다. 그라인딩부는 회전하면서 모터 헤어핀의 피막을 그라인딩하는 그라인더와, 그라인더를 회전시키는 회전 구동부와, 그라인더를 이송하는 이송부를 가진다. 목표 토크 설정부는 모터 헤어핀의 피막을 제거하기 위해 그라인더의 목표 토크를 설정한다. 로드 토크 측정부는 그라인더가 모터 헤어핀의 피막을 그라인딩 시에 그라인더의 로드 토크를 실시간으로 측정한다. 제어부는 로드 토크와 목표 토크를 실시간으로 비교하고, 로드 토크가 목표 토크가 되도록 제어한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B24B 49/02 (2013.01)
B24B 53/007 (2013.01)
H02K 15/0421 (2013.01)
H02K 3/14 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415181208
과제번호 20018521
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원
연구사업명 기계장비산업기술개발
연구과제명 친환경자동차 구동모터 헤어핀 스테이터 고정밀 자동 성형 장비 실증
기 여 율 80/100
과제수행기관명 (주)디케이텍인더스트리
연구기간 2022.05.01 ~ 2023.04.30
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415183170
과제번호 P0020616
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술진흥원
연구사업명 산업혁신인재성장지원
연구과제명 스마트 제조장비용 CNC시스템 전문인력양성
기 여 율 20/100
과제수행기관명 한국공작기계산업협회
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

회전하면서 모터 헤어핀의 피막을 그라인딩하는 그라인더와, 상기 그라인더를 회전시키는 회전 구동부와, 상기 그라인더를 이송하는 이송부를 가지는 그라인딩부;

모터 헤어핀의 피막을 제거하기 위해 상기 그라인더의 목표 토크를 설정하는 목표 토크 설정부;

상기 그라인더가 모터 헤어핀의 피막을 그라인딩 시에 상기 그라인더의 로드 토크를 실시간으로 측정하는 로드 토크 측정부; 및

상기 로드 토크와 상기 목표 토크를 실시간으로 비교하고, 상기 로드 토크가 상기 목표 토크가 되도록 제어하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 로드 토크와 상기 목표 토크를 실시간으로 비교하여 토크 차이를 계산하는 토크 차이 계산부와,

상기 토크 차이가 제로가 되도록, 상기 모터 헤어핀 방향을 따라 상기 그라인더의 가공 깊이를 계산하는 가공 깊이 계산부와,

상기 이송부를 제어하여 상기 그라인더를 상기 가공 깊이로 이동시키는 이송 제어부를 가지는 것을 특징으로 하는 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 그라인더의 수명을 판정하는 그라인더 수명 판정부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 그라인더 수명 판정부는,

상기 그라인더에 의해 상기 모터 헤어핀에 가해지는 주분력(grinding force)을 실시간으로 계산하는 주분력 계산부와,

상기 그라인더에 의해 상기 모터 헤어핀에 가해지는 배분력(normal force)을 실시간으로 측정하는 배분력 측정부와,

상기 주분력 및 상기 배분력의 비율인 연삭가공비를 실시간으로 계산하는 연삭가공비 계산부와,

계산되는 상기 연삭가공비를 기설정된 임계 연삭가공비와 실시간으로 비교하고, 상기 연삭가공비가 상기 임계 연삭가공비를 벗어나면 상기 그라인더의 교환 또는 드레싱이 필요한 것으로 판정하는 판정부를 가지는 것을 특징으로 하는 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치.

청구항 5

모터 헤어핀의 피막을 제거하기 위한 그라인더의 목표 토크를 설정하는 목표 토크 설정 단계;

회전되는 상기 그라인더를 모터 헤어핀에 가압하여 모터 헤어핀의 피막을 그라인딩 시에 상기 그라인더의 로드

토크를 실시간으로 측정하는 로드 토크 측정 단계; 및

상기 로드 토크와 상기 목표 토크를 실시간으로 비교하고, 상기 로드 토크가 상기 목표 토크가 되도록 제어하는 로드 토크 제어 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 로드 토크 제어 단계는,

상기 로드 토크와 상기 목표 토크를 실시간으로 비교하여 토크 차이를 계산하는 토크 차이 계산 단계와,

상기 토크 차이가 제로가 되도록, 상기 모터 헤어핀 방향을 따라 상기 그라인더의 가공 깊이를 계산하는 가공 깊이 계산 단계와,

상기 그라인더를 상기 가공 깊이로 이동시키는 그라인더 이동 단계를 가지는 것을 특징으로 하는 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 그라인더의 수명을 판정하는 그라인더 수명 판정 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 그라인더 수명 판정 단계는,

상기 그라인더에 의해 상기 모터 헤어핀에 가해지는 주분력(grinding force)을 실시간으로 계산하는 주분력 계산 단계와,

상기 그라인더에 의해 상기 모터 헤어핀에 가해지는 배분력(normal force)을 실시간으로 측정하는 배분력 측정 단계와,

상기 주분력 및 상기 배분력의 비율인 연삭가공비를 실시간으로 계산하는 연삭가공비 계산 단계와,

계산되는 상기 연삭가공비를 기설정된 임계 연삭가공비와 실시간으로 비교하고, 상기 연삭가공비가 상기 임계 연삭가공비를 벗어나면 상기 그라인더의 교환 또는 드레싱이 필요한 것으로 판정하는 판정 단계를 가지는 것을 특징으로 하는 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치 및 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 모터 헤어핀의 피막을 효과적으로 제거할 수 있는 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치 및 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 헤어핀 모터는 기존의 코일을 활용한 구동 모터와 달리 헤어핀을 사용함으로써 코일 점적률을 극대화할 수 있기 때문에, 출력에서 향상된 성능을 보이고 있어 자동차의 전기 구동 모터로서 사용되고 있다.

[0003] 헤어핀은 동선의 표면에 에나멜 피막이 마련되는데, 헤어핀 모터의 제조 공정 중에는, 스테이터에 삽입된 수백 개의 헤어핀을 용접을 통해 연결하기 위해서 헤어핀 끝부분의 에나멜 피막을 제거하는 공정이 수행된다.

[0004] 통상적으로, 에나멜 피막 제거 공정은 레이저 가공, 프레스를 이용한 전단 가공, 연삭(Grinding) 가공 등에 의해 이루어지고 있다. 레이저 가공은 정밀도가 높으나 가공 모듈의 단가가 높고, 경계면에서의 열영향층 발생 문제가 있다. 프레스를 이용한 전단은 가공 속도가 빠르고 가공 품질이 좋으나 에나멜 피막 제거 후 동선 단면적

의 감소율인 동선 손실률이 높으며, 프레스 금형이 마모됨에 따라 신뢰성이 저하되는 문제가 있다. 연삭 가공은 가공 품질이 좋으나 연삭량의 정밀 제어가 어려워 에나멜 피막이 제거되지 못하고 잔존하거나, 또는 동선의 손실율이 높거나, 또는 공구의 마모 등 공구 상태 변화에 의해 가공 품질이 저하되는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제2235661호(2021.04.02. 공고)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 모터 헤어핀의 피막을 효과적으로 제거할 수 있는 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치 및 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일실시예는 회전하면서 모터 헤어핀의 피막을 그라인딩하는 그라인더와, 상기 그라인더를 회전시키는 회전 구동부와, 상기 그라인더를 이송하는 이송부를 가지는 그라인딩부; 모터 헤어핀의 피막을 제거하기 위해 상기 그라인더의 목표 토크를 설정하는 목표 토크 설정부; 상기 그라인더가 모터 헤어핀의 피막을 그라인딩 시에 상기 그라인더의 로드 토크를 실시간으로 측정하는 로드 토크 측정부; 및 상기 로드 토크와 상기 목표 토크를 실시간으로 비교하고, 상기 로드 토크가 상기 목표 토크가 되도록 제어하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치를 제공한다.

