



- (51) 국제특허분류: 미분류
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2012/003635
- (22) 국제출원일: 2012년 5월 9일 (09.05.2012)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:  
10-2011-0045290 2011년 5월 13일 (13.05.2011) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **두산인프라코어 주식회사 (DOOSAN INFRACORE CO., LTD.)** [KR/KR]; 인천광역시 동구 화수동 7-11 번지, 401-020 Incheon (KR).
- (72) 발명자: **김기홍**
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **김기홍 (KIM, Ki Hong)** [KR/KR]; 경상남도 김해시 장유면 대청리 갑오마을 부영아파트 704 동 703 호, 621- 711 Gyeongsangnam-do (KR).
- (74) 대리인: **김기호 (KIM, Kee-Hyo)**; 서울특별시 중구 충무로 3 가 60-1 번지 극동빌딩 14 층, 100-705 Seoul (KR).

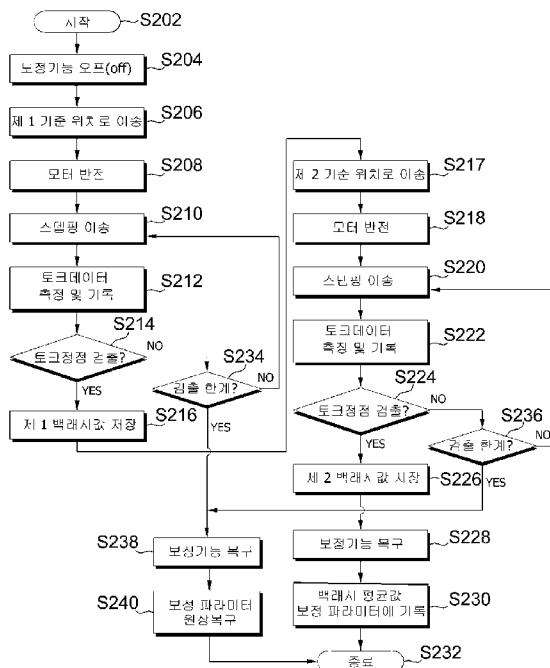
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR AUTOMATICALLY DETECTING AND COMPENSATING FOR A THE BACK-LASH OF A MACHINE TOOL

(54) 발명의 명칭 : 공작기계의 백래시 자동 검출과 보상을 위한 방법 및 장치

[Fig. 6]



S202 ... Start  
 S204 ... Correction function off  
 S206 ... transfer Transfer to a first reference position  
 S208 ... Reverse motor  
 S210 ... Transfer stepping  
 S212 ... Measure and record torque data  
 S214 ... Is a torque peak detected?  
 S216 ... Store a first backlash value  
 S234 ... Is detection limited?  
 S238 ... Restore a the correction function  
 S240 ... Restore a correction parameter to the original  
 S217 ... Transfer to a second reference position  
 S218 ... Reverse motor  
 S220 ... Transfer stepping  
 S222 ... Measure and record torque data  
 S224 ... Is a torque peak detected?  
 S226 ... Store a second backlash value  
 S228 ... Restore a the correction function  
 S230 ... Record a backlash mean value to a correction parameter  
 S232 ... End

(57) Abstract: According to the present invention, a torque variation of a servo motor (11) measured in a numerical control(NC) device (NC) of an existing numerical control (NC) machine tool is observed so as to calculate a the transferred distance of an outer shaft (11a) of the servo motor (11) at a torque

[다음 쪽 계속]

**공개:**

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

peak, to thereby detect a backlash without additional positioning detection equipment. Thus, accurate backlash detection may be performed the amount of backlash may be accurately detected without need of additional equipment.

**(57) 요약서:** 본 발명은 부가의 위치검출장비를 추가하지 않으면서, 기존의 수치제어(NC) 공작기계의 수치제어(NC) 장치에서 측정된 서보모터(11)의 토크 변화를 관찰하여 토크 정점(peak)에서의 서보모터(11)의 출력축(11a)의 이송량을 계산하여 백래시를 검출함으로써 부가의 장비를 추가하지 않으면서도 정확한 백래시량을 검출할 수 있도록 한다.

## 명세서

### 발명의 명칭: 공작기계의 백래시 자동 검출과 보상을 위한 방법 및 장치

#### 기술분야

- [1] 본 발명은 공작기계에 있어서 백래시를 자동 검출하고 보상하기 위한 방법 및 장치에 관한 것으로서, 특히 수치제어(NC) 공작기계의 모터 반전시 발생하는 로스트 모션(lost motion)에 의한 백래시를 자동 검출하고 보상하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 수치제어(NC) 공작기계에 있어서 이송계는 서보모터 또는 다른 회전구동원으로부터의 회전력을 랙과 피니언, 그라운드 볼-너트 리드스크루 등으로 이루어진 동력전달기구에 의해 직선운동으로 변환하고, 피가공물을 고정하는 작업 테이블 또는 피가공물을 가공하는 공구 등을 소정위치로 이동시키게 된다. 최근에는, 피가공물의 3차원적 자유면을 가공하기 위해 5축 등의 복수의 제어축을 갖춘 수치제어(NC) 공작기계가 사용되고 있다.
- [3] 일반적으로 수치제어 공작기계에 사용되는 감속기 및 볼스크루 등은 예압을 가해 기계적인 백래시(Backlash)를 제거하는 구조로 되어 있지만, 피가공물을 한쪽으로 이송하면서 가공하다가 반대방향으로 이송하기 위해 모터를 반전시킬 때 피가공물이 즉시 반대방향으로 이송되지 못하고 약간 지체되는 현상이 발생한다. 이와 같은 모터 반전시 발생하는 로스트 모션에 따른 백래시로 인해 가공의 정밀도가 저하되는 문제가 있으므로 백래시를 보정해줄 필요가 있다.
- [4] 이러한 로스트 모션에 따른 백래시는 감속기 혹은 볼스크루와 너트 사이의 기계적인 히스테리시스에 의해 발생한다기보다는 이송계의 강성과 마찰력의 상호관계에 의한 볼스크루와 커플링의 와인드업 또는 트위스트 현상에 의해 발생한다. 즉, 모터 반전시 피가공물이 즉시 지시된 위치에 도달하지 못하고 볼스크루와 커플링만 와인드업 또는 트위스트되는 현상으로 인해 로스트 모션(lost motion)이 발생한다. 이러한 로스트 모션은 공작기계의 이송계에서 안내면에 대한 상대운동으로 발생하는 마찰력 및 볼-너트 리드스크루에서의 마찰력이 클수록 증가하며, 피가공물이 모터로부터 먼 곳에 위치할수록 증가하는 경향이 있다.
- [5] 근래에는 공작기계의 정밀도 및 강성이 더 크게 요구되는 상황에서 이송계의 회전축의 강성을 높이기 위해 볼스크루-너트의 예압을 더 키우는 경우가 있는데, 이 경우 이로 인한 마찰 및 와인드업 또는 트위스트 현상에 의한 로스트 모션의 증가는 불가피하다.
- [6] 이러한 문제를 해결하기 위해, 공작기계를 생산하는 업체에서 무부하 상태에서 장비의 백래시를 측정하여 이를 수치제어(NC) 파라미터에 저장한 채로 장비를

사용자에게 제공하는 경우가 있는데, 이 경우 납품된 장비의 사용 조건이 변화함에 따라 백래시가 변하게 되어 그 보정이 정확하지 않게 되는 문제가 발생한다. 즉, 피가공물의 무게 및 윤활조건, 이송계의 이송 테이블의 마찰계수 등이 변화함에 따라 영향을 받아 백래시량이 변화하는데, 사용자가 이에 대해 적절하게 대응을 할 수가 없게 되는 문제가 있다. 따라서, 장비의 사용환경이 바뀌어 백래시가 변화할 때마다 다시 백래시를 측정하여 보정값을 수정하는 방식으로 대응하여 왔으므로 그 불편함이 컸다.

