



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0098520
(43) 공개일자 2008년11월10일

(51) Int. Cl.
F16H 1/32 (2006.01) *F16H 57/04* (2006.01)
F16H 57/02 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2008-7021808
 (22) 출원일자 2008년09월05일
 심사청구일자 없음
 번역문제출일자 2008년09월05일
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2007/052050
 국제출원일자 2007년02월06일
 (87) 국제공개번호 WO 2007/091568
 국제공개일자 2007년08월16일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2006-00029323 2006년02월07일 일본(JP)

(71) 출원인
 나부테스코 가부시키키가이샤
 일본국 도쿄도 미나토쿠 가이칸 1쵸메 9방 18고
 (72) 발명자
 고야마 류헤이
 일본 미에켄 츠시 이쵸다 가타다쵸 594반치 나부
 테스코 가부시키키가이샤 츠고쵸 나이
 히비노 도시하루
 일본 미에켄 츠시 이쵸다 가타다쵸 594반치 나부
 테스코 가부시키키가이샤 츠고쵸 나이
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인코리아나

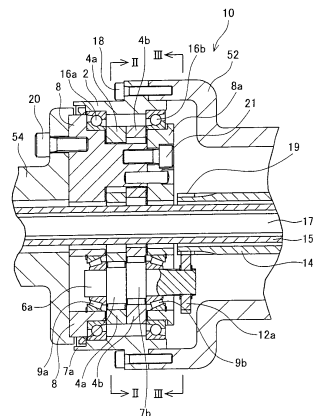
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 감속 기어 장치

(57) 요약

산업용 로봇의 관절부에 사용되는 감속 기어로서, 높은 작동비에서 사용될 때 이에 가해지는 높은 토크를 갖고 내구성은 보장된다. 감속 기어는 제 1 감속 기구와 제 2 감속 기구를 포함하고, 제 2 감속 기구는 회전 작동을 하게 하는 외부 이 기어, 외부 이 기어의 회전 작동을 공전 작동으로 바꾸는 내부 이 기어, 그리고 외부 이 기어와 내부 이 기어 중 하나에 제공된 출력 축을 갖는다. 이러한 감속 기어에 있어서, 내부 이 기어의 내경 (D) 과 출력 축에서 발생된 토크 (T) 사이의 관계가 특정한 조건을 갖고 감속 기어가 작동될 때, 감속 기어에 밀봉된 윤활제에서 발생된 철분의 밀도는 철분 밀도의 증가비가 안정될 때 600 ppm 으로 설정된다. 또는, 내부 이 기어의 내경 (D) 과 출력 축에서 발생된 토크 (T) 사이의 관계가 특정한 조건을 가질 때, 내부 이 기어의 이의 개수는 내부 이 기어와 외부 이 기어 사이의 이의 개수의 차의 특정 배수보다 더 적게 설정된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

구리타 마사카즈

일본 미에켄 츠시 이쵸다 가타다쵸 594번치 나부테
스코 가부시키키가이샤 츠고쵸 나이

히로세 준

일본 미에켄 츠시 이쵸다 가타다쵸 594번치 나부테
스코 가부시키키가이샤 츠고쵸 나이

특허청구의 범위

청구항 1

산업용 로봇의 손목에 부착되는 감속 기어 장치로서, 상기 감속 기어 장치는,

입력 축과 일체로 회전하는 제 1 스피어 기어, 및 상기 제 1 스피어 기어와 맞물리는 제 2 스피어 기어를 포함하는 제 1 감속 기구, 및

상기 제 2 스피어 기어와 일체로 회전하고, 그 회전을 따라, 편심 캠의 편심 회전을 야기하는 크랭크축, 이 편심 캠에 걸린 상태로 편심적으로 회전하는 외부 기어, 및 외부 기어와 맞물린 상태로 외부 기어를 수용하고 외부 기어의 편심 회전을 가능하게 하며, 외부 기어의 이의 개수와 상이한 이의 개수를 갖는 내부 기어를 포함하는 제 2 감속 기구를 포함하고,