[0009] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 제어부는, 상기 로드 토크와 상기 목표 토크를 실시간으로 비교하여 토크 차이를 계산하는 토크 차이 계산부와, 상기 토크 차이가 제로가 되도록, 상기 모터 헤어핀 방향을 따라 상기 그라인더의 가공 깊이를 계산하는 가공 깊이 계산부와, 상기 이송부를 제어하여 상기 그라인더를 상기 가공 깊이로 이동시키는 이송 제어부를 가질 수 있다.

[0010] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 그라인더의 수명을 판정하는 그라인더 수명 판정부를 더 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 그라인더 수명 판정부는, 상기 그라인더에 의해 상기 모터 헤어핀에 가해지는 주분력(grinding force)을 실시간으로 계산하는 주분력 계산부와, 상기 그라인더에 의해 상기 모터 헤어핀에 가해지는 배분력(normal force)을 실시간으로 측정하는 배분력 측정부와, 상기 주분력 및 상기 배분력의 비율인 연삭가공비를 실시간으로 계산하는 연삭가공비 계산부와, 계산되는 상기 연삭가공비를 기설정된 임계 연삭가공비와 실시간으로 비교하고, 상기 연삭가공비가 상기 임계 연삭가공비를 벗어나면 상기 그라인더의 교환 또는 드레싱이 필요한 것으로 판정하는 판정부를 가질 수 있다.

[0012] 한편, 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일실시예는 모터 헤어핀의 피막을 제거하기 위한 그라인더의 목표 토크를 설정하는 목표 토크 설정 단계; 회전되는 상기 그라인더를 모터 헤어핀에 가압하여 모터 헤어핀의 피막을 그라인딩 시에 상기 그라인더의 로드 토크를 실시간으로 측정하는 로드 토크 측정 단계; 및 상기 로드 토크와 상기 목표 토크를 실시간으로 비교하고, 상기 로드 토크가 상기 목표 토크가 되도록 제어하는 로드 토크 제어 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법을 제공한다.

[0013] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 로드 토크 제어 단계는, 상기 로드 토크와 상기 목표 토크를 실시간으로 비교하여 토크 차이를 계산하는 토크 차이 계산 단계와, 상기 토크 차이가 제로가 되도록, 상기 모터 헤어핀 방향을 따라 상기 그라인더의 가공 깊이를 계산하는 가공 깊이 계산 단계와, 상기 그라인더를 상기 가공 깊이로 이동시

키는 그라인더 이동 단계를 가질 수 있다.

[0014] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 그라인더의 수명을 판정하는 그라인더 수명 판정 단계를 더 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 그라인더 수명 판정 단계는, 상기 그라인더에 의해 상기 모터 헤어핀에 가해지는 주분력(grinding force)을 실시간으로 계산하는 주분력 계산 단계와, 상기 그라인더에 의해 상기 모터 헤어핀에 가해지는 배분력(normal force)을 실시간으로 측정하는 배분력 측정 단계와, 상기 주분력 및 상기 배분력의 비율인 연삭가공비를 실시간으로 계산하는 연삭가공비 계산 단계와, 계산되는 상기 연삭가공비를 기설정된 임계 연삭가공비와 실시간으로 비교하고, 상기 연삭가공비가 상기 임계 연삭가공비를 벗어나면 상기 그라인더의 교환 또는 드레싱이 필요한 것으로 판정하는 판정 단계를 가질 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 실시예에 따르면, 측정되는 로드 토크와 미리 설정된 목표 토크를 실시간으로 비교하고, 로드 토크가 목표 토크를 추종하도록 제어함으로써, 모터 헤어핀의 모제인 동선의 손실률을 줄이면서 효과적으로 피막을 제거할 수 있다.

[0017] 본 발명의 효과는 상기한 효과로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 상세한 설명 또는 청구범위에 기재된 발명의 구성으로부터 추론 가능한 모든 효과를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치를 나타낸 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치의 그라인딩부를 중심으로 나타낸 예시도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치의 제어부를 중심으로 나타낸 구성도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치에서 제어부를 중심으로 설명하기 위한 예시도이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치에서 주분력을 나타낸 그래프이다.

도 6은 도 5의 주분력에 따른 그라인딩 부분을 나타낸 사진이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치 및 비교예에서의 주분력 및 가공 깊이를 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치의 그라인더 수명 판정부를 나타낸 구성도이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치에서 그라인더 수명 판정부를 중심으로 설명하기 위한 예시도이다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치에서 연삭가공비를 나타낸 그래프이다.

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법을 나타낸 흐름도이다.

도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법에서 로드 토크 제어 단계를 나타낸 흐름도이다.

도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법에서 그라인더 수명 판정 단계를 나타낸 흐름도이다.

도 14는 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법에서 그라인더 수명 판정 단계의 다른 예를 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시예로 한정되는 것은 아니다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0020] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결(접속, 접촉, 결합)"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다.

[0021] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0022] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치를 나타낸 구성도이고, 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치의 그라인딩부를 중심으로 나타낸 예시도이다.

[0024] 먼저, 본 발명에 따른 그라인딩 장치는 전기 구동 모터에 사용되는 모터 헤어핀(10)의 피막(12)을 제거하기 위한 것이다. 본 발명의 그라인딩 장치에 의해 가공되는 모터 헤어핀(10)은 모제(11)와, 모제(11)의 표면에 마련되는 피막(12)을 가지는 것일 수 있다. 통상적으로 모제는 구리 선으로 형성되고, 피막은 에나멜 피막일 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 모제 및 피막을 가지는 형태의 모터 헤어핀이라면, 본 발명의 그라인딩 장치에 의해 가공되는 대상에 포함될 수 있다.

[0025] 도 1 및 도 2에서 보는 바와 같이, 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치는 그라인딩부(100), 목표 토크 설정부(200), 로드 토크 측정부(300) 및 제어부(400)를 포함할 수 있다.

[0026] 그라인딩부(100)는 그라인더(110), 회전 구동부(120) 및 이송부(130)를 가질 수 있다.

[0027] 그라인더(110)는 회전하면서 모터 헤어핀의 피막을 그라인딩하여 제거할 수 있다. 그리고, 회전 구동부(120)는 그라인더(110)를 회전시킬 수 있으며, 이송부(130)는 그라인더(110)를 이송할 수 있다.

