(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0051773
(43) 공개일자 2009년05월22일

(51) Int. Cl.
B24B 33/06 (2006.01) *B24B 49/00* (2006.01)
B24B 33/08 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7006809
(22) 출원일자 2009년04월02일
심사청구일자 없음
번역문제출일자 2009년04월02일
(86) 국제출원번호 PCT/US2007/019344
국제출원일자 2007년09월05일
(87) 국제공개번호 WO 2008/030463
국제공개일자 2008년03월13일
(30) 우선권주장
60/842,321 2006년09월05일 미국(US)

(71) 출원인
썬넨프러덕츠캄파니
미국,미주리63143,세인트루이스,멘체스터 애비뉴 7910
(72) 발명자
모엔, 데이비드, 엠.
미국 일리노이 62002, 알톤, 에드워드 2206
클라우티어, 다니엘, 알.
미국 아이오와 50325, 클리브, 엔더블유 123 스트리트 1625
호스, 티모시, 피.
미국 미주리 63376, 에스티. 피터스, 오번 서클 4
(74) 대리인
장훈

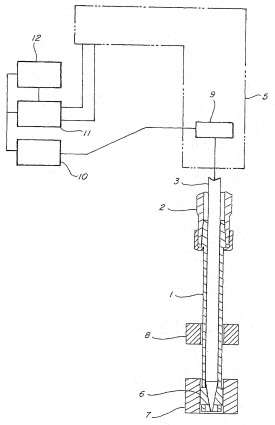
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 이송력 감지장치가 설비된 호닝 공급 시스템을 사용하는 프리 및 포스트 프로세스의 보어 측정 감지

(57) 요 약

본 발명에 따른 방법은 프로세스 제어, 특히 공구 또는 숫돌 마모량 및 다른 요소들, 프로세스 데이터 수집을 위한 보상을 개선하기 위하여, 프리 및 포스트 프로세스 모두에서 워크피스들의 보어들의 크기를 정확하고 균일하게 결정하기 위한 능력을 제공한다. 본 방법은 소정 속도와 같은 소정 방식으로 보어 내에서 공구를 전개시키는 단계를 포함하는, 제어된 정적 상태의 비호닝 상태에서 호닝 공구로 워크피스 보어 및 보정 링 또는 샘플 워크피스 보어 모두에서의 모든 필요한 보어 측정을 한다. 본 발명에 따른 방법은 단일 공구에 의해서 다중 워크피스들을 마무리된 크기로 호닝하기 위한, 그리고 다중 스핀들 적용을 위한 활용도를 가진다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

공구에 대해서 작용하는 이송력을 측정할 수 있는 호닝 기계 이송 시스템에 조립된 호닝 공구를 사용하여 호닝된 워크피스의 보어 크기 및 공구의 이송 위치를 표시하는 이송 시스템 위치를 결정하는 방법으로서,

소정 이송력에 도달할 때까지 정적 상태에서 워크피스의 보어 내의 공구를 전개시키고, 이송 시스템 위치를 측정하는 단계;

소정 이송력에 도달할 때까지 정적 상태에서 알려진 크기의 보어 내에 공구를 배치하고 상기 공구를 전개시키며, 이송 시스템 위치를 측정하는 단계;

워크피스 보어 내의 공구에 대한 측정된 이송 시스템 위치 및 알려진 크기의 보어 내의 공구에 대한 측정된 이송 시스템 위치의 함수로서, 워크피스의 보어의 크기를 표시하는 값을 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

정적 프로세스 제어에 대한 워크피스의 보어 크기를 표시하는 값을 사용하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 워크피스의 보어의 호닝 이전에,

상기 워크피스의 보어를 호닝하기 위한 예상 숫돌 마모량을 표시하는 값을 결정하는 단계;

예상 숫돌 마모량을 표시하는 값 및 목표 크기의 함수로서 목표 크기에 대하여 워크피스의 보어를 호닝하기 위해 목표 이송 시스템 위치를 결정하는 단계; 및

상기 목표 이송 시스템 위치에 도달할 때까지 워크피스의 보어를 호닝하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 예상 숫돌 마모량을 표시하는 값이 상기 목표 이송 시스템 위치에 대하여 보어를 호닝함으로써 제거될 숫돌량의 함수로서 결정되는, 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 예상 숫돌 마모량을 표시하는 값은 적어도 부분적으로 적어도 미리 호닝된 워크피스에 대한 숫돌 마모량의 측정값으로부터 결정되는, 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 공구를 전개시키는 단계는 소정 속도로 공구를 전개시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

워크피스의 보어 내의 공구에 대한 측정된 이송 시스템 위치 및 알려진 크기의 보어 내의 공구에 대한 측정된 이송 시스템 위치의 함수로서 이송 시스템 보상값을 결정하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

차후 호닝 단계에 대한 예상 숫돌 마모량을 나타내는 값 및 이송 시스템 보상값의 함수로서 목표 이송 시스템 위치를 결정하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

다른 워크피스의 보어를 호닝하기 위한 목표 이송 시스템 위치를 결정하기 위하여 이송 시스템 보상값을 사용하는 추가 단계를 포함하는, 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

알려진 크기의 보어는 샘플 워크피스 또는 보정 링의 보어를 포함하는, 방법.

청구항 11

공구에 대해서 작용하는 이송력을 측정할 수 있는 호닝 기계 이송 시스템에 조립된 호닝 공구 및 공구의 이송 위치를 표시하는 이송 시스템 위치를 사용하여 워크피스의 보어를 호닝하는 방법으로서,

소정 이송력에 도달할 때까지 정적 상태에서 워크피스의 보어 내의 공구를 전개시키고, 이송 시스템 위치를 측정하는 단계;

보어로부터 제거될 스톡의 함수로서 공구 마모량에 대한 소정값 및 적어도 측정된 이송 시스템 위치, 목표 크기의 함수로서 목표 크기에 대해서 보어를 호닝하기 위한 공구 마모량에 대한 예상 이송 시스템 보상값을 결정하는 단계;

공구 마모량에 대한 예상값 및 목표 크기의 함수로서, 보어를 호닝하기 위한 목표 이송 시스템 위치를 결정하는 단계; 및

목표 이송 시스템 위치에 도달할 때까지 보어를 호닝하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 공구를 전개시키는 단계에서, 상기 공구는 소정 속도로 전개되는, 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

소정 이송력에 도달할 때까지, 소정 속도로 정적 상태에서 호닝된 보어에서 상기 공구를 후퇴시키고, 그후에 상기 공구를 전개시키며, 상기 이송 시스템 위치를 측정하는 단계;

소정 이송력에 도달할 때까지, 소정 속도로 정적 상태에서 알려진 크기의 보어에 상기 공구를 위치시키고 상기 공구를 전개시키며, 상기 이송 시스템 위치를 측정하는 단계; 및

알려진 크기의 보어에서 상기 공구에 대한 적어도 측정된 이송 시스템 위치 및 호닝된 보어의 공구에 대한 측정된 이송 시스템 위치의 함수로서 이송 시스템 보상값을 결정하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 공구 마모량에 대한 소정값은 적어도 두개의 프리 워크피스의 호닝 보어로부터 공구 마모량의 결정으로부터 결정되는, 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

공구 마모량의 결정은 프리 워크피스의 보어의 최종 크기, 목표 크기의 측정, 스톡 제거의 축적된 측정 및 보어 크기 보상의 축적된 측정으로부터 유래되는, 방법.