상기 내부 기어 및 외부 기어 중 하나는 로봇 암의 기저부측 부재에 고정되고, 내부 기어 및 외부 기어의 다른 하나는 로봇 암의 선단측 부재에 고정되고,

상기 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$,

선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$, 그리고

상기 감속 기어 장치 내에 밀봉된 윤활제의 철분 밀도의 증가의 경향이 감속 기어 장치의 작동 개시의 시점으로부터 미리 정해진 기간 동안 크고, 이 경향은 상기 미리 정해진 기간이 지난 이후에 증가 페이스가 작게 변하고, 이러한 증가의 경향의 변화가 발생할 때 윤활제의 철분 밀도는 600 ppm 이하인 감속 기어 장치.

청구항 2

산업용 로봇의 손목에 부착되는 감속 기어 장치로서, 상기 감속 기어 장치는,

입력 축과 일체로 회전하는 제 1 스피어 기어, 및 상기 제 1 스피어 기어와 맞물리는 제 2 스피어 기어를 포함하는 제 1 감속 기구, 및

상기 제 2 스피어 기어와 일체로 회전하고, 그 회전을 따라, 편심 캠의 편심 회전을 야기하는 크랭크축, 이 편심 캠에 걸린 상태로 편심적으로 회전하는 외부 기어, 및 외부 기어와 맞물린 상태로 외부 기어를 수용하고 외부 기어의 편심 회전을 가능하게 하며, 외부 기어의 이의 개수와 상이한 이의 개수를 갖는 내부 기어를 포함하는 제 2 감속 기구를 포함하고,

상기 내부 기어 및 외부 기어 중 하나는 로봇 암의 기저부측 부재에 고정되고, 내부 기어 및 외부 기어의 다른 하나는 로봇 암의 선단측 부재에 고정되고,

상기 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$,

선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1960 \text{ Nm}$, 그리고

상기 감속 기어 장치 내에 밀봉된 윤활제의 철분 밀도의 증가의 경향이 감속 기어 장치의 작동 개시의 시점으로부터 미리 정해진 기간 동안 크고, 이 경향은 상기 미리 정해진 기간이 지난 이후에 증가 페이스가 작게 변하고, 이러한 증가의 경향의 변화가 발생할 때 윤활제의 철분 밀도는 600 ppm 이하인 감속 기어 장치.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 내부 기어의 이의 개수 (N) 는 내부 기어와 외부 기어 사이의 이의 개수의 차의 40 배 미만인 감속 기어 장치.

청구항 4

산업용 로봇의 손목에 부착되는 감속 기어 장치로서, 상기 감속 기어 장치는,

입력 축과 일체로 회전하는 제 1 스피어 기어, 및 상기 제 1 스피어 기어와 맞물리는 제 2 스피어 기어를 포함하는 제 1 감속 기구, 및

상기 제 2 스피어 기어와 일체로 회전하고, 그 회전을 따라, 편심 캠의 편심 회전을 야기하는 크랭크축, 이 편심 캠에 걸린 상태로 편심적으로 회전하는 외부 기어, 및 외부 기어와 맞물린 상태로 외부 기어를 수용하고 외부 기어의 편심 회전을 가능하게 하며, 외부 기어의 이의 개수와 상이한 이의 개수를 갖는 내부 기어를 포함하는 제 2 감속 기구를 포함하고,

상기 내부 기어 및 외부 기어 중 하나는 로봇 암의 기저부측 부재에 고정되고, 내부 기어 및 외부 기어의 다른 하나는 로봇 암의 선단측 부재에 고정되고,

상기 내부 기어의 내경 (D) 은 $100 \text{ mm} \leq D \leq 140 \text{ mm}$,

선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $290 \text{ Nm} \leq T \leq 650 \text{ Nm}$, 그리고

상기 감속 기어 장치 내에 밀봉된 윤활제의 철분 밀도의 증가의 경향이 감속 기어 장치의 작동 개시의 시점으로부터 미리 정해진 기간 동안 크고, 이 경향은 상기 미리 정해진 기간이 지난 이후에 증가 페이스가 작게 변하고, 이러한 증가의 경향의 변화가 발생할 때 윤활제의 철분 밀도는 600 ppm 이하인 감속 기어 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 내부 기어의 이의 개수 (N) 는 내부 기어와 외부 기어의 이의 개수의 차의 30 배 미만인 감속 기어 장치.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 감속 기어 장치에 밀봉된 윤활제는 합성 탄화수소유와 정제된 광유를 포함하는 기유 (base oil) 와 유기 몰리브덴 및 리튬 비누를 혼합함으로써 얻어지는 윤활제인 감속 기어 장치.