[0028] 목표 토크 설정부(200)는 모터 헤어핀의 피막을 제거하기 위해 그라인더의 목표 토크를 설정할 수 있다.

[0029] 그리고, 로드 토크 측정부(300)는 그라인더(110)가 모터 헤어핀의 피막을 그라인딩 시에 그라인더(110)의 로드 토크를 실시간으로 측정할 수 있다.

[0030] 제어부(400)는 측정되는 로드 토크와 미리 설정된 목표 토크를 실시간으로 비교하고, 로드 토크가 목표 토크가 되도록 제어할 수 있다. 이를 통해, 그라인더(110)는 모터 헤어핀의 피막을 일정한 토크, 즉 목표 토크로 그라인딩할 수 있으며, 모터 헤어핀의 모제인 동선의 손실률을 줄이면서 효과적으로 피막을 제거할 수 있다.

[0031] 상세히, 그라인더(110a,110b)는 모터 헤어핀(10)의 양측에 한 쌍으로 구비될 수 있다. 한 쌍의 그라인더(110a,110b)는 제1방향(A1)을 따라 이격 배치될 수 있다.

[0032] 회전 구동부(120a,120b)는 그라인더(110a,110b)를 각각 회전시킬 수 있다.

[0033] 회전 구동부(120a,120b)는 각각 모터(미도시)를 포함할 수 있으며, 모터는 그라인더(110a,110b)에 결합되는 구동축(121a,121b)을 가지고, 그라인더(110a,110b)가 회전되도록 회전력을 제공할 수 있다.

[0034] 그리고, 이송부(130)는 제1이송가이드(131), 제2이송가이드(132) 및 제3이송가이드(133)를 가질 수 있다.

[0035] 모터 헤어핀(10)을 기준으로 상측의 회전 구동부(120a) 및 그라인더(110a)는 제1이송가이드(131)에 의해 제2방향(A2)으로 이동될 수 있고, 제3이송가이드(133)에 의해 제1방향(A1)으로 이동될 수 있다. 그리고, 모터 헤어핀(10)을 기준으로 하측의 회전 구동부(120b) 및 그라인더(110b)는 제2이송가이드(132)에 의해 제2방향(A2)으로 이동될 수 있다.

[0036] 한 쌍의 그라인더(110a,110b)는 제2방향(A2)으로 이동하면서 피막(12)을 제거할 수 있다. 그리고, 상측의 그라인더(110a)가 제1방향(A1)으로 이동하는 깊이에 따라 그라인더(110a,110b)의 로드 토크는 변화할 수 있다.

[0037] 도시되지 않은 공급장치에 의해, 모터 헤어핀(10)은 매 사이클 타임마다 모터 헤어핀(10) 한 개의 길이만큼 제3방향(A3)으로 공급된 후 고정될 수 있다.

[0038] 목표 토크 설정부(200)는 모터 헤어핀(10)의 피막(12)을 제거하기 위한 최적의 토크로 목표 토크를 설정할 수 있다. 목표 토크는 모터 헤어핀의 종류, 그라인더의 종류, 그라인더의 목표 회전수 등에 따라 정해질 수 있다.

[0039] 로드 토크 측정부(300)는 그라인더(110a,110b)가 모터 헤어핀(10)의 피막(12)을 그라인딩 시에, 그라인더(110a,110b)에서의 실제 토크, 즉 로드 토크(Load Torque)를 측정할 수 있다. 로드 토크 측정부(300)는 실시간으로 로드 토크를 측정할 수 있다.

[0040] 한편, 그라인더의 목표 토크가 정해지고, 이에 따라 그라인더가 회전되더라도, 그라인더가 피막을 그라인딩할 때 측정되는 로드 토크는 목표 토크와 다를 수 있다. 제어부(400)는 실시간으로 측정되는 로드 토크를 목표 토크와 실시간으로 비교하고, 측정되는 로드 토크가 목표 토크를 추종하도록 제어할 수 있다.

[0041] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치의 제어부를 중심으로 나타낸 구성도이고, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치에서 제어부를 중심으로 설명하기 위한 예시도이다.

[0042] 도 3 및 도 4에서 보는 바와 같이, 제어부(400)는 토크 차이 계산부(410), 가공 깊이 계산부(420) 및 이송 제어부(430)를 가질 수 있다.

[0043] 토크 차이 계산부(410)는 그라인딩 공정 중 측정되는 로드 토크(L_T)와, 미리 설정된 목표 토크(Reference Torque)(T_R)를 실시간으로 비교하여 토크 차이를 계산(411)할 수 있다.

[0044] 그리고, 가공 깊이 계산부(420)는 토크 차이가 제로가 되도록, 모터 헤어핀 방향을 따라, 즉, 제1방향(A1)을 따라 그라인더의 가공 깊이를 계산할 수 있다. 가공 깊이 계산부(420)는 미리 도출되어 있는 적분제어 게인(421)을 이용한 적분 제어(422)를 통해 가공 깊이(423)를 계산할 수 있다.

[0045] 그러면, 이송 제어부(430)는 이송부(130, 도 1 참조)를 제어하여 그라인더를 가공 깊이(423)로 이동시킬 수 있다. 가공 깊이(423)는 플러스 값을 가지거나, 마이너스 값을 가질 수 있다.

[0046] 플러스 값의 가공 깊이(423)가 모터 헤어핀을 향하는 방향이고 계산된 가공 깊이가 플러스 값이면, 그라인더는 피막을 더욱 가압하도록 이동될 수 있다. 반면, 계산된 가공 깊이가 마이너스 값이면, 그라인더는 피막에 대한 가압이 줄어들도록 이동될 수 있다.

[0047] 이송 제어부(430)는 가공 깊이(423)가 클수록 그라인더의 이송 속도를 높여 그라인더가 빨리 해당 가공 깊이로 이동되도록 할 수 있다. 그리고, 이송 제어부(430)는 그라인더가 해당 가공 깊이에 근접하게 이동할수록 이송 속도는 낮춰 그라인더가 가강 깊이에 정확하게 위치되도록 할 수 있다.

[0048] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치에서 주분력을 나타낸 그래프이고, 도 6은 도 5의 주분력에 따른 그라인딩 부분을 나타낸 사진이다.

[0049] 도 6의 모터 헤어핀은 동선 단면이 2.8 mm × 1.2 mm, 피막을 포함한 경우 단면은 3.2 mm × 1.6 mm 로, 실제 친환경 자동차용 헤어핀 모터에 사용되는 규격의 에나멜 동선을 사용하였다.

[0050] 그리고, 회전 구동부의 모터의 구동축 회전속도는 3,000 RPM으로 설정하였으며, 그라인더의 제2방향(A2) 이송속도는 헤어핀 모터 생산 자동화 장비의 사이클 타임을 고려하여 90 mm/min으로 설정하였다.

[0051] 도 5는 가공 깊이를 일정하게 증가시키면서 그라인딩 했을 때의 주분력(Grinding force)의 측정 결과이고, 도 6은 도 5의 (a) 내지 (c) 각각의 주분력으로 그라인딩 가공된 헤어핀의 사진이다.