- [7] 최근에는, 수치제어(NC) 장치의 비휘발성(non-volatile) 메모리 영역에 피가공물의 하중별 백래시를 미리 측정하여 룩업(look-up) 표 형태로 기록해놓고, 사용자가 피가공물의 무게를 가늠하여 해당하는 가공코드(예를 들어, M코드)를 지시하는 방식으로 백래시를 보정하는 방법이 사용되기도 한다. 하지만, 일반적으로 장비의 백래시는 피가공물의 하중에 따라서만 변화하는 것이 아니라 여러 다른 변수가 작용하고, 동일 하중의 피가공물을 사용하는 경우라 하더라도 장비별로 그 편차가 큰 경우도 많아, 장비별로 각각 피가공물 하중별 백래시를 측정 및 관리하여야 하는 불편이 있다. 또한, 동일 장비라 하더라도 그 사용환경이 변화하여 백래시가 변화하는 문제에 적절히 대처하지 못하게 된다.
- [8] 이러한 문제를 해결하기 위해, 위치검출장치로부터의 위치신호를 서보모터에 피드백함으로써 위치를 제어하기 위한 방안으로서 리니어 스케일(linear scale)이 사용되기도 한다. 이러한 리니어 스케일은 일종의 풀-클로즈드 피드백(full-closed feedback) 시스템으로서, 위치를 직접 검출할 수 있기 때문에 정밀도가 높다. 그러나, 이러한 리니어 스케일 등은 부가의 위치검출장치를 필요로 하므로 공작기계의 단가를 높이는 요인이 된다는 문제가 있다.
- [9] 서보모터에 리졸버(resolver)나 광학식의 로터리 엔코더(rotary encoder) 등의 회전위치검출기를 설치하여 회전위치 검출기로부터 검출된 회전량을 서보모터에 피드백함으로써 서보모터의 회전량을 제어함으로써 간접적으로 작업 테이블이나 위치제어 대상의 위치를 제어하는 방안이 사용되기도 한다. 이러한 로터리 엔코더 방식은 일종의 세미-클로즈드 피드백(semi-closed feedback) 시스템으로서, 부가적인 위치검출장치가 필요 없는 장점이 있는 반면에, 피가공물이 고정된 이송테이블에 대한 정확한 위치제어가 어려운 문제가 있다.

## 발명의 상세한 설명

### 기술적 과제

- [10] 본 발명은 이러한 종래기술의 문제점을 해소하면서 모터 반전시 로스트 모션에 따른 백래시를 자동 검출하고 보정하기 위한 데 그 목적이 있다. 즉, 기존의 수치제어 공작기계에 부가의 위치검출장치를 추가하지 않고서도 모터 반전시 로스트 모션에 따른 백래시를 자동 검출하여 보정함으로써 전체 공작기계의 큰

가격 상승 요인 없이 가공 정밀도 및 편의성을 증대시키고자 한다.

### 과제 해결 수단

- [11] 본 발명은 부가의 위치검출장비를 추가하지 않으면서, 기존의 수치제어(NC) 공작기계의 수치제어(NC) 장치에 백래시 검출 기능을 간단히 부가함으로써 종래기술의 문제점을 해결한다.
- [12] 본 발명에 따른 수치제어(NC) 공작기계의 이송계의 모터 반전에 의해 발생하는 백래시를 검출하기 위한 백래시 검출 방법에 따르면, 모터 반전시부터 서보모터의 출력축을 스텝핑 이송시키면서 각 스텝핑 이송된 위치에서 서보모터의 토크를 측정 및 기록하여 각 스텝핑 이송된 위치에서의 토크의 절대값을 이전 위치에서의 토크의 절대값과 비교하여 토크 정점을 검출하고, 검출된 토크 정점에서의 스텝핑 이송된 거리에 기초하여 백래시값을 결정함으로써 부가의 위치검출장비 없이 자동으로 백래시를 검출하는 기능이 부가된다. 백래시값은 토크 정점에서의 스텝핑 이송된 거리이다.
- [13] 바람직하게는, 스텝핑 이송시키는 단계에 앞서, 공작기계의 수치제어(NC) 장치의 백래시 보정 기능을 오프(off)시키는 것이 백래시 측정의 오차를 줄이는데 좋다. 바람직하게는, 이송계의 이송테이블을 기준 위치로 이송시킨 후에 백래시 자동 검출을 수행하는 것이 좋다.
- [14] 바람직하게는, 백래시값을 결정한 후에 공작기계의 수치제어(NC) 장치의 백래시 보정기능은 자동으로 다시 온(on)시키는 것이 좋다. 이 때, 공작기계의 수치제어(NC) 장치의 보정 파라미터에는 본 발명에 따라 검출된 백래시값을 자동으로 입력하여 백래시를 보정할 수 있다. 검출된 백래시값을 보정 파라미터에 사용자가 직접 입력하도록 하는 것도 가능하다.
- [15] 바람직하게는, 한 방향으로 백래시값을 검출한 후 그 반대 방향으로 백래시값을 한 번 더 검출하여 그 평균값을 보정 파라미터로 이용하는 것이 좋다.
- [16] 본 발명에 따른 수치제어(NC) 장치는 모터 반전에 의해 발생하는 백래시를 검출하기 위한 백래시 검출 기능을 수행하기 위해, 서보모터의 출력축을 스텝핑 이송시키도록 프로그램되고, 각 스텝핑 이송된 위치에서 서보모터의 토크를 기록하기 위한 메모리 버퍼를 구비하고, 각 스텝핑 이송된 위치에서의 기록된 토크의 절대값을 이전 위치에서의 기록된 토크의 절대값과 비교하여 토크 정점을 검출하도록 프로그램되고, 토크 정점에서의 스텝핑 이송된 거리로 백래시값을 결정한다.
- [17] 바람직하게는, 상기 수치제어(NC) 장치는 백래시 보정 파라미터를 저장하기 위한 보정 파라미터 저장부를 구비하고, 상기 보정 파라미터 저장부에 상기 결정된 백래시값을 기록하도록 프로그램된다.
- [18] 바람직하게는, 수치제어(NC) 장치는 한 방향으로 백래시값을 검출한 후 그 반대 방향으로 백래시값을 한 번 더 검출하여 그 평균값을 보정 파라미터로

이용하도록 프로그램된다.