청구항 7

산업용 로봇의 손목에 부착되는 감속 기어 장치로서, 상기 감속 기어 장치는,

입력 축과 일체로 회전하는 제 1 스피어 기어, 및 상기 제 1 스피어 기어와 맞물리는 제 2 스피어 기어를 포함하는 제 1 감속 기구, 및

상기 제 2 스피어 기어와 일체로 회전하고, 그 회전을 따라, 편심 캠의 편심 회전을 야기하는 크랭크축, 이 편심 캠에 걸린 상태로 편심적으로 회전하는 외부 기어, 및 외부 기어와 맞물린 상태로 외부 기어를 수용하고 외부 기어의 편심 회전을 가능하게 하며, 외부 기어의 이의 개수와 상이한 이의 개수를 갖는 내부 기어를 포함하는 제 2 감속 기구를 포함하고,

상기 내부 기어 및 외부 기어 중 하나는 로봇 암의 기저부측 부재에 고정되고, 내부 기어 및 외부 기어의 다른 하나는 로봇 암의 선단측 부재에 고정되고,

상기 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$,

선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$, 그리고

상기 내부 기어의 이의 개수 (N) 는 내부 기어와 외부 기어의 이의 개수의 차의 40 배 미만인 감속 기어 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 내부 기어의 이의 개수 (N) 는 내부 기어와 외부 기어의 이의 개수의 차의 30 배 이하인 감속 기어 장치.

청구항 9

산업용 로봇의 손목에 부착되는 감속 기어 장치로서, 상기 감속 기어 장치는,

입력 축과 일체로 회전하는 제 1 스피어 기어, 및 상기 제 1 스피어 기어와 맞물리는 제 2 스피어 기어를 포함하는 제 1 감속 기구, 및

상기 제 2 스피어 기어와 일체로 회전하고, 그 회전을 따라, 편심 캠의 편심 회전을 야기하는 크랭크축, 이 편심

캠에 걸린 상태로 편심적으로 회전하는 외부 기어, 및 외부 기어와 맞물린 상태로 외부 기어를 수용하고 외부 기어의 편심 회전을 가능하게 하며, 외부 기어의 이의 개수와 상이한 이의 개수를 갖는 내부 기어를 포함하는 제 2 감속 기구를 포함하고,

상기 내부 기어 및 외부 기어 중 하나는 로봇 암의 기저부측 부재에 고정되고, 내부 기어 및 외부 기어의 다른 하나는 로봇 암의 선단측 부재에 고정되고,

상기 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$,

선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1960 \text{ Nm}$, 그리고

상기 내부 기어의 이의 개수 (N) 는 내부 기어와 외부 기어의 이의 개수의 차의 40 배 미만인 감속 기어 장치.

청구항 10

산업용 로봇의 손목에 부착되는 감속 기어 장치로서, 상기 감속 기어 장치는,

입력 축과 일체로 회전하는 제 1 스피어 기어, 및 상기 제 1 스피어 기어와 맞물리는 제 2 스피어 기어를 포함하는 제 1 감속 기구, 및

상기 제 2 스피어 기어와 일체로 회전하고, 그 회전을 따라, 편심 캠의 편심 회전을 야기하는 크랭크축, 이 편심 캠에 걸린 상태로 편심적으로 회전하는 외부 기어, 및 외부 기어와 맞물린 상태로 외부 기어를 수용하고 외부 기어의 편심 회전을 가능하게 하며, 외부 기어의 이의 개수와 상이한 이의 개수를 갖는 내부 기어를 포함하는 제 2 감속 기구를 포함하고,