[0052] 도 5의 (a) 및 도 6의 (a)에서 보는 바와 같이, 그라인더가 피막(12)에 접촉은 했지만 가공 깊이가 충분하지 않은 경우, 그라인딩된 부분(13)에서는 피막이 남아있다. 그리고, 도 5의 (b) 및 도 6의 (b)에서 보는 바와 같이, 주분력이 0.5 N인 경우, 피막과 동선이 동시에 가공되기 시작함을 알 수 있다. 한편, 도 5의 (c) 및 도 6의 (c)에서 보는 바와 같이, 주분력이 1 N을 초과하게 되면 동선의 평균 상하 폭이 약 1.0 mm로, 0.2 mm의 동선이 제거되어 손실률이 증가함을 알 수 있다.

[0053] 그라인더의 토크는 주분력과 그라인더의 반지름의 곱이므로, 그라인더의 주분력과 토크가 비례 관계에 있음을 고려할 때, 가공 깊이를 적절하게 제어하여 주분력의 크기를 조절함으로써 측정 토크가 목표 토크를 추종하도록 할 수 있다.

[0054] 앞에서 주분력이 0.5 N인 경우, 피막과 동선이 동시에 가공되기 시작하고 동선 손실률도 저감됨을 확인했기 때문에, 목표 주분력을 0.54 N으로 설정하고, 그라인더의 지름이 50 ㎜인 점을 반영하여, 목표 토크를 0.0135 Nm으로 설정하였다.

[0055] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치 및 비교예에서의 주분력 및 가공 깊이를 나타낸 그래프이다.

[0056] 목표 주분력(21)을 0.54 N으로 하고, 목표 토크를 0.0135 Nm으로 설정하여 본 발명에 따른 그라인딩 장치를 구동하였을 때, X축(제1방향)을 따르는 가공 깊이(30)를 조절함으로써(도 7의 (b) 참조) 측정되는 주분력(20)은 목표 주분력(21)과 거의 유사하게 유지되었다(도 7의 (a) 참조). 이를 통해, 측정 토크가 목표 토크를 거의 추종하였고, 동선 손실률은 9.7 % 로 우수하였다.

[0057] 반면, 본 발명에 따른 그라인딩 장치의 제어 알고리즘을 적용하지 않고 그라인딩 장치를 구동하였을 때는, X축(제1방향)을 따르는 가공 깊이(31)를 조절하지 않음으로써(도 7의 (b) 참조), 측정되는 주분력(22)은 목표 주분력(21)에서 벗어났다(도 7의 (a) 참조). 즉, 측정 토크가 목표 토크를 추종하지 못하였고, 이로 인해, 동선 손실률은 30.5 %로, 본 발명에서의 동선 손실률 9.7 %보다 높았다.

[0058] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치의 그라인더 수명 판정부를 나타낸 구성도이고, 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치에서 그라인더 수명 판정부를 중심으로 설명하기 위한 예시도이다.

[0059] 도 8 및 도 9에서 보는 바와 같이, 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치는 그라인더의 수명을 판정할 수 있는 그라인더 수명 판정부(500)를 더 포함할 수 있다.

[0060] 그라인더 수명 판정부(500)는 주분력 계산부(510), 배분력 측정부(520), 연삭가공비 계산부(530) 및 판정부(540)를 가질 수 있다.

[0061] 주분력 계산부(510)는 그라인더(110a)에 의해 모터 헤어핀에 가해지는 주분력(F_G)을 실시간으로 계산할 수 있다. 주분력(F_G)은 측정되는 로드 토크(L_T)로부터 계산될 수 있다.

[0062] 배분력 측정부(520)는 그라인더(110a)에 의해 모터 헤어핀에 가해지는 배분력(normal force)(F_N)을 실시간으로 측정할 수 있다. 배분력 측정부(520)는 로드 셀일 수 있다. 도 9에는 로드 셀이 동선의 하부에 마련되는 것으로 도시되었지만, 이는 로드 셀의 위치를 간략하게 표현한 것이고, 구체적으로는, 로드 셀은 헤어핀의 하부를 그라인딩 하는 그라인더가 결합되는 회전 구동부에 구비될 수 있다.

[0063] 연삭가공비 계산부(530)는 주분력(F_G) 및 배분력(F_N)의 비율인 연삭가공비를 실시간으로 계산할 수 있다.

[0064] 주분력(F_G) 및 배분력(F_N)의 비율인 연삭가공비는 그라인더와 헤어핀 사이의 마찰계수로, 그라인더 표면 상태의 영향을 받을 수 있다. 따라서, 연삭가공비를 통해 그라인더 상태가 모니터링될 수 있고, 이를 기초로 그라인더의 수명을 판정하여 그라인더의 교체 시점, 나아가 교체 주기를 알 수 있다.

[0065] 판정부(540)는 계산되는 연삭가공비를 기설정된 임계 연삭가공비와 실시간으로 비교하고, 연삭가공비가 임계 연삭가공비를 벗어나면 그라인더의 교환 또는 드레싱이 필요한 것으로 판정할 수 있다. 임계 연삭가공비는 비범위값 또는 범위값으로 설정될 수 있다.

[0066] 그리고, 그라인더 수명 판정부(500)는 표시부(550)를 더 포함할 수 있으며, 표시부(550)는 판정부(540)의 판정 결과를 표시할 수 있다. 표시부(550)는 영상, 이미지 등을 통해 시각적으로 표시하는 것에 한정되지 않고, 경고음, 알람음 등으로 청각적으로 표시하는 것을 모두 포함할 수 있다. 표시부(550)는 판정 결과를 표시하여 작업자에게 그라인더의 교환 또는 드레싱 시점 등을 알릴 수 있다.

[0067] 나아가, 그라인더 수명 판정부(500)는 추세 기록부(560) 및 잔존 수명 예상부(570)를 더 포함할 수 있다.

[0068] 추세 기록부(560)는 실시간으로 계산되는 연삭가공비의 추세를 기록할 수 있다.

[0069] 그리고, 잔존 수명 예상부(570)는 연삭가공비의 추세를 기초로, 그라인더의 잔존 수명을 예상할 수 있다.

[0070] 표시부(550)는 잔존 수명 예상부(570)가 예상한 그라인더의 잔존 수명도 표시할 수 있다.

[0071] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 장치에서 연삭가공비를 나타낸 그래프이다.

[0072] 여기서에는, 헤어핀 대신 알루미늄 6061 시편을 사용하고, 그라인더 회전속도 3,000 RPM, 가공 깊이 0.025 mm, 그라인더의 제2방향 이송 속도 90 mm/min 의 조건으로 그라인딩을 하였고, 연삭가공비(R_G)를 식(1)을 통해 구하였다.

[0073] 식(1) --- $R_G = ((T_{load} - T_{no-load})/r)/F_N$

[0074] 여기서, R_G는 연삭가공비, T_{load}는 그라인더가 시편에 접촉되었을 때의 로드 토크, $T_{no-load}$는 무부하 상태의 로드 토크, r은 그라인더의 반지름, F_N은 배분력이다.