[19] 바람직하게는, 수치제어(NC) 장치는 자동 백래시 검출 기능과 관련하여  
사용자와의 인터페이스를 위한 수치제어(NC) 화면을 구비한다.

[20] 본 발명에 따른 수치제어(NC) 동작기계는 위와 같은 방법을 수행하는  
수치제어(NC) 장치를 구비한다.

### 발명의 효과

[21] 본 발명에 따르면 기존의 수치제어 동작기계에 부가의 위치검출장비를  
추가하지 않고서도 모터 반전시 로스트 모션에 따른 백래시를 자동 검출하여  
보정함으로써 전체 동작기계의 큰 가격 상승 요인 없이 가공 정밀도 및 편의성을  
크게 증대시키는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[22] 도 1은 동작기계 이송계의 사시도이고,

[23] 도 2는 동작기계 이송계의 블록도이고,

[24] 도 3은 모터 반전시 시간에 따른 토크 변동을 나타낸 그래프이고,

[25] 도 4는 토크 데이터 저장을 위한 메모리 버퍼와 토크 정점(peak) 부근에서  
스텝핑 거리와 메모리 버퍼에 기록된 토크의 그래프이고,

[26] 도 5는 본 발명에 따라 1방향 백래시를 검출하는 방법을 나타낸 순서도이고,

[27] 도 6은 본 발명에 따라 양방향 백래시를 검출하는 방법을 나타낸 순서도이고,

[28] 도 7은 본 발명에 따른 백래시 검출 기능이 구현된 수치제어(NC) 장치의  
화면이다.

[29]

[30] <도면의 주요 참조 부호에 대한 설명>

[31] 10: 이송계

[32] 11: 서보모터

[33] 12: 커플링

[34] 13: 회전축

[35] 14: 베어링

[36] 15: 동력전달부

[37] 16: 이송 테이블

[38] 17: 안내부

[39] 20: 피가공물

[40] 30: 메모리 버퍼

[41] 40: 수치제어(NC) 장치의 화면

### 발명의 실시를 위한 최선의 형태

[42] 도 1은 동작기계 이송계(10)의 사시도이며, 도 2는 동작기계의 이송계(10)의  
블록도이다. 이송계(10)에서 서보모터(11)의 출력축(11a)은 커플링(12)을 통해  
회전축(13)에 연결되어, 서보모터(11) 작동시 회전축(13)이 회전한다.

회전축(13)은 베어링(14)에 의해 회전가능하게 지지된다. 회전축(13)의 회전운동을 직선운동으로 변환하기 위해 동력전달부(15)가 배치된다. 동력전달부(15)는 예컨대 도 2에 도시된 바와 같이 볼스크루(15a)와 너트(15b)로 구성되는데, 회전축(13)의 회전시 볼스크루(15a)가 회전하고 볼스크루(15a)와 맞물리는 너트(15b)는 회전축(13)을 따라 앞뒤로 직선운동을 하게 된다.

[43] 동력전달부(15)의 너트(15b)에는 이송 테이블(16)이 고정되어, 너트(15b)가 회전축(13)을 따라 직선운동할 때, 테이블(16)도 함께 직선운동을 하게 된다. 이송 테이블(16)은 바람직하게는 안내부(17)에 의해 안내된다. 안내부(17)는 예컨대 도 1에 도시된 바와 같이 2열의 안내 레일로 구성될 수 있다.

[44] 작업시 공작기계 이송계(10)의 이송 테이블(16)에 피가공물(20)이 놓이고, 서보모터(11)의 작동에 의해 이송 테이블(16) 및 피가공물(20)이 이동하면서 피가공물(20)의 가공이 이루어진다.

[45] 이송 테이블(16)에 피가공물(20)이 놓인 상태에서 피가공물(20)을 한쪽으로 이송하면서 가공하다가 피가공물(20)을 반대방향으로 이송하기 위해 서보모터(11)를 반전시키면 이송 테이블(16) 및 피가공물(20)이 즉시 반대방향으로 이송되지 못하고 약간 지체되는 현상이 발생한다. 이러한 로스트 모션은 이송계(10)의 강성과 내부 마찰력의 상호관계 등에 의한 볼스크루(15a)와 커플링(12) 등의 와인드업 또는 트위스트 현상에 의해 발생한다. 즉, 제1방향으로 이송이 이루어지다가 정지한 후 서보모터(11)에 반대방향(제2방향)으로의 반전 지령이 접수되면 볼스크루(15a)와 커플링(12)의 제1방향 와인드업 또는 트위스트가 풀리고 나서 제2방향 와인드업 또는 트위스트가 형성되어 서보모터(11)의 토크가 마찰력을 극복할 수 있을 정도로 커지면 비로소 제2방향 이송이 시작된다.

[46] 제1방향으로 이송하다가 제2방향으로 반전시, 서보모터(11)의 토크에 발생하게 되는 변동은 3에 도시된 바와 같다. 도 3에서, A구간은 피가공물이 제1방향으로 이송하다가 정지하고 있는 구간이다. 서보모터(11)가 정지하고 있는 A구간에서 서보모터(11)의 토크는 0이 아닌 것을 확인할 수 있는데, 이는 제1방향 이송중에 볼스크루(15a) 및 커플링(12)이 와인드업 또는 트위스트 되어 있는 상태가 마찰력에 의해 유지되기 때문이다. B지점은 서보모터(11)가 반전 지령을 받아 제1방향에서 반대방향(제2방향)으로의 반전되는 지점이다. C구간은 서보모터(11)의 반전에 의해 볼스크루(15a) 및 커플링(12)의 와인드업 또는 트위스트가 풀리는 구간이다. D지점은 볼스크루(15a) 및 커플링(12)의 와인드업 또는 트위스트가 완전히 풀리어 서보모터(11)의 토크가 0이 되는 지점이다. E구간은 볼스크루(15a) 및 커플링(12)이 반대방향(제2방향)으로 와인드업 또는 트위스트되면서 서보모터(11)의 토크가 계속해서 증가하는 구간이다. F지점에 이르면 서보모터(11)의 토크가 이송계 내부의 마찰력을 완전히 극복하여 제2방향으로의 이송이 시작되는 지점이다. F지점에서 제2방향으로의 이송이 시작되면 서보모터(11)의 토크는 더 이상 증가하지 않고