상기 내부 기어 및 외부 기어 중 하나는 로봇 암의 기저부측 부재에 고정되고, 내부 기어 및 외부 기어의 다른 하나는 로봇 암의 선단측 부재에 고정되고,

상기 내부 기어의 내경 (D) 은 $100 \text{ mm} \leq D < 140 \text{ mm}$,

선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $290 \text{ Nm} \leq T < 650 \text{ Nm}$, 그리고

상기 내부 기어의 이의 개수 (N) 는 내부 기어와 외부 기어의 이의 개수의 차의 30 배 미만인 감속 기어 장치.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 입력 축과 외부 기어는 각각 입력 축과 외부 기어의 중심을 통과하는 관통공을 포함하고, 다른 감속 기어 장치를 위한 입력 축이 각각의 관통공을 통과할 수 있는 감속 기어 장치.

청구항 12

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 내부 기어와 외부 기어의 이의 개수의 차는 1 인 감속 기어 장치.

청구항 13

산업용 로봇의 손목에 부착되는 감속 기어 장치로서, 상기 감속 기어 장치는,

입력 축과 일체로 회전하는 제 1 스피어 기어, 및 상기 제 1 스피어 기어와 맞물리는 제 2 스피어 기어를 포함하는 제 1 감속 기구, 및

상기 제 2 스피어 기어와 일체로 회전하고, 그 회전을 따라, 편심 캠의 편심 회전을 야기하는 크랭크축, 이 편심 캠에 걸린 상태로 편심적으로 회전하는 외부 기어, 및 외부 기어와 맞물린 상태로 외부 기어를 수용하고 외부 기어의 편심 회전을 가능하게 하며, 외부 기어의 이의 개수와 상이한 이의 개수를 갖는 내부 기어를 포함하는 제 2 감속 기구를 포함하고,

상기 내부 기어 및 외부 기어 중 하나는 로봇 암의 기저부측 부재에 고정되고, 내부 기어 및 외부 기어의 다른 하나는 로봇 암의 선단측 부재에 고정되고,

상기 제 1 감속 기구의 감속비와 제 2 감속 기구의 감속비는 감속 기어 장치의 열을 억제하는 범위에서 선택되

는 감속 기어 장치.

명세서

기술분야

<1> 본 출원은 2006년 2월 7일에 출원된 일본 특허 출원 No. 2006-029323의 우선권을 주장하며, 그 출원의 내용은 여기서 본 명세서에 참조에 의해 통합된다.

<2> 본 발명은 산업용 로봇에 장착된 감속 기어 장치에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 산업용 로봇의 손목에 적절하게 사용될 수 있는 감속 기어 장치, 및 입력 축(input shaft)에 가해지는 회전수를 감소시키며, 산업용 로봇의 손목 관절의 선단부에 위치한 부분을 구성하는 부재의 회전을 야기하는 감속 기어 장치에 관한 것이다.

배경기술

<3> 입력 축에 가해지는 회전수를 감소시키고, 관절의 선단부에 위치한 부분을 구성하는 부재의 회전을 야기하는 산업용 로봇의 관절에 부착된 감속 기어 장치가 당업계에 알려져 있다. 이러한 감속 기어 장치는 컴팩트하면서도 크게 감속하는 능력을 가져야만 하고, 외부 기어와 이 외부기어와 상이한 개수의 이(teeth)를 갖는 내부 기어를 포함하고, 내부 기어와 맞물린 외부 기어가 편심적으로 회전할 때 서로에 대해 회전하는 내부 기어와 외부 기어의 현상을 이용한다. 이의 기본 구성은 일본 특허 출원 문헌 No. S62-218087에 설명되어 있다.

일본 특허 출원 문헌 No. S62-218087에 설명된 감속 기어 장치는, 회전에 의해 편심 캠이 편심적으로 회전하도록 야기하는 크랭크축과, 편심 캠에 걸리는 외부 기어를 포함하며, 편심 캠은 크랭크축이 회전될 때 편심적으로 회전하고, 그 결과 외부 기어는 편심적으로 회전한다.