청구항 16

공구의 이송 위치를 나타내는 이송 시스템 위치 및 공구에 작용하는 이송력을 측정할 수 있는 호닝 기계 이송 시스템에 조립된 호닝 공구를 사용하여 복수의 워크피스들의 보어들을 목표 크기로 자동으로 호닝하기 위한 방법으로서,

워크피스들의 적어도 일부의 보어들을 각각 호닝하기 전에, 소정 이송력에 도달할 때까지, 정적 상태에서 워크피스의 보어 내의 공구를 소정 방식으로 전개하고, 이송 시스템 위치를 측정하는 단계;

상기 보어들의 적어도 일부의 호닝 사이에, 상기 공구를 알려진 크기의 보어에 위치시키고, 소정 이송력에 도달할 때까지, 정적 상태에서 상기 공구를 소정 방식으로 전개시키고, 상기 이송 시스템 위치를 측정하는 단계; 및

예상 숫돌 마모량의 값 및 측정된 이송 시스템 위치들의 함수로서, 상기 워크피스들의 각 보어들을 목표 크기로 각각 호닝하기 위하여 목표 이송 시스템 위치를 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 예상 숫돌 마모량의 값은 상기 보어를 호닝함으로써 상기 보어로부터 제거될 재료량의 함수로서 결정되는, 방법.

청구항 18

제 1 공구의 이송 위치를 나타내는 이송 시스템 위치 및 제 1 공구에 작용하는 이송력을 측정할 수 있는 제 1 호닝 기계 이송 시스템에 조립된 적어도 제 1 호닝 공구와, 제 2 공구의 이송 위치를 나타내는 이송 시스템 위치 및 제 2 공구에 작용하는 이송력을 측정할 수 있는 제 2 호닝 기계 이송 시스템에 조립된 적어도 제 2 호닝 공구를 포함하는 호닝 공구들을 사용하여 복수의 워크피스들의 보어들을 각각 자동으로 호닝하기 위한 방법으로서,

제 1 공구를 사용하여 워크피스들의 적어도 하나의 보어들을 호닝한 후에, 그리고 제 2 공구를 사용하여 워크피스들의 상기 적어도 하나의 보어들을 호닝하기 전에, 소정 이송력에 도달할 때까지, 정적 상태에서 워크피스들의 적어도 상기 하나의 보어 내의 제 2 공구를 소정 방식으로 전개하고, 제 2 공구의 상기 이송 시스템 위치를 측정하는 단계; 및

예상 숫돌 마모량의 값 및 제 2 공구의 측정된 이송 시스템 위치의 함수로서, 제 1 이송 시스템에 대한 보상값을 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

명 세 서

기 술 분 야

<1> 본 발명은 2006년 9월 5일자 출원된 미국 임시 출원 번호 제 60/842,321호의 유익을 청구한다.

<2> 본 발명은 일반적으로 호닝(hone)될 보어 및 호닝 이후의 보어 측정(bore gaging)에 관한 것이며, 특히 개선된 정확성을 달성하는 것과 같은 목적을 위하여 호닝 기계의 이송 시스템의 이송력 감지 능력을 사용하여 보어 측정하고 호닝 보상을 위한 예측된 공구 마모량을 보상하는 것에 관한 것이다.

배 경 기 술

<3> 현재 계류중이고 발명의 명칭이 이송력, 속도 및 위치에 대한 완전 제어 기능을 갖는 호닝 이송 시스템인 클라우티어(Cloutier) 등의 미국 특허 출원 일련 번호 제 11/596,836호 및 2006년 9월 5일자 출원된 미국 임시 출원 번호 제 60/842,321호는 본원에서 참고로 전체적으로 합체되었다.

<4> 현재 선넨 프로덕츠 캄퍼니로부터 구매가능한 일부 신규 모델의 호닝 기계는 호닝 프로세스의 제어 및 결과를

개선하기 위하여 이송력 감지 장치를 사용한다. 이 용어는 이송력, 속도 및 위치에 대한 완전 제어 기능을 갖는 호닝 이송 시스템인, 클라우티어 등의 상술한 계류중인 미국 국제 특허 출원에 상세하게 기술된다.

<5> 본질적으로, 본 발명에 따라서, 상술한 계류중인 특허 출원에 기재된 이송 시스템의 유형 및 이송력 감지 기능을 가진 다른 이송 시스템은 본원에서는 용어 "보어"로 상호교환가능하게 기재된 마무리 보어 또는 구멍을 신뢰성있는 프리 및 포스트 프로세스에 측정하도록 호닝 공구와 연계하여 사용될 수 있다. 또한, 상기 단계 동안 기계 제어 컴퓨터에 의해서 모아져서 처리되는 데이터는 호닝 공구의 연마 마모량에 대하여 정확하게 보상하는데 사용될 수 있다.

<6> 현재의 보어 측정 방법은 일반적으로 포스트 프로세스 방법(post-process method) 및 인 프로세스 방법(in-process method)으로 분류될 수 있다. 인 프로세스 방법은 일반적으로 공구 안으로 분리되거나 또는 제조되어서 프로세스 동안 보어를 측정하는 공기 측정기(air gauge probe) 또는 프로세스 동안 보어 안으로 들어가는 플러그 게이지(plug gauge)로 구성된다. 포스트 프로세스 측정은 보어로 들어가서 여러번 판독하는 자동화된 공기 측정기에 대하여 보어에 보어 게이지를 수동으로 배치하는 것으로부터 정교성이 변화될 수 있다. 마무리된 보어의 크기를 측정하기 위하여 임의의 전용 측정 부착물이 결여된 공구 자체가 사용되는 공지된 방법은 존재하지 않는다.

<7> 과거에, 대부분의 호닝 이송 시스템은 이송력 및 이송 위치 모두를 정확하게 측정하는 성능을 갖지 않았다. 이송 시스템의 소자들 및 호닝 공구는 완전하게 단단하지 않고 어느 정도 탄력성을 나타내므로, 힘 및 위치가 정확하게 측정되지 않으면, 호닝 이송 시스템을 보어 측정 시스템으로서 사용하는 것은 비실용적이다.