- 감소하는 것을 볼 수 있다. 즉, F지점에서 서보모터(11)의 토크는 정점(peak)을 이룬다.
- [47] 따라서, 서보모터(11)의 반전이 시작되는 B지점으로부터 제2방향으로의 이송이 시작되는 F지점까지 C구간 및 E구간 동안 서보모터(11)가 이동한 거리가 로스트 모션에 의한 백래시량이 된다.
- [48] 본 발명은 이와 같이 서보모터(11)의 반전 후 제2방향 이송이 시작되는 지점에서 서보모터(11)의 토크에 변동이 발생하는 점에 착안하여 서보모터(11)의 토크 변동 데이터를 이용하여 백래시량을 계산하는 방법을 도출하고자 하는 것이다. 서보모터(11)의 토크 변동은 수치제어(NC) 공작기계의 서보데이터에 기록되므로, 본 발명은 별도의 위치검출장치를 부가할 필요 없이 기존의 장비만을 이용하여 백래시를 계산할 수 있다는 장점을 갖는 것이다.
- [49] 본 발명에 따라 서보모터(11)의 반전후 제2방향으로 이송이 시작되는 지점을 잡아내기 위해서는, 반전 이후 서보데이터에서 토크의 정점을 잡아내어야 한다. 이를 위해서, 바람직하게는, 모터 반전 이후부터 서보모터(11) 토크데이터의 절대값을 주기적으로 수치제어(NC) 장치 내부의 선입선출 버퍼(FIFO buffer)에 저장하고, 저장된 토크데이터의 증감 패턴을 관찰하여 토크데이터의 정점에 도달하였는지를 검사한다. 토크의 절대값을 이용하는 이유는 토크데이터가 양(positive)일 때뿐만 아니라 음(negative)일 때에도 동일한 알고리즘으로 토크정점을 검출하기 위해서이다.
- [50] 백래시량을 측정하기 위해서는 모터 반전 이후에 서보모터(11)의 위치데이터를 감시하여야 하는데, 일반적으로 백래시량은 수 내지 수십 미크론( $\mu\text{m}$ ) 단위이고, 수치제어(NC) 장치의 프로그래밍 가능한 작업의 주기는 수 내지 수십 밀리초(msec)이다. 따라서, 통상적인 속도로 서보모터(11)를 구동할 경우 정확한 이송거리의 측정이 어렵다. 이를 극복하기 위해, 반전 후 서보모터(11)의 이송거리를 구하기 위해서는 서보모터(11)를 극단적으로 느린 속도로 이송시키면서 서보모터(11)의 위치 데이터 및 토크 데이터를 감시하거나 모터 반전 후 서보모터(11)의 출력축(11a)을 예컨대  $1\mu\text{m}$ 씩 스텝핑(steping) 이송되도록 구동하면서 스텝핑 이송량을 카운팅하면서 주기적인 토크데이터를 감시하는 방안이 가능하다.
- [51] 바람직하게는, 모터 반전 이후 반대방향(제2방향)으로 스텝핑(steping) 이송시키며 발생하는 모터의 토크 데이터를 이용한다. 예를 들어,  $1\mu\text{m}$ 씩 스텝핑 이송시키며 모터의 토크 데이터를 관찰한다. 이 때, 도 4에 도시된 바와 같이 4개의 메모리(31; 32; 33; 34)로 구성된 버퍼(30)를 사용할 경우, 저장된 토크데이터의 증감패턴이 증가에서 감소로 전환될 경우 그 지점이 정점(peak)을 나타낸다고 볼 수 있다. 즉,  $T_{n-3}$ 보다  $T_{n-2}$ 가 크거나 같고,  $T_{n-2}$ 보다  $T_{n-1}$ 가 크거나 같고,  $T_{n-1}$ 보다  $T_n$ 이 작으면, n-1번째 위치에서 토크데이터의 정점(peak)이 검출되었다고 판단할 수 있고, n-1이 검출된 백래시량이 된다.
- [52] 도 5는 본 발명에 따른 백래시량 검출 방법의 순서도이다. S102 단계는 백래시

검출기능 시작 단계로서, 사용자가 공작기계의 수치제어(NC) 장치에 내재된 백래시 검출 기능을 시작한다. 예컨대, 사용자는 수치제어(NC) 장치의 해당 기능화면(40)상에 배열된 백래시검출시작 버튼을 누르거나 해당 기능코드(예를 들어 G코드)를 지령함으로써 백래시 검출 기능을 시작한다. S104 단계는 수치제어(NC) 장치에 기본으로 내장된 백래시 관련 보정기능 오프(off) 단계로서, 바람직하게는 백래시 보정량 파라미터를 "0"으로 설정하고, 백래시 가속기능을 오프(off)시킨다. 기존에 수치제어(NC) 장치에 파라미터로 저장되어 있던 백래시 보정량 및 백래시 가속기능이 백래시 검출 기능의 정확도에 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로, 바람직하게는 이들 기능을 오프시키는 것이다. S106 단계는 바람직하게는 이송테이블(16)을 기준위치로 이송하는 단계이다. 이송테이블(16)의 기준위치로 가공이 주로 일어나는 영역을 설정하고, 이 기준 위치로 이송된 상태에서 백래시 이송된 상태에서 백래시를 측정함으로써 가공 시 발생하는 백래시 오차를 최대한 줄이는 것이 가능하다. 이때, 이송테이블(16)을 기준위치로 이송시키는 방향을 편의상 제1방향이라 한다. S108 단계는 서보모터(11)를 제1방향에서 제2방향으로 반전시키는 단계이다.

- [53] S110 단계는 서보모터(11) 출력축을  $1\mu\text{m}$ 씩 스테핑 이송시키는 단계이다. S112 단계에서는 현재 위치(n)에서의 토크데이터를 측정하고 그 절대값을 메모리 버퍼에 기록한다. S114 단계는 토크 정점을 검출하는 단계이다. 토크 정점 검출을 위해서, 현위치(n)에서의 토크데이터( $T_n$ )를 이전위치(n-1)에서의 토크데이터( $T_{n-1}$ )와 비교하여 토크데이터의 절대치가 증가하였는지 감소하였는지를 판단한다. 모터 반전 후 볼스크루(15a) 및 커플링(12)의 와인드업 또는 트위스트가 풀리는 동안에는 서보모터(11)의 토크의 절대치가 감소한다. 볼스크루(15a) 및 커플링(12)의 와인드업 또는 트위스트가 완전히 풀린 이후부터 서보모터(11)의 토크의 절대치는 그 정점(peak)에 이를 때까지 다시 증가하는데, 증가하던 토크데이터의 절대치가 감소로 돌아서는 지점이 정점(peak)에 해당한다. 서보모터(11)의 토크데이터의 절대치가 증가하였을 경우, 토크데이터의 정점(peak)에 아직 도달하지 않았고, S110 단계로 돌아가 동일 과정을 반복한다. 토크데이터의 절대치가 증가하다가 감소하였을 경우, n-1번째 위치에서 토크데이터의 정점(peak)이 발생하였으므로, S116 단계로 넘어간다. S116 단계에서는, S114 단계에서 검출된 토크데이터의 정점이 발견된 위치(n-1)를 백래시값 저장부에 저장한다.

- [54] 다음 S118 단계는 수치제어(NC) 장치에 기본으로 내장된 백래시 관련 보정기능 복구 단계로서, 바람직하게는 백래시 가속기능을 원래의 상태로 복구한다. 이어, S120 단계에서는 백래시값 저장부에 저장된 검출 백래시값을 백래시 보정량 파라미터에 기록한다. S122 단계에서 백래시 검출 프로세스는 종료된다.