<4> 외부 기어의 회전이 허용되지 않는 경우, 내부 기어는 출력 축의 중심 축선을 중심으로 회전한다. 반대로, 내부 기어의 회전이 허용되지 않는 경우, 외부 기어는 출력 축의 중심 축선을 중심으로 공전하면서 회전한다.

입력 축에 가해지는 회전수는 감소될 수 있고, 내부 기어 또는 외부 기어의 회전을 출력 축에 전달함으로써 출력 축에 전달될 수 있다.

<5> 산업용 로봇은 다수의 관절을 갖고 각 관절은 감속 기어 장치를 이용하는 경우가 종종 있다. 관절에 부착된 감속 기어 장치를 갖는 산업용 로봇이 일본 특허 출원 문헌 No. S63-185595에 설명되어 있다. 일본 특허 출원 문헌 No. S63-185595에 설명된 산업용 로봇은 로봇 암의 손목부에 3개의 관절을 갖고, 3개의 감속 기어 장치가 이 손목부에 내장된다.

<6> 도 4는 산업용 로봇(30)의 개략도를 나타낸다. 산업용 로봇(30)은 제 1관절(31), 제 2관절(32), 제 3관절(33), 제 4관절(34), 제 5관절(35), 및 제 6관절(36)을 갖는다. 즉, 산업용 로봇(30)은 조합되어 있는 6개의 축의 회전 운동에 의해 작동한다.

<7> 제 1관절(31)은 설치면에 고정되고, 중심 축선(CL1)을 중심으로 회전할 수 있다. 제 2관절(32)은 중심 축선(38)을 중심으로 회전할 수 있다. 제 3관절(33)은 중심 축선(40)을 중심으로 회전할 수 있다. 제 4관절(34)은 중심 축선(CL2)을 중심으로 회전할 수 있다. 제 5관절(35)은 중심 축선(42)을 중심으로 회전할 수 있다. 제 6관절(36)은 중심 축선(CL3)을 중심으로 회전할 수 있고, 로봇 암(도시되지 않음)이 제 6관절(36)의 선단부에 고정되고, 이에 의해 작업물(작업 대상)이 이동되거나 처리된다.

<8> 감속 기어 장치가 각 관절(31, 32, 33, 34, 35, 및 36)에 내장된다. 제 1관절(31), 제 2관절(32), 및 제 3관절(33)은 산업용 로봇(30)의 3개의 기본 축으로 불린다. 제 4관절(34), 제 5관절(35), 및 제 6관절(36)은 산업용 로봇(30)의 3개의 손목 축으로 불리고, 로봇의 기저부 암의 선단부를 형성한다. 제 4관절(34)은 어깨부(44)에 부착된 모터(46)의 회전수를 감소시키고 제 4관절(34)의 선단축에 위치한 부재를 중심 축선(CL2)을 중심으로 회전하게 하는 감속 기구를 포함한다. 제 5관절(35)은 어깨부(44)에 부착된 모터(48)의 회전수를 감소시키고 제 5관절(35)의 선단축에 위치한 부재를 중심 축선(42)을 중심으로 회전하게 하는 감속 기구를 포함한다. 제 6관절(36)은 어깨부(44)에 부착된 모터(50)의 회전수를 감소시키고 제 6관절(36)의 선단축에 위치한 부재를 중심 축선(CL3)을 중심으로 회전하게 하는 감속 기구를 포함한다.

<9> 도 5는 산업용 로봇(30)의 3개의 손목 축의 토크 전달 회로도를 나타낸다. 모터(50)는 도시되지 않았

다.