<8> 종래 기술의 한 보기는 힘 및 위치 측정을 모두 조합한다. 유럽 특허 제 0 575 675B1[그림(Grimm) 등의 워크피스에서의 보어를 마무리하기 위한 방법 및 기계]는 호닝 프로세스가 시작되기 전에 [최종 인코더 위치]의 목표 및 지점을 결정하기 위한 이송력 측정 장치를 사용하는 것이다. 이 방법은 원하는 최종 보어 크기와 동일한 보어 크기로 제조된 보정 링(calibration ring)[또는 샘플 워크피스]을 사용한다. 호닝 공구는 임의의 레벨의 힘이 이송력 측정 장치에서 측정될 때까지 상기 보정 링의 보어에서 전개된다. 공구로부터 발생하는 에러 및 이송 시스템의 탄성을 최소화하기 위하여, 최종 호닝 사이클의 최종 기록된 이송력이 사용된다. 이 힘이 보정 링의 공구에 도달할 때, 이송 시스템의 위치는 다음 호닝 사이클을 위한 목표 위치로서 기록된다.

<9> 그림(Grimm) 등의 상기 공보에서 관찰된 단점은 호닝된 보어의 포스트 프로세스 측정이 원하는 보어 크기의 달성을 보장(verify)하지 않는다는 것이다. 따라서, 호닝 프로세스의 정확성을 개선하는 것과 같은 목적을 위하여 정확한 프로세스 데이터를 모으는 기계 제어 시스템에 대해서 성능이 제공되지 않는다.

<10> 그림 등의 상기 공보에서 관찰된 다른 단점은 정적 상태 및 동적 상태에서 행해진 측정들 사이의 차이가 표시되거나 또는 인식되지 않는 것이다. 그림 등의 보정 링에서, 이송력 및 위치는 정적 상태에서 상대 회전 및/또는 공구 및 워크피스의 스트로크없이 워크피스 보어에서 측정되고, 호닝 프로세스의 동적 상태에서도 측정되며 즉, 호닝 공구가 적어도 회전할 수 있으며 공구 및 보어 사이에서 상대 스트로킹 동작이 있을 수 있다. 경험적으로, 동적 상태에서 기록된 힘 및 위치는 정확하게 동일 레벨의 힘이 정적 상태에 적용될 때와 동일한 보어 측정으로 귀결되지 않는다는 것이 제시되었다.

<11> 또한, 그림 등의 공보에서, 공구 마모량에 대한 보상은 적어도 하나의 워크피스가 호닝되기 전후의 보정 링에서 취해진 이송 위치 측정값 사이의 차이에 기초하여 주기적으로 이루어지고, 따라서 다른 단점으로서, 영향을 받는 즉시 워크피스 또는 워크피스들에 보상이 적용되지 않고, 대신 차후에 워크피스가 호닝가공되는 것이다.

발명의 상세한 설명

<12> 따라서, 본 발명이 추구하는 것은 호닝된 워크피스의 보어들의 프리 및 포스트 프로세스의 측정 능력이고, 이는 원하는 보어 크기를 입증하고 기계 제어 시스템의 성능이 호닝 프로세스의 정확도를 개선하고 공구 마모량에 대한 보상을 포함하며 목적을 위한 정확한 프로세스 데이터를 수집할 수 있게 한다.

<13> 본 발명에 따라서, 호닝 전에 보어 크기를 입증하고, 제거될 스톡 또는 재료의 양을 포함하는 원하는 마무리 보어 크기에 도달하기 위해 호닝 변수를 더욱 정확하게 결정할 수 있는 프리 및 포스트 프로세스 모두에서 워크피스들의 보어들을 측정하고, 공구 마모를 수반하며, 기계 제어 시스템이 호닝 프로세스의 정확도를 개선하는 것을 포함하는 목적을 위하여 정확한 프로세스 데이터를 모으는 능력이 공개된다.

<14> 본 발명의 양호한 형태에 따라서, 본 발명은 모든 비교적인 보어를 측정한다. 즉, 정적 상태에서 워크피스 보어 및 보정 링 또는 샘플 워크피스 보어를 측정한다.

<15> 본 발명의 다른 양호한 형태에 따라서, 본 발명은 호닝 동작에서 워크피스로부터 제거될 스톡(stock) 또는 재료의 양의 함수로서 워크피스가 호닝되기 전에 공구 마모량을 보상한다.

실 시 예

<21> 도 1에 있어서, 호닝 공구(1)는 호닝 기계(도시생략)의 스핀들(2)에 고정되고, 상기 기계는 예를 들어 연마 보어의 마무리 프로세스에 대한 모든 일반적으로 필요한 동작[스핀들 회전 및 스핀들 또는 워크피스의 축방향 왕복 운동]을 제공하는 임의의 다양한 기계일 수 있다. 호닝 공구는 이송 시스템(5)에 의해서 축방향으로 구동되는 웨지(wedge;3)를 수용한다. [이송 시스템의 하나의 가능한 실시예의 상세 구성은 도 5에 도시되고, 공개된 특히 클라우티어 등의 호닝 이송 시스템은 본원에서 참고로 합체된 이송력, 이송 속도 및 위치에 대한 완전 제어 기능을 가진다.] 웨지의 단부는 연마 숫돌(6)을 지탱하고, 그에 의해서 숫돌을 워크피스(7)의 보어 안으로 이송한다.

<22> 웨지 및 이송 시스템에 나타나는 이송력은 (필요하다면) 전기 신호를 뒤로 증폭기(10)로 전송하는 로드 셀(load cell;9)에 의해서 측정된다. 파워 및 신호가 증폭기 및 호닝 기계 컴퓨터 제어부(12) 사이에서 컴퓨터 제어 모터 구동부(11)로 이동한다. 상기 장치들의 제어부는 신호를 발생시켜서 이송 시스템(5)의 일부 다른 구동 요소 또는 이송 모터를 정확하게 제어한다.

<23> 본 발명에 따른 방법의 일 실시예의 단계들을 나타내는 흐름도(13)를 포함하는 도 4에 있어서, 한 그룹의 워크피스들을 호닝할 때, 제 1 워크피스는 어느 정도 호닝되어서 마무리된 크기로 되거나 또는 마무리된 크기에 근접해야 한다. 이는 임의의 수의 종래 초기화 기술을 사용함으로써 행해질 수 있다. [이러한 하나의 방법은 하기에 기술되고, 클라우티어 등의 호닝 이송 시스템은 본원에서 참고로 합체된 이송력, 이송 속도 및 위치에 대한 완전 제어 기능을 가진다.]

<24> 제 1 워크피스의 호닝이 종료될 때, 스핀들 및 스트로킹 동작이 중지된다. 이송 시스템은 그때 연마 숫돌(6)을 후퇴시킨다. 그후 이송 시스템은 워크피스(7)의 동일 보어 내의 숫돌을 다시 한번 전개(expand)하도록 이동하고, 그러나 이때, 전개가 정적 상태에 있으며, 즉 호닝 공구의 상대 회전 및/또는 왕복운동없이, 워크피스가 실제 호닝을 위하여 사용되며, 여기서 재료 또는 스톡이 보어의 표면으로부터 제거된다. 전개는 로드 셀(9)이 힘의 소정 레벨 또는 목표 레벨에 도달했다는 것을 감지할 때까지 임의의 소정 속도로 진행된다. 여기서, [이송 시스템의 인코더에 의해서 결정되는] 이송 시스템의 위치는 목표 이송 시스템 위치로 기록된다. 전개동작의 소정 속도는 힘의 목표 레벨에 도달할 때 나타나는 위치 측정의 정확성을 위하여 최적화된 것일 수 있으며 위치의 신뢰성있는 값이 측정될 수 있는 방식으로 보어를 탐색하기 위하여 여러 기술들이 계획될 수 있으므로, 단일 속도 또는 단일 전방 이송 동작에 국한되지 않는다. [클라우티어 등의, 본원에서 참고로 합체된 이송력, 이송 속도 및 위치에 대한 완전 제어 기능을 가지는 호닝 이송 시스템을 참조하시오.]