- [55] 바람직하게는, 일정 횟수 이상 S110 단계(스텝핑 단계)와 S114

단계(토크정점검출단계)를 반복한 이후에도 토크 정점(peak)이 검출되지 않을 경우, S124 단계에서 검출한계가 초과된 것으로 판단하여, 백래시 가속기능을 원래 상태로 복구하고(S126 단계), 백래시 보정량 파라미터를 원래대로 복구한 후(S128 단계) 프로세스를 종료한다. 이 때, 바람직하게는, 수치제어(NC) 장치 화면에 검출한계가 초과되었음을 알려주는 메시지를 표시할 수 있다.

[56] 도 6은 본 발명에 따라 백래시량을 양방향에 걸쳐 2회 검출하는 방법을 보여준다. 도 5에서와 백래시량 검출방법은 동일하며, 차이점은 도 5에서와 같은 방법으로 백래시를 1회 검출한 이후, 반대방향으로의 백래시를 다시 검출하기 위해 유사한 백래시 검출 단계가 1회 더 반복된다는 점이다.

[57] 상세하게는, S202 단계는 백래시 검출 시작 단계로서, 사용자가 공작기계의 수치제어(NC) 장치에 내재된 백래시 검출 기능을 시작한다. S204 단계는 보정기능 오프(off) 단계로서, 바람직하게는 백래시 보정량 파라미터를 "0"으로 설정하고, 백래시 가속기능을 오프(off)시킨다. S206 단계는 이송테이블(16)을 제1 기준위치로 이송하는 단계이다. 이 때 이송테이블(16)을 기준위치로 이동시키는 방향을 편의상 제1방향이라 한다. S208 단계는 서보모터(11)를 제1방향에서 제2방향(반대방향)으로 반전시키는 단계이다.

[58] S210 단계는 서보모터(11) 출력축을  $1\mu\text{m}$ 씩 스테핑 이송시키는 단계이다. S212 단계에서는 토크데이터를 측정하고 기록한다. S214 단계는 토크 정점을 검출하는 단계이다. 토크 정점 검출을 위해서, 현위치에서의 토크데이터( $T_n$ )를 이전위치에서의 토크데이터( $T_{n-1}$ )와 비교하여 토크데이터의 절대치가 증가하였는지 감소하였는지를 판단한다. 모터 반전 후 볼스크루(15a) 및 커플링(12)의 와인드업 또는 트위스트가 풀리는 동안에는 서보모터(11)의 토크의 절대치가 감소한다. 볼스크루(15a) 및 커플링(12)의 와인드업 또는 트위스트가 완전히 풀린 이후부터 서보모터(11)의 토크의 절대치는 그 정점(peak)에 이를 때까지 다시 증가하는데, 증가하던 토크데이터의 절대치가 감소로 돌아서는 지점이 정점(peak)에 해당한다. 서보모터(11)의 토크데이터의 절대치가 증가하였을 경우, 토크데이터의 정점(peak)에 아직 도달하지 않았고, S210 단계로 돌아가 동일 과정을 반복한다. 토크데이터의 절대치가 증가하다가 감소하였을 경우,  $n-1$ 번째 위치에서 토크데이터의 정점(peak)이 발생하였으므로, 다음 S216 단계로 넘어간다. S216 단계에서는, S214 단계에서 검출된 토크데이터의 정점이 발견된 위치( $n-1$ )를 제1 백래시값 저장부에 저장한다.

[59] 다음, S217 단계는 이송 테이블(16)을 제2 기준위치로 이송하는 단계이다. S218 단계에서 서보모터(11)를 제2방향에서 제1방향으로 다시 반전시킨다. 단계 220은 서보모터(11) 출력축을  $1\mu\text{m}$ 씩 스테핑 이송시키는 단계이다. 단계 222에서는 토크데이터를 측정하고 기록한다. 단계 224는 토크 정점을 검출하는 단계이다. 토크 정점 검출을 위해서, 현위치에서의 토크데이터( $T_n$ )를 이전위치에서의 토크데이터( $T_{n-1}$ )와 비교하여 토크데이터의 절대치가 증가하였는지 감소하였는지를 판단한다. 모터 반전 후 볼스크루(15a) 및

커플링(12)의 와인드업 또는 트위스트가 풀리는 동안에는 서보모터(11)의 토크의 절대치가 감소한다. 볼스크루(15a) 및 커플링(12)의 와인드업 또는 트위스트가 완전히 풀린 이후부터 서보모터(11)의 토크의 절대치는 그 정점(peak)에 이를 때까지 다시 증가하는데, 증가하던 토크데이터의 절대치가 감소로 돌아서는 지점이 정점(peak)에 해당한다. 서보모터(11)의 토크데이터의 절대치가 증가하였을 경우, 토크데이터의 정점(peak)에 아직 도달하지 않았고, 단계 220으로 돌아가 동일 과정을 반복한다. 토크데이터의 절대치가 증가하다가 감소하였을 경우, n-1번째 위치에서 토크데이터의 정점(peak)이 발생하였으므로, 다음 단계 226로 넘어간다. 단계 226에서는, 단계 224에서 검출된 토크데이터의 정점이 발견된 위치(n-1)를 제2 백래시값 저장부에 저장한다.

[60] 단계 228은 기능 복구 단계로서, 바람직하게는 백래시 가속기능 등을 복구한다. 단계 230은 제1 백래시값 저장부에 저장된 제1 백래시값과 제2 백래시값 저장부에 저장된 제2 백래시값의 평균값을 계산하여 백래시 보정 파라미터에 기록하는 단계이다. 단계 232에서 백래시 검출 프로세스는 종료된다.

[61] 바람직하게는, 일정 횟수 이상 S210 단계(스텝핑 단계)와 S214 단계(정점검출단계) 또는 S220 단계(스텝핑 단계)와 S224 단계(정점검출단계)를 반복한 이후에도 토크 정점(peak)이 검출되지 않을 경우, S234 단계 또는 S236 단계에서 검출한계가 초과된 것으로 판단하여, 백래시 가속기능을 원래 상태로 복구하고(S238 단계), 백래시 보정량 파라미터를 원래대로 복구한 후(S240 단계) 프로세스를 종료한다(S232 단계). 이 때, 바람직하게는, 수치제어(NC) 장치 화면에 검출한계가 초과되었음을 알려주는 메시지를 표시할 수 있다.

[62] 도 7은 본 발명에 따른 백래시 측정 방법을 구현한 수치제어(NC) 장치의 화면(40)을 보여준다. NC 화면(40)은 기능 사용을 위한 절차를 설명하는 설명부(41), 기능 사용시 발생한 경고 내용 등을 표시하는 메시지부(42), 서보모터(11)의 출력축(11a)의 현재 위치 및 남은 이송거리를 표시하는 거리표시부(43), 백래시 측정 속도를 설정하고 표시하는 속도표시부(44), 백래시 측정시 현재 수행중인 절차를 표시하는 상태표시부(45), 장비의 기존/원래 백래시 보정값을 표시하는 기존 백래시 표시부(46), +방향에서 -방향으로 반전시 및 -방향에서 +방향으로 반전시 측정된 백래시량을 각각 표시하는 측정 백래시 표시부(47), 측정된 백래시량을 그래프로 표시하는 측정 백래시 그래프부(47'), 측정된 양방향 백래시를 평균하여 백래시 보정 파라미터에 기록한 보정량을 표시하는 평균 백래시 표시부(48), 백래시 측정 및 보정 기능을 시작하기 위한 시작 버튼(49), 장비의 기존 백래시 보정값을 NC 파라미터에 기록하기 위한 원상복구버튼(50), 백래시 자동측정 및 보정 기능 적용 유무를 온/오프(on/off)하기 위한 온/오프 버튼(51)을 포함할 수 있다.