[0075] 비교적 안정적으로 주분력 및 배분력이 측정되고 있는 가공 면적(Machining area) 400 ㎟ 이상에서의 연삭가공비(Grinding force ratio)를 보면, 그라인딩 시간이 증가할수록 연삭가공비가 감소하는 추세를 보임을 알 수 있다.

[0076] 이를, 도 8 및 도 9에서 설명한 그라인더 수명 판정부(500)에 적용해보면, 판정부(540)는 도 10에서와 같이 계산되는 연삭가공비가 미리 설정된 임계 연삭가공비를 벗어나면 그라인더의 교환 또는 드레싱이 필요한 것으로 판정할 수 있다. 또는, 잔존 수명 예상부는 도 10에서와 같이 계산되는 연삭가공비의 추세를 기초로 그라인더의 잔존 수명을 예상할 수 있다. 그러면, 작업자는 그라인더의 교환 필요 유무, 드레싱 필요 유무, 또는 예상되는 그라인더의 잔존 수명을 근거로 그라인더의 교환 시점을 알 수 있다.

[0077] 이하에서는, 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법에 대해서 설명한다.

[0078] 후술할 방법은 명확성을 위해 일련의 번호가 붙여진 단계로 묘사가 되지만 번호 순서가 각 단계의 순서를 지정하는 것은 아니다. 이들 단계 중 일부는 스킵되거나, 병렬로 수행되거나, 엄격히 전후 순서를 유지할 필요 없이 수행될 수 있다. 그러나, 일반적으로 이 방법은 표시된 단계의 번호 순서에 따라 진행될 수 있다.

[0079] 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법을 나타낸 흐름도이다.

[0080] 도 11에서 보는 바와 같이, 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법은 목표 토크 설정 단계(S610), 로드 토크 측정 단계(S620) 및 로드 토크 제어 단계(S630)를 포함할 수 있다.

[0081] 목표 토크 설정 단계(S610)는 모터 헤어핀의 피막을 제거하기 위한 그라인더의 목표 토크를 설정하는 단계일 수 있다.

[0082] 로드 토크 측정 단계(S620)는 회전되는 그라인더를 모터 헤어핀에 가압하여 모터 헤어핀의 피막을 그라인딩 시에 그라인더의 로드 토크를 실시간으로 측정하는 단계일 수 있다.

[0083] 그리고, 로드 토크 제어 단계(S630)는 로드 토크와 목표 토크를 실시간으로 비교하고, 로드 토크가 목표 토크가 되도록 제어하는 단계일 수 있다.

[0084] 도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법에서 로드 토크 제어 단계를 나타낸 흐름도이다.

[0085] 도 12에서 보는 바와 같이, 로드 토크 제어 단계(S630)는 토크 차이 계산 단계(S621), 가공 깊이 계산 단계(S622) 및 그라인더 이동 단계(S623)를 포함할 수 있다.

[0086] 토크 차이 계산 단계(S621)는 로드 토크와 목표 토크를 실시간으로 비교하여 토크 차이를 계산하는 단계일 수 있다.

[0087] 그리고, 가공 깊이 계산 단계(S622)는 토크 차이가 제로가 되도록, 모터 헤어핀 방향을 따라 그라인더의 가공 깊이를 계산하는 단계일 수 있다.

[0088] 그라인더 이동 단계(S623)는 그라인더를 가공 깊이로 이동시키는 단계일 수 있으며, 이를 통해, 연삭 부하인 주분력이 일정하게 유지될 수 있고, 그라인더의 로드 토크는 목표 토크를 추종할 수 있다.

[0089] 도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법에서 그라인더 수명 판정 단계를 나타낸 흐름도이다.

[0090] 도 13에서 보는 바와 같이, 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법은 그라인더의 수명을 판정하는 그라인더 수명 판정 단계(S640)를 더 포함할 수 있다.

[0091] 그리고, 그라인더 수명 판정 단계(S640)는 주분력 계산 단계(S641), 배분력 측정 단계(S642), 연삭가공비 계산 단계(S643) 및 판정 단계(S644)를 포함할 수 있다.

[0092] 주분력 계산 단계(S641)는 그라인더에 의해 모터 헤어핀에 가해지는 주분력을 실시간으로 계산하는 단계일 수 있다.

[0093] 그리고, 배분력 측정 단계(S642)는 그라인더에 의해 모터 헤어핀에 가해지는 배분력을 실시간으로 측정하는 단계일 수 있다.

[0094] 연삭가공비 계산 단계(S643)는 주분력 및 배분력의 비율인 연삭가공비를 실시간으로 계산하는 단계일 수 있다.

[0095] 그리고, 판정 단계(S644)는 계산되는 연삭가공비를 기설정된 임계 연삭가공비와 실시간으로 비교하고, 연삭가공비가 임계 연삭가공비를 벗어나면 그라인더의 교환 또는 드레싱이 필요한 것으로 판정하는 단계일 수 있다.

[0096] 또한, 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법은 표시 단계(S645)를 더 포함할 수 있는데, 표시 단계(S645)는 판정 단계(S644)에서의 판정 결과를 표시하는 단계일 수 있다.

[0097] 도 14는 본 발명의 일실시예에 따른 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법에서 그라인더 수명 판정 단계의 다른 예를 나타낸 흐름도이다.

[0098] 도 14에서 보는 바와 같이, 모터 헤어핀의 피막 제거를 위한 그라인딩 제어방법은 추세 기록단계(S646) 및 잔존 수명 예상 단계(S647)를 더 포함할 수 있다.

[0099] 추세 기록단계(S646)는 연삭가공비 계산 단계(S643)에서 실시간으로 계산되는 연삭가공비의 추세를 기록하는 단계일 수 있다.

[0100] 그리고, 잔존 수명 예상 단계(S647)는 연삭가공비의 추세를 기초로, 그라인더의 잔존 수명을 예상하는 단계일 수 있다.

[0101] 표시 단계(S645)는 잔존 수명 예상 단계(S647)에서 예상하는 그라인더의 잔존 수명을 더 표시할 수 있다.

[0102] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0103] 본 발명의 범위는 후술하는 청구범위에 의하여 나타내어지며, 청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0104] 10: 모터 헤어핀 11: 모제