<25> 이송 시스템은 그때 숫돌들을 다시 후퇴시키고 기계는 연마 숫돌이 보정 링(8) 내부에서 균일해질 때까지 워크피스로부터 공구를 상향으로 이동시킨다. 비록, 본원에 기재된 방법들이 보정 링의 크기와 바람직한 마무리 크기 사이의 차이만큼 긴 임의의 크기의 링과 함께 작용할 수 있지만, 보정 링은 대부분이 정확하게 바람직한 마무리 크기인 보어를 가지며 바람직한 마무리 크기는 제어 시스템 계산에 포함된다. 단순성을 위하여, 본원에 제시된 계산은 보정 링이 정확하게 바람직한 마무리 크기에 대해서 제조된 것으로 가정된다.

<26> 보정 링 내부의 숫돌에 의해서, 이송 시스템은 동일 소정 목표의 이송력에 도달할 때까지, 이송 시스템이 다시 동일 소정 속도로 전개된다. 그 지점에서, 이송 시스템의 위치는 다시 기록된다. 상기 위치 측정은 워크피스 보어에서 행해진 측정과 비교되고 워크피스 보어의 실제 크기가 그후 하기 수학식 1로부터 계산될 수 있다:

수학식 1

<27> $D_{wp} = D_{cr} + r(X_{wp} - X_{cr})$

<28> 여기서,

<29> D_{wp} = 워크피스 보어의 직경(mm)

<30> D_{cr} = 보정 링의 직경(mm)

<31> X_{wp} = 워크피스 측정의 인코더 위치(카운트)

<32> X_{cr} = 보정 링의 인코더 위치(카운트)

<33> r = 조합된 이송 시스템 및 공구 속도[인코더 카운트에 비례한 숫돌 전개 직경의 mm]

<34> 이 정보는 다음 워크피스의 호닝을 위하여 보어 크기를 보상하는데 사용될 수 있다. 또한, 이 정보는 통계적인 프로세스 제어를 목적으로 저장 및/또는 출력될 수 있다.

<35> 이 측정 단계는 호닝 프로세스의 필요한 부분이 아니므로, 모든 워크피스에서 실행될 필요는 없다. 호닝 기계의 작업자는 최종 보어 크기 측정이 행해지는 주파수를 선택할 수 있다.

<36> **숫돌 연마 측정, 예상 및 보상**

<37> 연마 숫돌은 호닝 프로세스 동안 지속적으로 마모되므로, 마무리된 워크피스 보어를 적어도 주기적으로 측정하는 것이 필요하다. 이 숫돌 마모량은 또한 공구 마모량으로도 지칭되며, 결과적으로 보어 크기 에러를 유발한다. 많은 요소들이 호닝 사이클에서 발생하는 숫돌 또는 공구 마모량에 영향을 미치지만, 대부분의 상기 요소들은 프로세스에 걸쳐 일정하게 유지되고 그에 따라서 숫돌 마모량의 짧은 기간 변화에는 기여하지 않는다. 한 워크피스에서 다음 워크피스로 종종 광범위하게 변화되는 하나의 중요한 요소는 보어로부터 제거될 스톡 또는 워크피스의 양(스톡 제거량)이다. 숫돌 또는 공구 마모량은 스톡 제거량이 증가할 때 증가한다. 들어오는 워크피스 보어의 상태 및 경도에 따라서, 상기 관계는 단순 비례하거나 또는 더욱 복잡해질 수 있다. 보기는 도 2에 도시된다. 대부분의 적용을 위하여, 숫돌 마모량 및 스톡 제거량 사이의 관계의 선형 근사(linear approximation)는 충분하지만, 특정 적용이 숫돌 마모량 및 스톡 제거량 사이의 상기 충분한 비선형 관계에 제공되면, 더욱 복잡한 곡선 접합 기술(curve fitting technique)이 사용될 수 있다는 것도 예견된다.

<38> 본 발명은 임의의 주어진 호닝 사이클 또는 일련의 호닝 사이클에 대해서 스톡 제거량 및 숫돌 마모량을 모두 정확하게 측정하는 방법을 제공한다. 상술한 프로세스는 필요한 한 세트의 측정을 구성한다. 다른 측정도 역시 필요하다. 워크피스 보어의 초기 직경을 측정하는 것이 필요하다. 이는 프리 사이클로부터의 임의의 보어 보상이 제어 시스템에 의해서 행해진 후에 사이클의 초기에 발생한다. 측정 방법은 상술한 것과 동일하다. 정적 상태에서, 이송 시스템은 소정 힘이 로드 셀에 의해서 측정될 때까지 숫돌을 워크피스 보어 안으로 소정 속도로 전개시킨다. [이 프로세서는 클라우티어 등의, 이송력, 이송 속도 및 위치에 대한 완전 제어 기능을 가지는 호닝 이송 시스템에서 자동 보어 검출로서 기술된 형태와 동일하다.]

<39> 호닝 사이클이 종료된 후에 최종 보어 크기 측정이 상술한 바와 같이 행해진다. 제어 시스템은 3개의 측정으로 기록된다.

<40> X_i = 초기 이송 시스템 위치(카운트들)

<41> X_f = 최종 이송 시스템 위치(카운트들)

<42> X_t = 목표 이송 시스템 위치(카운트들)

<43> 이송 시스템 및 공구의 조합 비율을 적용함으로써, 이들이 직경으로서 동등하게 표현된다:

<44> $D_i = r(X_i-X_0)$ 여기서 D_i = 초기 직경(mm)

<45> $D_f = r(X_f-X_0)$ 여기서 D_f = 최종 직경(mm)

<46> $D_t = r(X_t-X_0)$ 여기서 D_t = 목표 직경 즉,

<47> 보정링(mm) 및 여기서, X_0 = 직경이 0과 동일한 인코더 위치에 대응하는 일부 오프셋(카운트들)

<48> 스톡 제거량, s(mm) 및 숫돌 마모량, w(mm)는 그때 다음 수학식 2와 같이 계산된다.

수학식 2

<49> $w = D_t - D_f = r(X_t-X_f)$

<50> $s = D_f - D_i = r(X_f-X_i)$ 또는 $s = D_t - D_i - w$

<51> 다음 워크피스를 호닝하기 위한 목표 이송 위치 X_{tnext} 및 숫돌 마모량에 대한 조정 X_{tadj}은 도 4의 흐름도의 아래

부분에 제시된 방정식을 사용하여 결정될 수 있다.