[63] (테스트 결과)

[64] 본 발명에 따른 백래시 자동측정 기능을 적용한 NC 공작기계를 테스트하여 본 결과는 아래와 같다.

- [65] 1. 무부하에서 출원인의 공작기계 모델번호 DBC130 313호기(3대1 감속기)에 기능을 적용하여 5회 반복 테스트한 결과는 아래와 같다.
- [66] - 레이저 계측기로 측정해 NC 보정 파라미터로 저장된 실제 백래시량:  $53\mu\text{m}$
- [67] - 5회 반복 테스트를 통해 검출된 백래시량: 55, 47, 49, 49, 48 (평균  $50\mu\text{m}$ )
- [68] - 정확도: 94.34%
- [69] 2. 무부하에서 출원인의 공작기계 모델번호 DBC130 315호기(3대1 감속기)에 기능을 적용하여 5회 반복 테스트한 결과는 아래와 같다.
- [70] - 레이저 계측기로 측정해 NC 보정 파라미터로 저장된 실제 백래시량:  $36\mu\text{m}$
- [71] - 5회 반복 테스트를 통해 검출된 백래시량: 32, 33, 34, 31, 34 (평균  $33\mu\text{m}$ )
- [72] - 정확도: 91.67%
- [73] 3. 15톤 소재를 올린 상태에서 출원인의 공작기계 모델번호 DBC250 63호기(직결)에 기능을 적용하여 2회 반복 테스트한 결과는 아래와 같다.
- [74] - 용량형(capacitance) 센서로 측정한 실제 백래시량:  $60\mu\text{m}$
- [75] - 2회 반복 테스트를 통해 검출된 백래시량: 54, 50 (평균  $52\mu\text{m}$ )
- [76] - 정확도: 86.67%
- [77] 본 발명에 따른 백래시 검출 방법은 기존의 수치제어(NC) 장치에 부가 기능을 추가하여 사용하므로, 부가의 장비가 추가되지 않으면서도 위 테스트 결과에서 보는 바와 같이 충분히 높은 정확도로 백래시 검출하는 것이 가능하다.

### 산업상 이용가능성

- [78] 본 발명은 공작기계 등 이송계를 가지는 각종 기계, 장치, 장비 또는 설비 등에 이용가능하다.

## 청구범위

- [청구항 1] 수치제어(NC) 공작기계의 이송계(10)의 모터 반전에 의해 발생하는 백래시를 검출하기 위한 백래시 검출 방법에 있어서, 서보모터(11)의 토크 변화를 측정 및 기록하는 단계와, 상기 서보모터(11)의 토크 변화를 관찰하여 토크의 절대값이 정점(peak)을 이루는 토크 정점을 검출하는 단계와, 상기 토크 정점에서의 서보모터(11)의 출력축이 이송된 거리를 계산하여 백래시값을 결정하는 단계를 포함하는 백래시 검출 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 서보모터(11)의 토크 변화를 측정 및 기록하는 단계는 서보모터(11)의 출력축(11a)을 스텝핑 이송시키면서 각 스텝핑 이송된 위치에서 서보모터(11)의 토크를 측정 및 기록하는 단계를 포함하며, 상기 서보모터(11)의 토크 변화를 관찰하여 토크의 절대값이 정점(peak)을 이루는 토크 정점을 검출하는 단계는 각 스텝핑 이송된 위치에서의 토크의 절대값과 이전 위치에서의 토크의 절대값을 비교하여 정점을 검출하는 단계를 포함하는 것인 백래시 검출 방법.
- [청구항 3] 제1항에 있어서, 상기 서보모터(11)의 토크 변화를 측정 및 기록하는 단계에 앞서, 상기 공작기계의 수치제어(NC) 장치의 백래시 가속 기능을 오프(off)시키고 백래시 보정량 파라미터를 "0"으로 만드는 단계와, 상기 이송계(10)의 이송테이블(16)을 기준 위치로 이송시키는 단계와, 상기 서보모터(11)를 반전시키는 단계를 포함하는 백래시 검출 방법.
- [청구항 4] 제3항에 있어서, 상기 백래시값을 결정하는 단계 후에, 상기 공작기계의 수치제어(NC) 장치의 백래시 가속기능을 온(on)시키는 단계와, 상기 공작기계의 수치제어(NC) 장치의 백래시 보정량 파라미터에 상기 결정된 백래시값을 기록하는 단계를 포함하는 백래시 검출 방법.
- [청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 백래시값을 검출한 방향과 반대 방향으로 백래시값을 한 번 더 검출하는 단계를 포함하는 백래시 검출 방법.
- [청구항 6] 수치제어(NC) 공작기계의 이송계(10)의 모터 반전에 의해

발생하는 백래시를 검출하기 위한 백래시 검출 기능을 가지는  
수치제어(NC) 장치에 있어서,  
서보모터(11)의 토크 변화를 기록할 수 있는 메모리 버퍼(30)를  
구비하고,  
메모리 버퍼(30)에 기록된 토크 변화를 관찰하여 토크의 절대값이  
정점(peak)을 이루는 토크 정점을 검출하도록 프로그램되고,  
상기 토크 정점에서의 서보모터(11)의 출력축(11a)이 이송된  
거리를 계산하여 백래시값을 결정하도록 프로그램된  
수치제어(NC) 장치.

[청구항 7]

제6항에 있어서, 상기 수치제어(NC) 장치는 서보모터(11)의  
출력축(11a)을 스텝핑 이송시키면서 각 스텝핑 이송된 위치에서  
서보모터(11)의 토크를 측정하여 상기 메모리 버퍼(30)에  
기록하도록 프로그램되고,  
상기 메모리 버퍼는 각 스텝핑 이송된 위치에서 서보모터(11)의  
토크 절대값을 기록하도록 구성되고,  
상기 수치제어(NC) 장치는 각 스텝핑 이송된 위치에서의 토크의  
절대값과 이전 위치에서의 토크의 절대값을 비교하여 상기 토크  
정점을 검출하도록 프로그램되는 것인 수치제어(NC) 장치.