- <10> 모터(46)의 토크는 스피어 기어 (spur gear) (14a)를 통해 중공축 (14)에 전달된다. 중공축 (14)은 로봇의 기저부 압 (52)을 통과하고, 토크는 이를 통해 제 4관절 (34)의 감속 장치로 전달되어, 제 4관절 (34)의 선단측에 있는 부재를 화살표 (41)방향으로 회전하게 한다.
- <11> 모터 (48)의 토크는 기어 (15a)를 통해 중공축 (15)에 전달된다. 중공축 (15)은 중공축 (14)을 통과하고, 토크를 기어 (15b)에 전달한다. 기어 (15b)는 기어 (15c)와 직각이며 이와 맞물려 있고, 기어 (15b)와 기어 (15c)사이의 회전 방향은 90도 바뀌게 된다. 기어 (15c)에 전달된 토크는 제 5관절 (35)의 감속 기어 장치에 전달되어, 제 5관절 (35)의 선단측에 있는 부재를 화살표 (43)방향으로 회전하게 한다.
- <12> 모터 (도시되지 않음) (50)의 토크는 기어 (17a)를 통해 축 (17)에 전달된다. 축 (17)은 중공축 (15)을 통과하고, 토크를 기어 (17b)에 전달한다. 기어 (17b)는 기어 (17c)와 직각이며 이와 맞물려 있고, 기어 (17c)에 전달된 토크는 기어 (17c)에 고정되어 있는 스피어 기어 (17d)에 의해 스피어 기어 (17e)에 전달된다. 토크가 기어 (17b)에서 기어 (17c)로 전달될 때 회전 방향은 90도 바뀌게 된다. 기어 (17e)에 전달된 토크는 기어 (17e)에 고정되어 있고 기어 (17g)와 직각이고 이와 맞물려 있는 기어 (17f)에 전달된다. 토크가 기어 (17f)에서 기어 (17g)로 전달될 때 회전 방향은 90도 바뀌게 되고, 기어 (17g)의 회전 방향은 모터 (50)의 회전 방향과 동일하게 된다. 기어 (17g)에 전달되는 토크는 제 6관절 (36)의 감속 기어 장치에 전달되어, 제 6관절 (36)의 선단측에 있는 부재를 화살표 (45)방향으로 회전하게 한다.

발명의 상세한 설명

- <13> 더욱더 엄격한 요구가 산업용 로봇에 요구되고 있다. 예컨대 산업용 로봇에 의해 이동되는 작업물은 더욱더 무거워지고 있고, 출력 축에 전달되는 토크 (T)의 증가를 요구하고 있다. 또한, 산업용 로봇의 작동비는 더욱더 커지고 있다. 여기서, 작동비는 로봇이 부하를 견디는 상태에서 작동하는 시간을 로봇이 작동하는 시간으로 나눈 비율을 나타낸다. 로봇이 부하를 견디는 상태로 작동하는 시간이 더 길어질수록, 로봇이 정지하는 시간은 더 짧아진다. 한편, 압에 대해 더 가벼워지고 직경이 더 작아지는 것에 대한 요구가 있다.
- <14> 산업용 로봇에 요구되는 요구에 대하여, 로봇의 관절에 부착된 상태로 이용되는 감속 기어 장치는 또한 크기는 작으면서 큰 부하를 전달할 수 있는 능력이 요구되고, 높은 작동비로 이용될 때라고 하더라도 높은 내구성 (긴 수명)을 갖는 것이 요구된다.
- <15> 본 발명자의 연구로부터 감속 기어 장치의 내구성은 감속 기어 장치의 온도에 의해 크게 영향을 받는 것이 발견되었다. 감속 기어 장치가 출력 축에 높은 토크가 전달되는 상태로 높은 작동비로 이용될 때 감속 기어 장치는 열을 발생한다. 감속 기어 장치가 뜨겁게 되면, 감속 기어 장치에 넣어져 있는 윤활제 (기름, 그리스 (grease) 등)는 가열된다. 윤활제는 밀봉 부재, 로봇 부재 등에 의해 감속 기어 장치 내에 밀봉된다.
- <16> 윤활제의 점도는 그 온도가 상승함에 따라 줄어들고, 윤활제는 온도의 상승에 비례하여 유막 강도 (oil film strength)가 저하되는 특성을 갖는다. 즉, 감속 기어 장치의 내구성은 감속 기어 장치의 온도에 크게 영향을 받는다. 윤활제는 감속 기어 장치가 감속 기어 장치의 출력 축에 높은 토크가 전달되는 상태로 높은 작동비로 이용될 때 뜨겁게 되고, 감속 기어 장치의 내구성은 급격하게 낮아진다. 산업용 로봇의 출력 축에 대하여 증가하는 토크가 요구되고 더 높은 작동비가 산업용 로봇에 요구됨에 따라, 감속 기어 장치의 가열은 심각한 문제가 되고 있고, 감속 기어 장치의 내구성의 저하는 심각한 문제가 되고 있다.
- <17> 내부 기어의 내경 (D)이 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 압의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T)가 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 인 경우, 또는 내부 기어의 내경 (D)이 $100 \text{ mm} \leq D < 140 \text{ mm}$, 그리고 로봇 압의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T)가 $290 \text{ Nm} \leq T < 650 \text{ Nm}$ 인 경우에, 종래의 감속 기어 장치의 윤활제의 온도는 상승하고, 감속 기어 장치가 높은 부하가 전달되는 상태로 높은 작동비로 이용된다면 감속 기어 장치의 내구성은 크게 저하된다. 또한, 상기 언급된 경우와 유사한 그 후의 연구에서, 내부 기어의 내경 (D)이 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 압의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T)는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1960 \text{ Nm}$ 인 경우에, 감속 기어 장치가 높은 부하가 전달되는 상태로 높은 작동비로 이용된다면 종래의 감속 기어 장치의 내구성은 크게 저하된다.
- <18> 감속 기어 장치의 내구성의 저하에 대처하는데 감속 기어 장치의 열 복사 성능을 증가시키는 것이 효과적인데 이는 감속 기어 장치의 열의 증가를 억제하기 때문이다. 하지만, 감속 기어 장치의 열 복사 성능을 증가시키는 것은 감속 기어 장치의 크기의 증가를 수반한다. 상기 설명된 것과 같이, 로봇 압이 더 작아지고 가벼