<52> 많은 적용에서의 숫돌 마모량은 호닝된 모든 워크피스에서의 최종 보어 크기를 측정하는 것이 불필요할 만큼 충분히 작을 수 있다는 것을 이해할 것이다. 그때, 최종 보어 체크 주파수를 모든 n 워크피스인 것으로 가정하시오. (주의: 들어오는 보어 크기는 변화될 수 있으므로, 모든 워크피스의 초기 보어 크기가 기록되고 n 워크피스의 그룹에 대해서 총합산되어야 한다.) n 워크피스의 그룹에 대해서, 그때

<53> $\sum w = D_t - D_f$ (최종 워크피스에서만 측정된)

<54> $\sum s = nD_t - \sum d_i - \sum w$

<55> 만약, 숫돌 마모량 및 스톡 제거량 사이의 관계가 직선으로 가정되면, 그때 함수의 형태는 다음과 같이 쓰여질 수 있다.

<56> 단일 워크피스에 대해서 $w = A + Bs$ 또는

<57> n 워크피스의 그룹에 대해서 $\sum w = nA + B\sum s$

<58> 여기서, A 및 B는 모르는 상수이다.

<59> 적어도 두개의 그룹은 종래의 선형 회귀 기술(linear regression technique)에 의해서 A 및 B를 결정하기 위하여 측정될 필요가 있다. 그것들이 결정된 후에, 그때 숫돌 마모량 및 스톡 제거량 사이의 관계가 알려진 것으로 추정될 수 있고 상술한 관계는 호닝 사이클이 개시되기 전에 숫돌 마모량의 기대 량을 계산하는데 사용될 수 있다. 숫돌 마모량으로 인하여 그때 호닝 사이클의 개시부에 적용된 기대 숫돌 마모량에 대한 정확한 보어 크기 보상이 얻어져서 결과적으로 최소 범위의 오차 내에 있는 목표 보어 크기에 매우 근접한 마무리된 보어 크기가 얻어진다. 워크피스 특정 보어 크기 보상은 특정 보어에 대해서 스톡 제거 측정량에 기초하고 w에 대하여 상술한 공식으로부터 계산된다.

<60> 호닝의 조건들은 시간에 걸쳐 변화될 수 있고 숫돌 제거량에 대한 숫돌 마모량의 관계도 역시 시간에 걸쳐 변화될 수 있다는 것을 이해할 수 있다. 가장 최근 그룹의 측정에 기초하여 상수 A 및 B를 지속적으로 갱신하는 것이 바람직할 수 있다. 이는 용이하게 행하여 지지만, 상기 공식은 측정되는 전체 그룹의 이동(run)에 걸쳐 보어 크기 보상이 행하여 지지 않는다는 추정에 기초한다. 보어 크기 보상이 그룹이 (상술한 바와 같이 수동으로 또는 자동으로) 이동하는 동안 행해지면, 그때 상기 보상은 총합산되어야 한다. 상기 $\sum w$에 대한 공식이 수학식 3으로 대체되어야 한다:

수학식 3

<61> $\sum w = D_t - D_f + \sum c$

<62> 여기서, $\sum c$ = 그룹이 이동하는 동안 행해진 모든 보어 크기 보상의 총합산

<63> 상술한 모든 설명 및 계산들은 보어 측정들이 일정한 이송력 수준에서 행해진 것임을 가정한다. 이것은 본질적으로 이송 시스템의 탄력성 및 공구의 임의의 효과를 제거한다. 그러나, 탄력성의 영향들을 제거하기 위한 공지된 방법은 클라우티어 등의, 이송력, 이송 속도 및 위치에 대한 완전 제어 기능을 가지는 호닝 이송 시스템에 기재되어 있으므로, 본 발명으로 기술된 방법은 사실 상기 종래 기술의 방법들이 측정 프로세스 동안 적용되는 한 다른 레벨의 이송력에서 달성될 수 있다는 것이 예상된다.

<64> **다중 스핀들 호닝 동작들**

<65> 도 3에 있어서, 일부 호닝 기계들은 최종 마무리된 보어(즉, 거친 호닝 가공 후에 미세한 마무리 호닝 공구가 따르는)를 얻기 위하여 연속으로 다중 스핀들(즉, 공구들)을 사용한다. 예를 들어, 여기서 3개의 호닝 공구들(1A,1B,1C)이 사용된다. 공구들(1A,1B,1C)은 연마 보어 마무리 프로세스들(스핀들 회전 및 스핀들 또는 워크피스의 축방향 왕복 운동)에 대해서 모든 일반적인 필요한 동작들을 제공하는 호닝 기계의 개별 스핀들(2A,2B,2C)에 설치된다. 호닝 공구들은 이송 시스템(5A,5B 또는 5C)에 의해서 축방향으로 각각 구동되는 웨지(3A,3B,3C)를 수용한다. (이송 시스템의 다른 가능한 실시예의 상세 설명은 클라우티어 등의, 이송력, 이송 속도 및 위치에 대한 완전 제어 기능을 가지는 호닝 이송 시스템에 기재되어 있다.) 각 공구들에 있어서, 웨지의 단부는 연마 숫돌(6A,6B 또는 6C)에 대해서 지탱되고, 그에 의해서 이들을 워크피스(7)의 보어 안으로 이송한다.

<66> 각 공구에 대해서, 웨지 및 이송 시스템에서 나타난 이송력은 (필요하다면) 전자 신호를 뒤로 증폭기(10A,10B 또는 10C)로 전송하는 로드 셀(9A,9B 또는 9C)에 의해서 측정된다. 파워 및 신호들은 증폭기들 및 호닝 기계 컴퓨터 제어부(12) 사이에서 그리고 각 공구에 대한 컴퓨터 제어 모터 구동부(11A,11B 또는 11C)로 이동한다. 각 스핀들(2A,2B,2C)에 대한 보정 링(8)을 가질 필요는 없다. 최종 보어 크기를 정확하게 측정하는 일부 다른 포스트 프로세스 방법 또는 단지 최종 스핀들(2C)만이 보정 링(8)을 가지는 것으로 충분하다.

<67> 작동 시에, 최종 호닝 공구(1C)에 의해서 방금 마무리된 워크피스(7C)는 [보정 링(8)을 사용하는] 상술한 방법에 의해서 또는 보어 측정의 일부 다른 포스트 프로세스 방법에 의해서 측정된다. 최종 공구에 대해서 차후에 결정되는 임의의 보어 크기 보상이 그때 최종 공구에 행해진다. 워크피스의 전달 디바이스(도시생략)는 각 스핀들에 대한 다음 워크피스에 색인을 부여한다. 최종 스핀들 아래의 워크피스는 이전 스핀들에 의해서 완성된 것이다. 공구는 워크피스로 들어가고 정적 상태에서 연마 숫돌이 보어 벽과 접촉할 때까지 공구가 전개(expand)된다. 상기 접촉이 이루어지고 이송이 중지될 때, 이송 시스템의 인코더가 판독될 수 있다. 이전에 기술된 방법을 따르는, 상기 인코더 판독은 특수한 워크피스에 대한 보어 크기로 수학적으로 변환된다. 크기가 이전 공구에 대한 목표 보어 크기에서 변화될 경우에, 그때 차후 공구에서 얻어진 정보만을 사용함으로써[즉, 이전 공구에 대하여 보정 링이 필요하지 않다.] 이전 공구에 대해서 적당한 보어 크기 보상이 이루어질 수 있다.