12: 피막 100: 그라인딩부

110,110a,110b: 그라인더 120,120a,120b: 회전 구동부

130: 이송부 200: 목표 토크 설정부

300: 로드 토크 측정부 400: 제어부

410: 토크 차이 계산부 420: 가공 깊이 계산부

430: 이송 제어부 500: 그라인더 수명 판정부

510: 주분력 계산부 520: 배분력 측정부

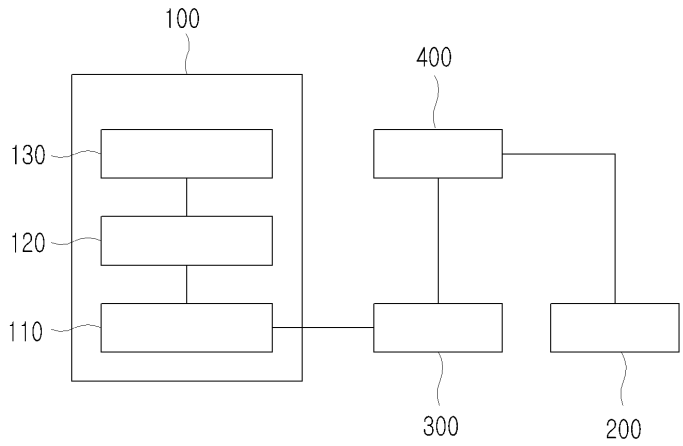
530: 연삭가공비 계산부 540: 판정부

550: 표시부 560: 추세 기록부

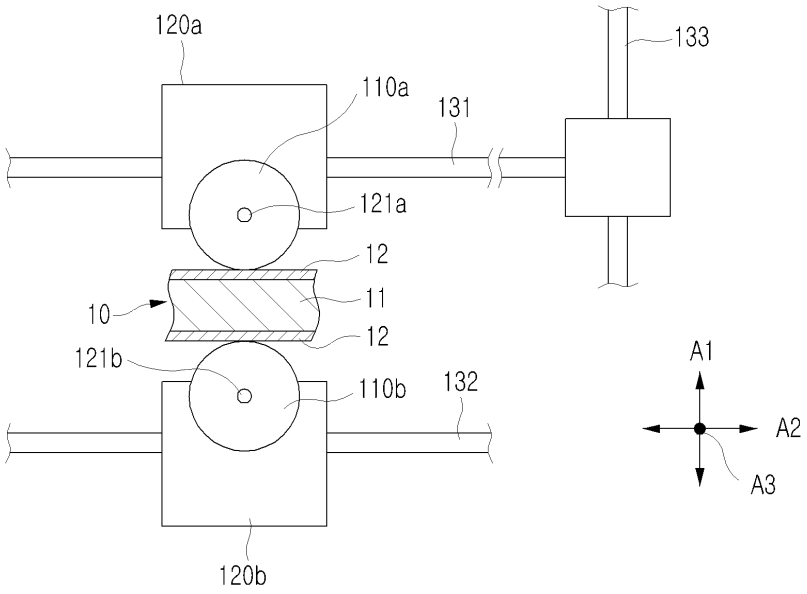
570: 잔존 수명 예상부

도면

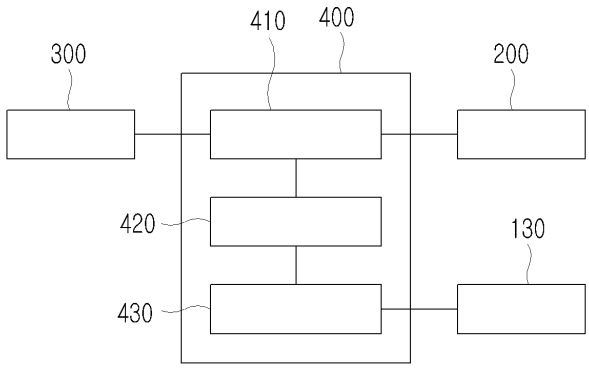
도면1



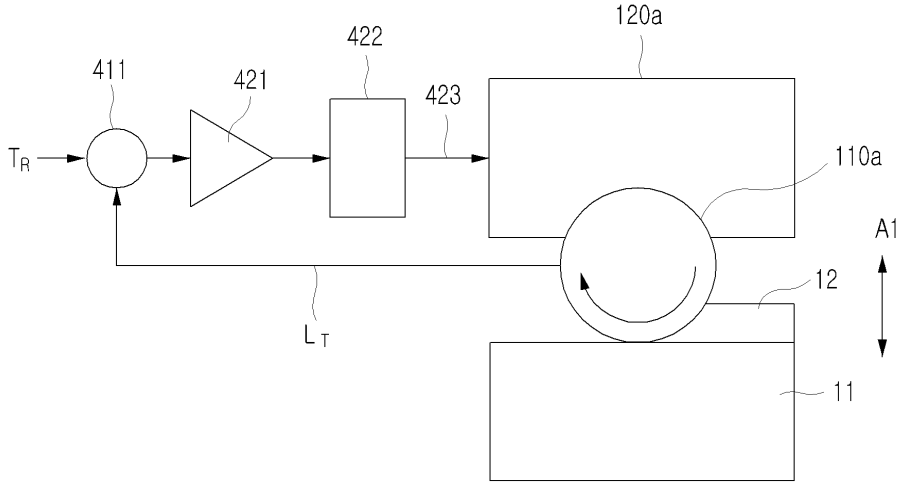
도면2