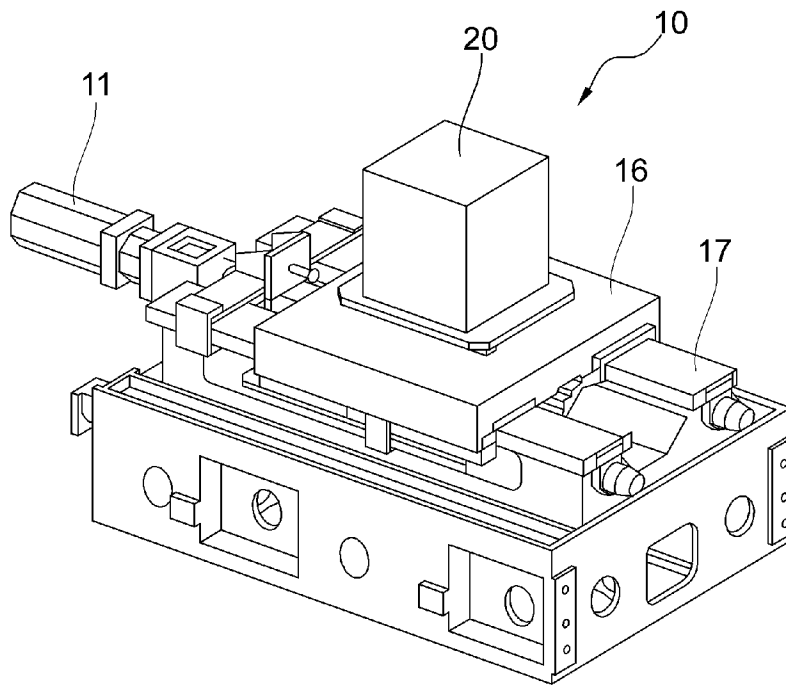
[청구항 8]

제6항에 있어서, 백래시 보정 파라미터를 저장하기 위한 보정  
파라미터 저장부를 구비하고, 상기 보정 파라미터 저장부에 상기  
결정된 백래시값을 기록하도록 프로그램된 수치제어(NC) 장치.

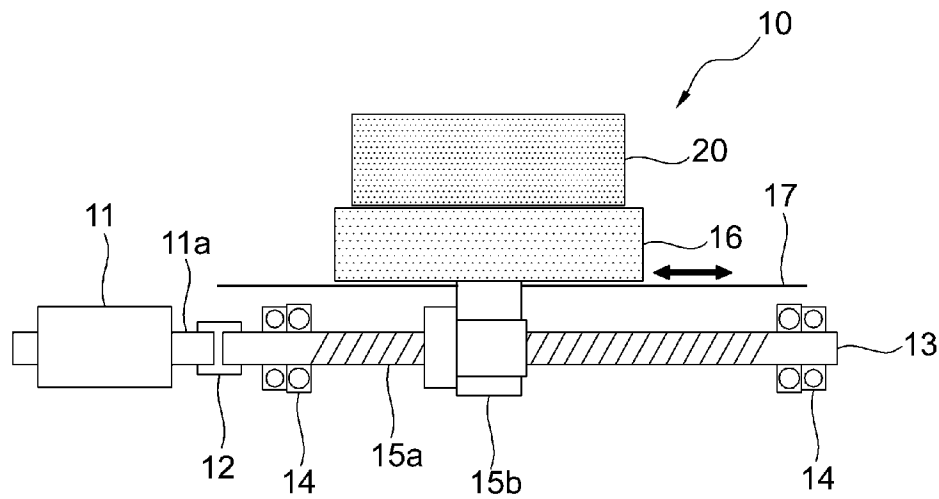
[청구항 9]

제6항에 있어서, 상기 백래시값을 검출한 방향과 반대 방향으로  
백래시값을 한 번 더 검출하도록 프로그램된 수치제어(NC) 장치.

[Fig. 1]

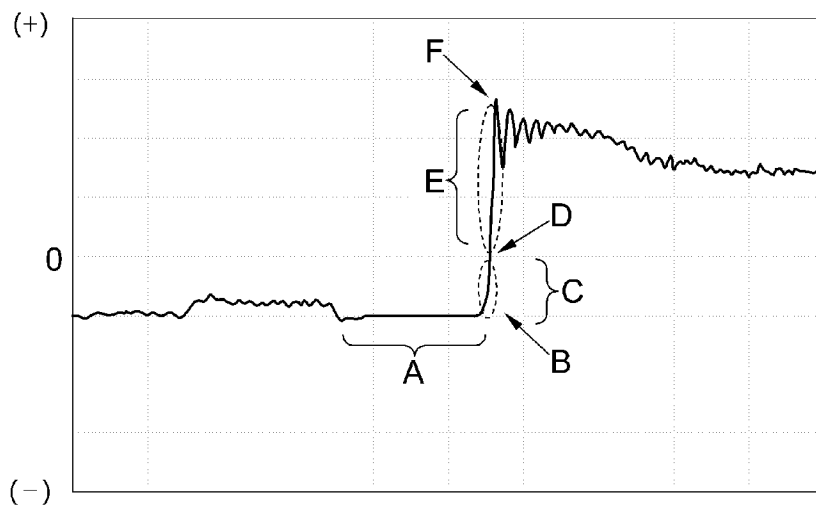


[Fig. 2]



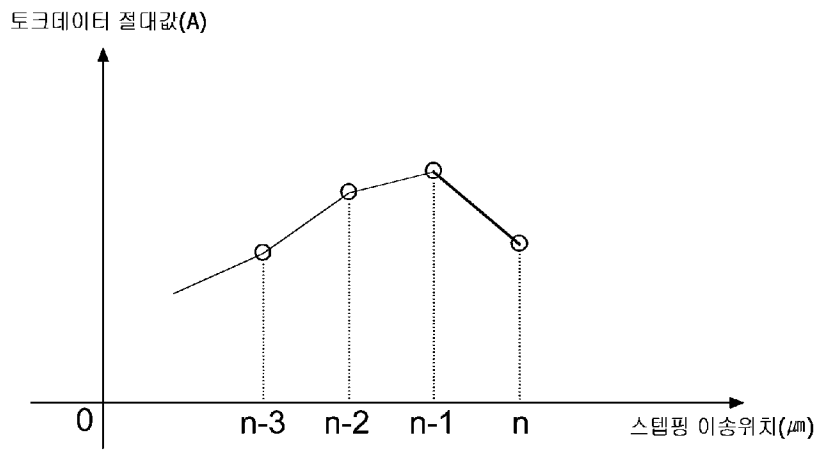
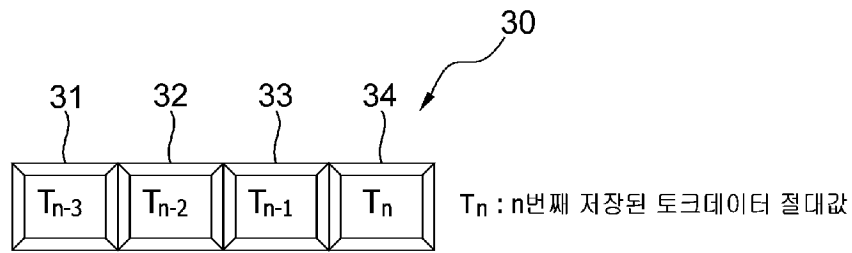
[Fig. 3]