<68> 두개 이상의 스핀들이 제공되는 경우에, 방금 보상된 공구 이전의 공구는 동일 방법을 사용하여 측정 및 보상될 수 있다. 이것은 최종 공구에서 처음 공구로 흐르는 보상 시퀀스를 갖는 임의의 수의 스핀들에 대해서 지속될 수 있으며, 각 공구는 호닝 동작에서 그를 따르지만 상기 보정 동작에서 그에 선행하는 공구로부터 보어 측정에 의해서 보정된다.

<69> 도 5는 하나의 가능한 이송 시스템(5)의 추가 형태를 도시하고, 상기 이송 시스템과 함께 본 발명의 방법이 사용될 수 있다. 구동부(11)의 이송 모터(14)는 인코더(15)에 (일체로) 연결된다. 인코더 카운트에 비례한 선형 이동, 출력 속도, 출력 토크의 원하는 특성을 제공하는데 필요할 경우에, 기어 감속기(16)는 이송 모터(14)의 샤프트에 부착될 수 있다. 기어 감속기의 출력 샤프트는 커플링(18)에 의해서 볼 스크류 조립체(17)에 연결된다. 볼 스크류 조립체(17)는 이송 시스템 하우징(20)에 유지된 볼 베어링(19)에 의해서 축방향 동작에 저항한다. [이송 시스템 하우징(20)은 용이한 제조 및 조립을 위하여 필요한 여러 부재들로 구성될 수 있다.] 볼 스크류는 볼 너트 캐리어(22)에 부착된 볼 너트(21)와 결합한다. 볼 너트 캐리어(22)는 이송 시스템 하우징(20)의 슬롯(24)과 결합하는 키이(23)에 의해서 회전하는 것이 방지된다. 이송 모터(14)의 회전 및 차후의 기어 감속기(16)의 출력 샤프트는 볼 스크류가 회전하게 유발하며, 이것은 선형 동작을 볼 너트(21) 및 볼 너트 캐리어(22)에 교대로 부여한다. 본 실시예의 키이(23)는 둥근 디스크(26)를 유지하는 포켓을 구비한 리테이너(25)와 일체로 된다. 둥근 디스크(26)는 로드 셀(9)의 나사형 단부에 부착된다. 포켓은 로드 셀(9)에 임의의 원하지 않는 응력을 생성하지 않고 둥근 디스크(26)가 밑의 컴포넌트와 자체 정렬될 수 있게 허용할 목적으로 둥근 디스크(26)와 매우 작은 량의 틈새를 가진다. 로드 셀(9)은 역시 이송 시스템 하우징(20)의 상기 슬롯(24)과 결합하는 키이(28)에 의해서 회전이 방지된 비회전식 이송 로드(27)에 고정된다. 비회전 이송 로드(27)는 각형 접촉 베어링(29)의 구성을 유지하는 튜브에 부착된다. 베어링(29)의 회전 레이스들은 회전 이송 로드(30)에 부착된다. 회전 이송 로드(30)는 일부 수단에 의해서 스플라인되거나 또는 조절(key)되어서, 호닝 기계 스핀들 샤프트(2)와 회전하고 스핀들 샤프트(2) 및 이송 로드(30) 사이에 상대 축방향 동작을 허용한다. 스핀들 샤프트(2)는 연마 호닝 소자들(6)을 워크피스(7)의 보어 안으로 전개시키기 위한 웨지를 수용하는 호닝 공구(1)를 유지한다. 웨지는 이송 로드(3)에 부착되고 이송 로드(3)와 함께 축방향으로 이동할 수 있으며, 공구(1)는 스핀들 샤프트(2)에 연결됨으로써 축방향 이동이 억제된다. 웨지 및 공구(1)의 상기 상대 축방향 동작은 연마 호닝 소자(6)의 전개/후퇴 동작을 유발한다. 이송 시스템 하우징(20) 및 스핀들 샤프트(2)는 호닝 프로세스의 축방향 왕복운동을 발생시키도록 함께 스트로크(stroke)하는 호닝 기계의 캐리지에 모두 연결된다.

<70> 호닝 소자들을 전개시키는 웨지의 축방향 힘은 이송 모터의 토크로부터 발전하여 볼 스크류 및 너트에 의해서 선형 힘으로 변환되고 그후에 로드 셀을 통해서 이송 로드 및 웨지로 전달된다. 로드 셀은 따라서 호닝 프로세스의 충분한 축방향 이송력을 항상 감지한다. 로드 셀 케이블(31)은 케이블 캐리어를 통해서 증폭기(10)로 운반된다(필요하다면). 로드 셀에 대한 파워 및 로드 셀로부터의 신호는 상기 케이블 및 증폭기를 통해서 모터(14) 및 인코더(15)와 연결된 이송 구동부의 서보 제어기 및 프로세서 기반 이송 제어부로 이동한다. 상기 디바이스들의 제어부는 이송 모터의 동작을 정밀하게 제어하는 신호를 발생시킨다.

<71> 이송 제어의 두개의 기본 방법들이 있다. 제 1 방법은 이송 속도 제어이고, 여기서 제어 시스템은 이송 모터를 일정한 속도로 이동하는 상태를 유지하거나 또는 속도를 적어도 부분적으로 이송 위치의 함수인 일부 프로그램

된 프로파일로 제어하는 상태로 유지한다. 이송 제어의 제 2 기본 방법은 힘 제어이고, 여기서 제어 시스템은 이송력이 일정하거나 또는 또는 적어도 부분적으로 이송 위치의 함수인 일부 프로그램된 프로파일을 따르는 방식으로 이송 모터가 이동하는 상태를 유지한다.

<72> 컴퓨터 제어도 역시 상기 두개의 기본 방법들이 호닝 사이클 내에서 혼합될 수 있게 한다. 즉, 일부 조건이 충족될 때까지 제어 속도에서 호닝되고 그후 보어가 최종 크기에 있을 때까지 제어된 힘으로 호닝된다. 또한, 컴퓨터 제어는 이송 제어 프로그래밍에서 고도의 융통성을 허용한다. 이송 속도, 이송력, 스핀들 토크, 시간, 왕복 스트로크의 수, 워크피스 온도 및 기타 등과 같은 변수들이 단순하거나 또는 복잡한 방식으로 이송 제어 방법을 변화시키거나 또는 제어된 이송 변수를 적응시키는 실시간 제어 논리회로에서 사용될 수 있다.