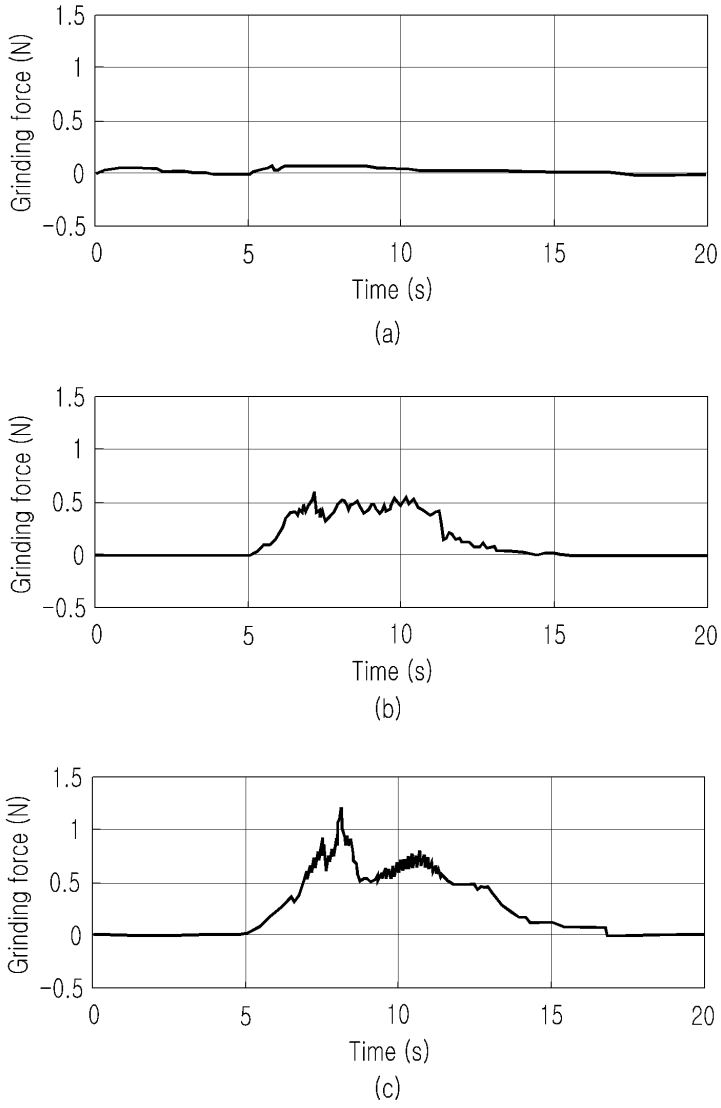
도면3


300
410
400
200
420
130
430

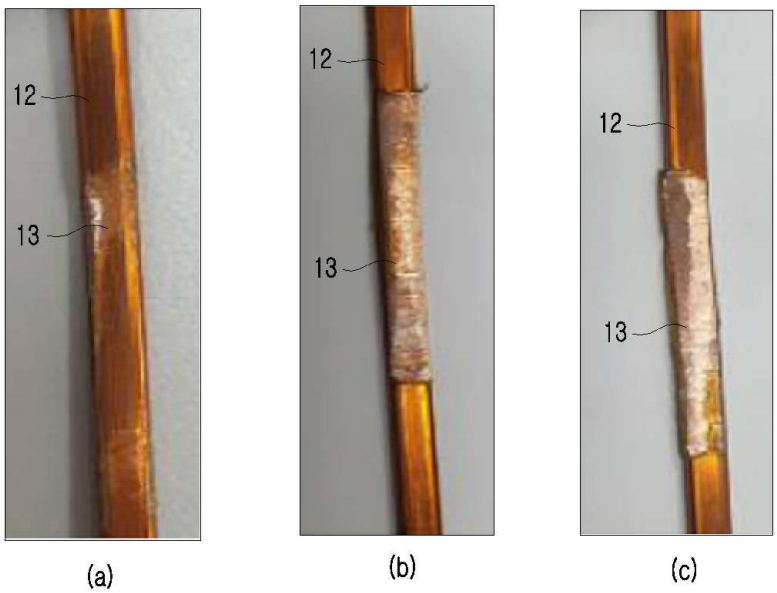
도면4


120a
422
411
421
423
T_R
110a
A1
12
L_T
11

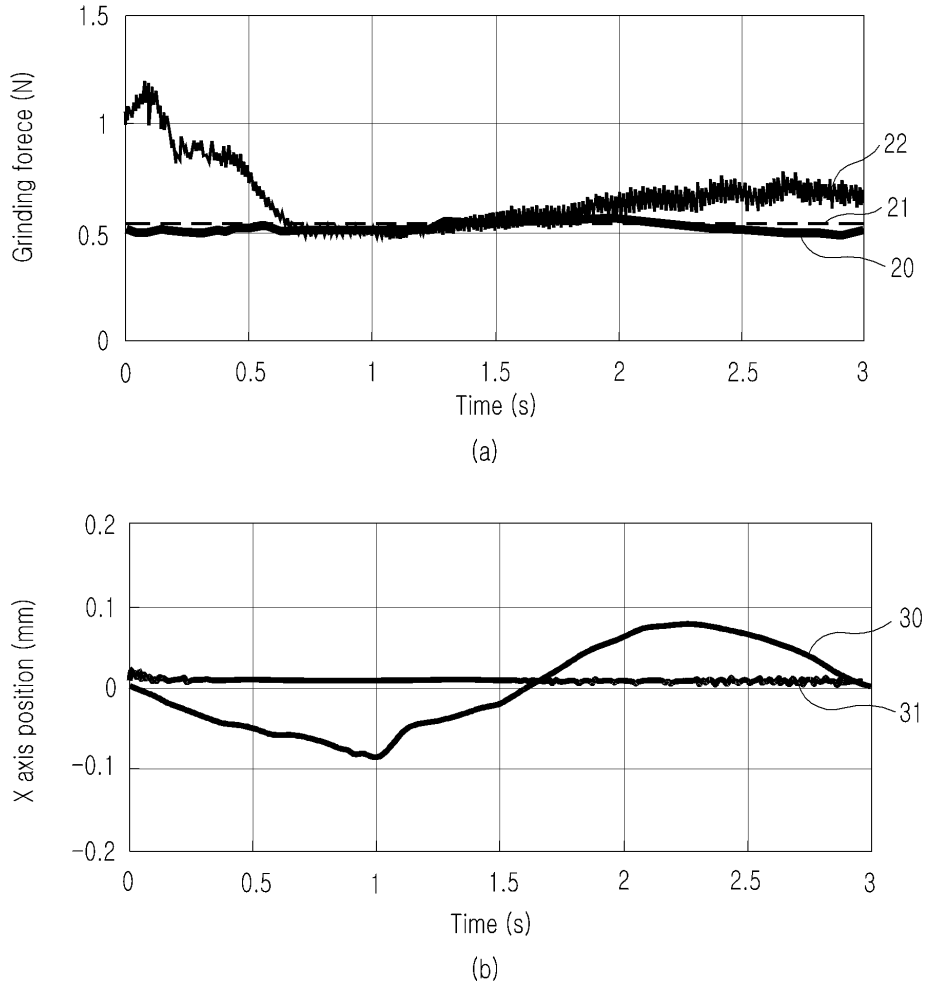
도면5


Grinding force (N)
1.5
1
0.5
0
-0.5
0
5
10
15
20
Time (s)
(a)
Grinding force (N)
1.5
1
0.5
0
-0.5
0
5
10
15
20
Time (s)
(b)
Grinding force (N)
1.5
1
0.5
0
-0.5
0
5
10
15
20
Time (s)
(c)

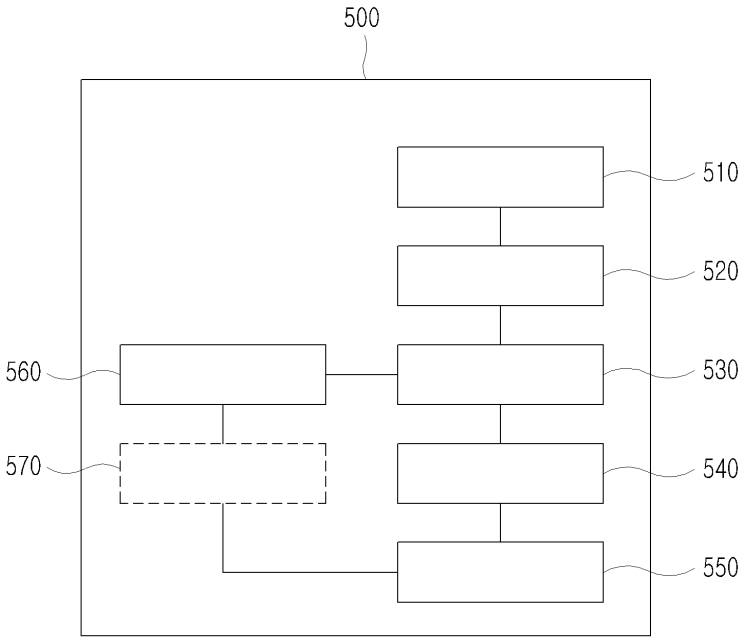
도면6


12
13
12
13
12
13
(a)
(b)
(c)