토크

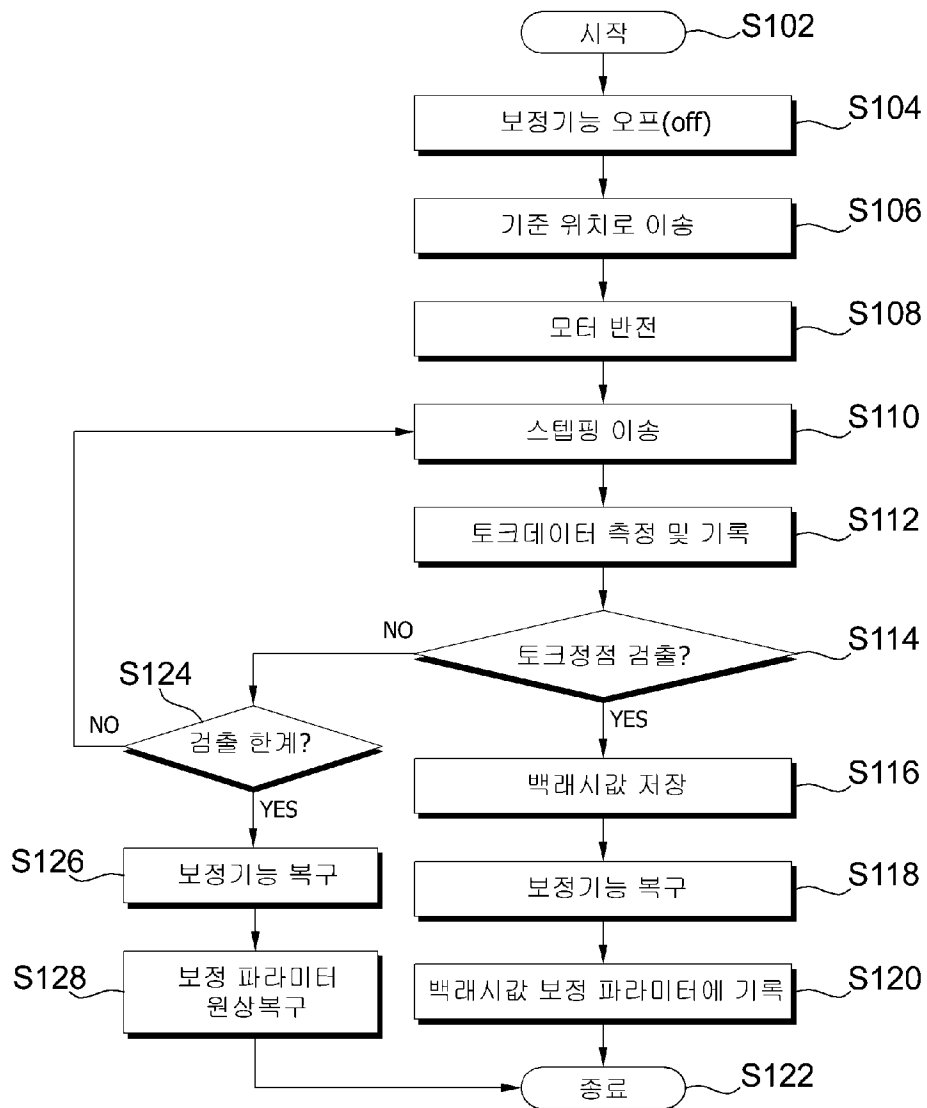


시간

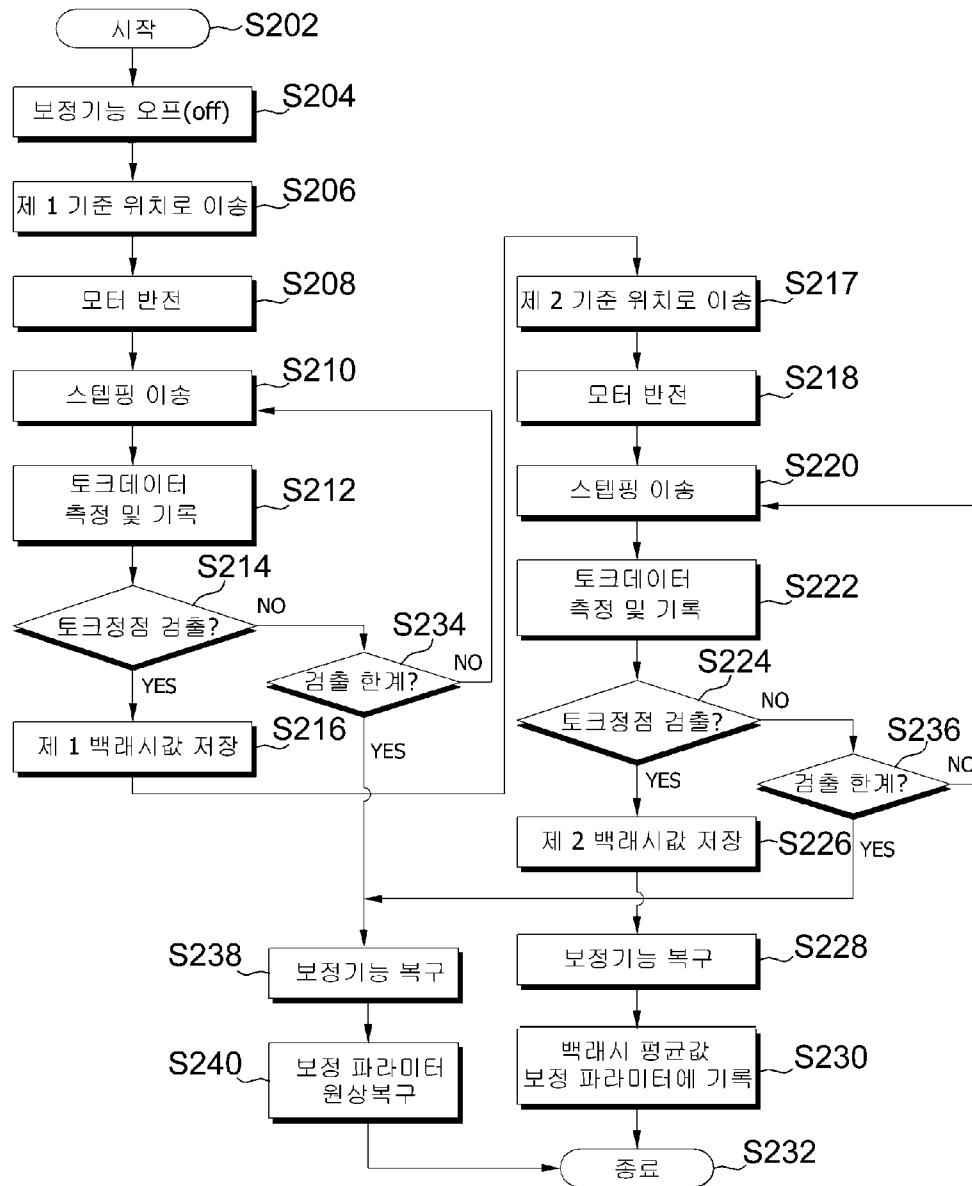
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]