<73> 본 발명의 특성을 설명하기 위하여 기술되고 도시된 상세 구성, 재료, 단계들 및 부분들의 구성에서의 변화는 당기술에 숙련된 기술자들이 상기 공개 내용을 읽을 때 예상할 수 있으며 본 발명의 원리 및 범주 내에 있는 것으로 이해할 수 있다. 상술한 설명은 본 발명의 양호한 실시예를 도시하지만, 상기 설명에 기초하는 개념들은 본 발명의 범주에서 이탈하지 않고 다른 실시예에서 사용될 수 있다. 따라서, 하기 청구범위는 도시된 특정 형태 뿐 아니라 본 발명을 광범위하게 보호하는 것으로 의도된다.

도면의 간단한 설명

<16> 도 1은 이송 시스템, 호닝 공구 및 보정 링을 포함하는, 본 발명의 방법의 단계들을 실행하기 위한 대표적인 호닝 기계의 형태를 단순화하여 개략적으로 도시한 도면으로서, 호닝될 대표적인 워크피스의 보어의 위치에 놓여진 호닝 공구를 도시한다.

<17> 도 2는 본 발명의 방법에 따른 스톡 제거량에 대한 숫돌 마모량을 단순화하여 그래프로 도시한 도면.

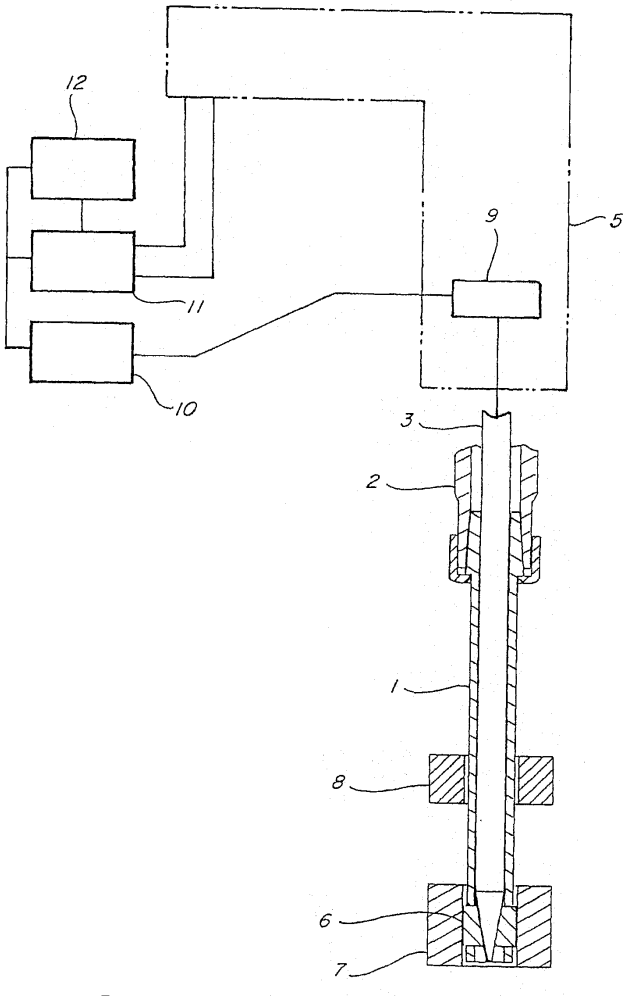
<18> 도 3은 스핀들에 대한 각 이송 시스템, 호닝될 워크피스의 보어들에 배치된 각 스핀들의 호닝 공구, 및 호닝 공구들중 하나와 연계된 보정 링을 포함하는, 본 발명의 방법의 단계들을 실행하기 위한 다중 스핀들 호닝 기계의 형태를 단순화하여 개략적으로 도시한 도면.

<19> 도 4는 본 발명의 방법의 양호한 실시예의 단계들을 도시하는 높은 레벨의 흐름도.

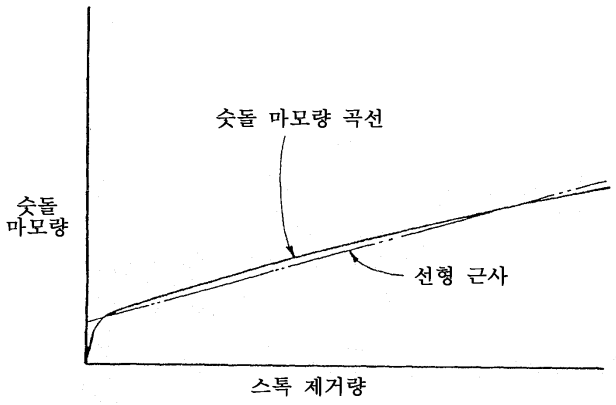
<20> 도 5는 본 발명에서 사용될 수 있는 대표적인 호닝 기계의 부분 단면의 측면도.