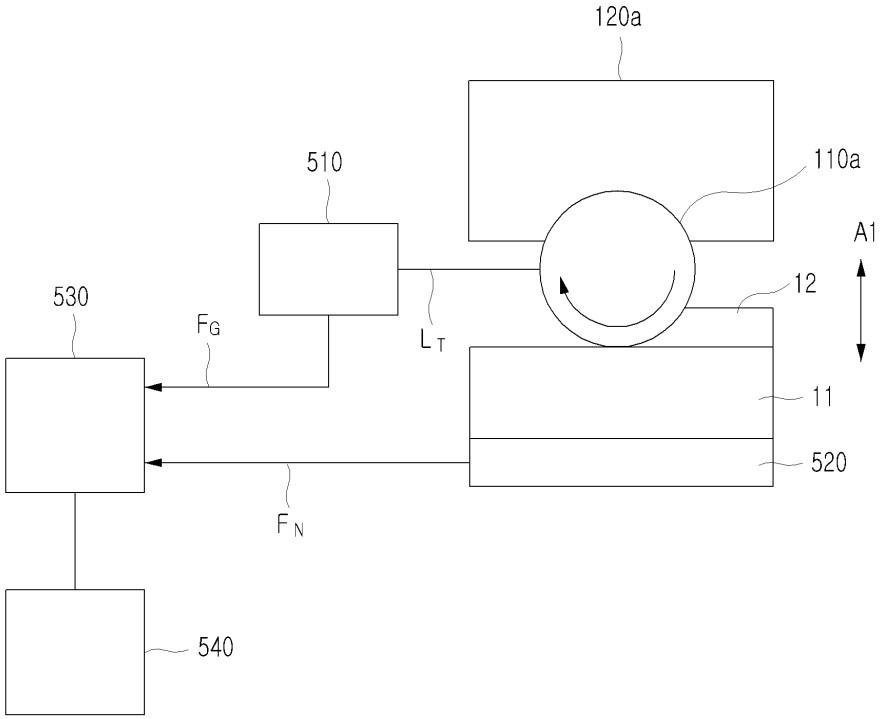
도면7


Grinding forece (N)
1.5
1
0.5
0
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
Time (s)
22
21
20
(a)
X axis position (mm)
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
Time (s)
30
31
(b)

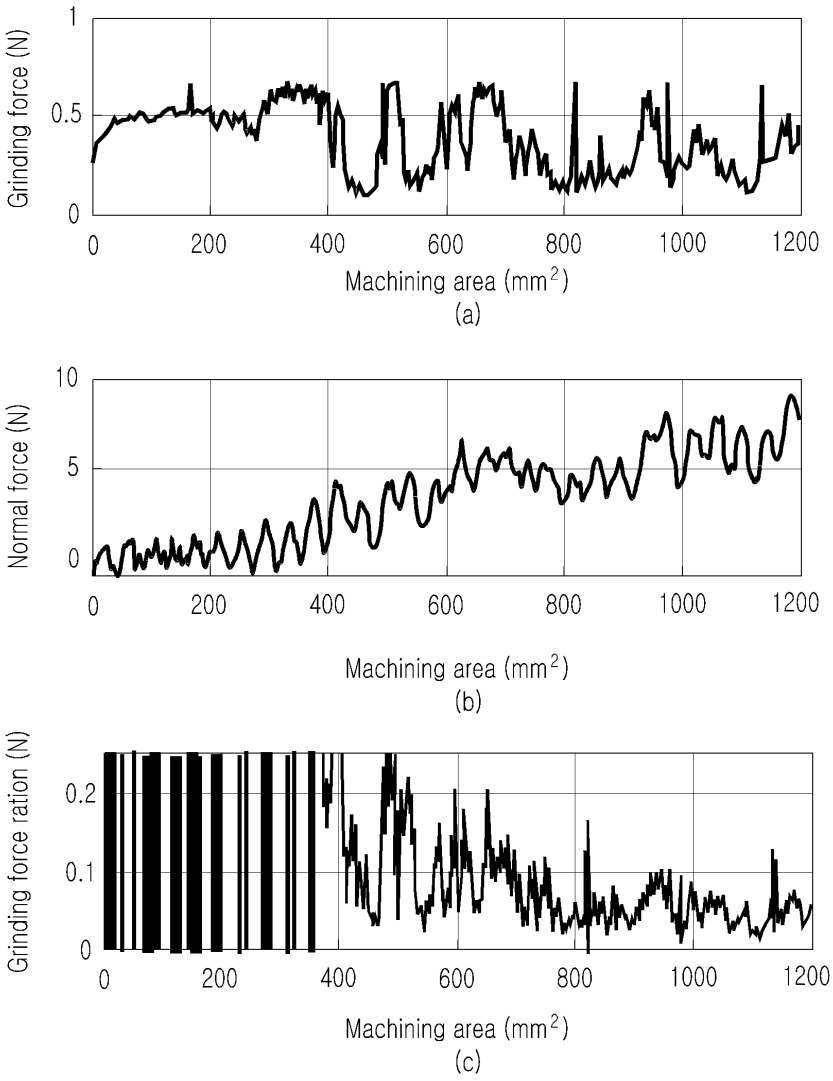
도면8


500
510
520
560
530
570
540
550

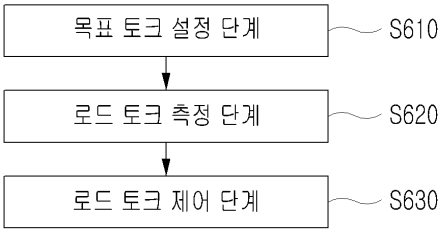
도면9


120a
110a
510
A1
530
12
FG
LT
11
520
FN
540

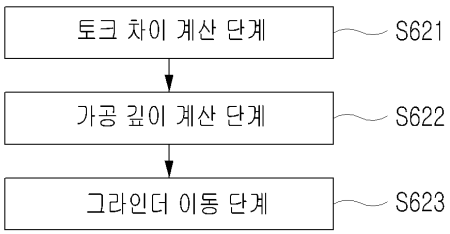
도면10


Grinding force (N)
1
0.5
0
0
200
400
600
800
1000
1200
Machining area (mm²)
(a)
Normal force (N)
10
5
0
0
200
400
600
800
1000
1200
Machining area (mm²)
(b)
Grinding force ration (N)
0.2
0.1
0
0
200
400
600
800
1000
1200
Machining area (mm²)
(c)

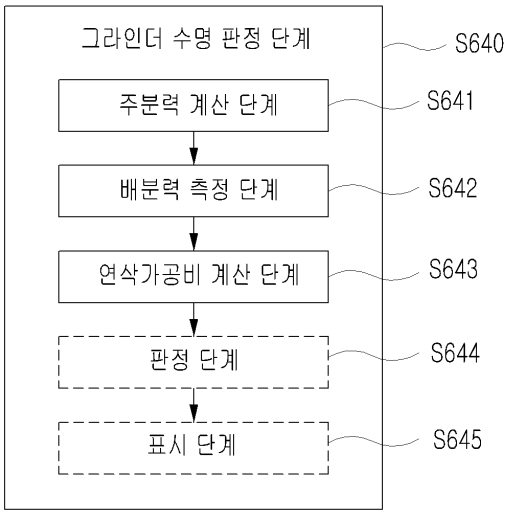
도면11


목표 토크 설정 단계
S610
로드 토크 측정 단계
S620
로드 토크 제어 단계
S630

도면12



도면13



도면14