도면

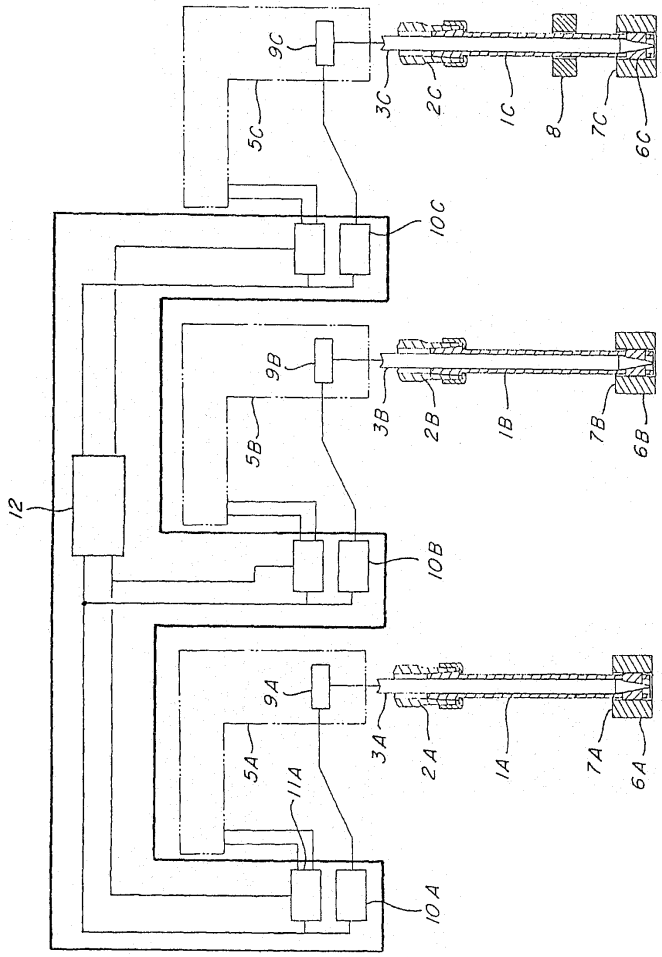
도면1



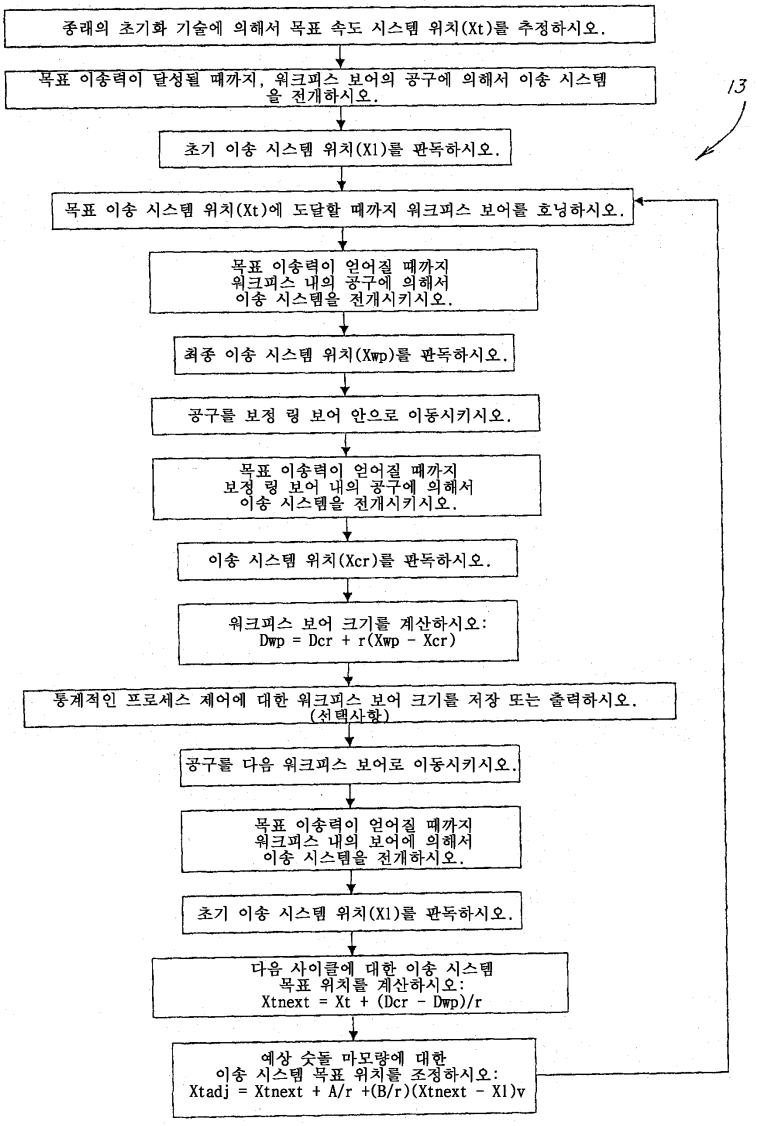
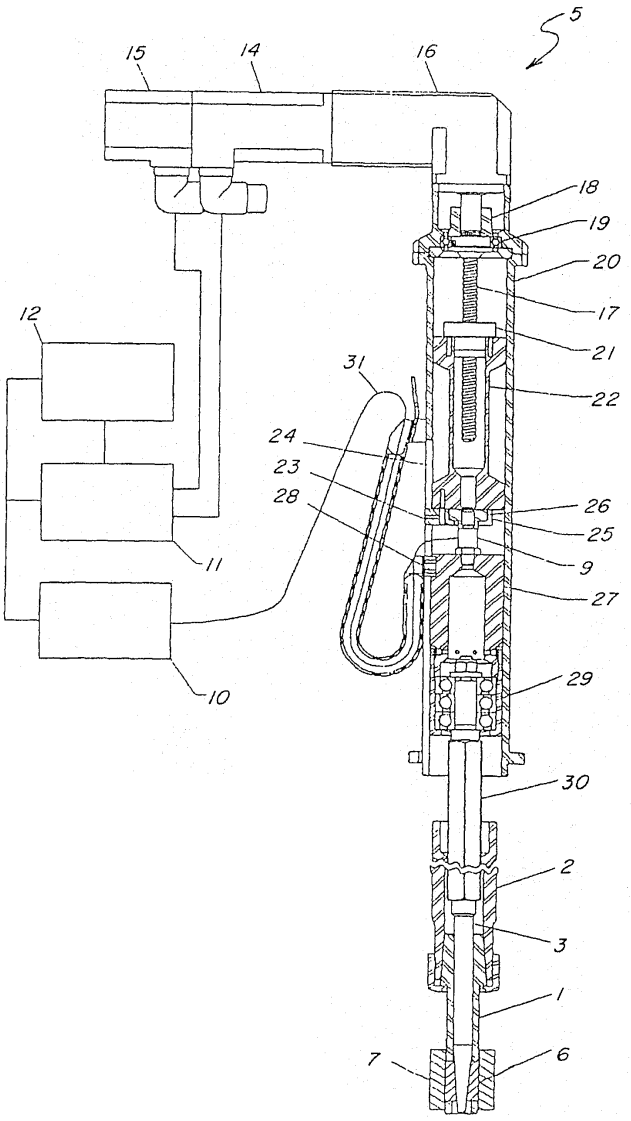
도면2



도면3


9C
5C
3C
2C
1C
8
7C
6C
10C
9B
5B
3B
2B
1B
7B
6B
12
10B
9A
5A
11A
3A
2A
1A
7A
6A
10A

도면4


종래의 초기화 기술에 의해서 목표 속도 시스템 위치(Xt)를 추정하시오.
목표 이송력이 달성될 때까지, 워크피스 보어의 공구에 의해서 이송 시스템을 전개하시오.
초기 이송 시스템 위치(X1)를 판독하시오.
목표 이송 시스템 위치(Xt)에 도달할 때까지 워크피스 보어를 호닝하시오.
목표 이송력이 얻어질 때까지 워크피스 내의 공구에 의해서 이송 시스템을 전개시키시오.
최종 이송 시스템 위치(Xwp)를 판독하시오.
공구를 보정 링 보어 안으로 이동시키시오.
목표 이송력이 얻어질 때까지 보정 링 보어 내의 공구에 의해서 이송 시스템을 전개시키시오.
이송 시스템 위치(Xcr)를 판독하시오.
워크피스 보어 크기를 계산하시오:
Dwp = Dcr + r(Xwp - Xcr)
통계적인 프로세스 제어에 대한 워크피스 보어 크기를 저장 또는 출력하시오. (선택사항)
공구를 다음 워크피스 보어로 이동시키시오.
목표 이송력이 얻어질 때까지 워크피스 내의 보어에 의해서 이송 시스템을 전개하시오.
초기 이송 시스템 위치(X1)를 판독하시오.
다음 사이클에 대한 이송 시스템 목표 위치를 계산하시오:
Xtnext = Xt + (Dcr - Dwp)/r
예상 숫돌 마모량에 대한 이송 시스템 목표 위치를 조정하시오:
Xtadj = Xtnext + A/r +(B/r)(Xtnext - X1)v
13

도면5