워지는 것에 대한 요구가 있고, 또한 로봇 암의 관절에 부착되는 감속 기어 장치가 더 작아지는 것에 대한 요구가 있다. 따라서 감속 기어 장치의 열 복사 성능의 개선에 의한 감속 기어 장치의 내구성의 저하를 대처하는 것은 어렵다.

- <19> 이를 처리하기 위해, 감속 기어 장치에 의한 열의 발생을 억제하는 것이 중요해지고 있다. 로봇의 관절부에 끼워진 감속 기어 장치는 감속 기어 장치와 입력 축을 연결하기 위해 한 쌍의 기어를 이용한다. 종종, 제 1 감속 기구가 이러한 쌍의 기어로 실현되고, 그 후 큰 감속을 수행하는 제 2 감속 기구가 이에 연결된다. 편심적으로 회전하는 외부 기어와 맞물리는 내부 기어를 이용하는 감속 기구는 제 2 감속 기구이다. 이하에, 서로 연결되는 제 1 감속 기구와 제 2 감속 기구가 감속 기어 장치라고 부를 것이다.
- <20> 편심적으로 회전하는 외부 기어와 맞물리는 내부 기어를 이용하는 감속 기구는 컴팩트할 수 있으면서, 큰 감속을 야기할 수 있다. 종래의 감속 기어 장치에서, 제 2 감속 기구가 주로 설계된다. 한 쌍의 기어를 포함하는 제 1 감속 기구의 감속비는 비교적 간단한 방법으로 조정될 수 있다. 그 결과, 제 2 감속 기구가 허용할 수 있는 크기와 전달되는 토크의 큰 양을 갖도록 결정된 이후, 제 1 감속 기구의 감속비는 제 2 감속 기구의 감속비와 감속 기어 장치가 요구하는 전체 감속비를 기본으로 하여 결정된다.
- <21> 본 발명자의 연구로부터 상기 언급된 설계 컨셉에 문제가 있다는 것이 발견되었다. 예컨대, 입력 축의 1000 rpm 의 회전이 감속 기어 장치에 의해 10 rpm 으로 감소되는 경우가 고려될 수 있다. 이러한 경우, 전체 감속비가 100 인 감속 기어 장치가 요구된다.
- <22> 전체 감속비가 100 인 감속 기어 장치가 형성되는 경우에, 제 1 감속 기구는 2.5 의 감속비를 가질 수 있고 제 2 감속 기구는 40 의 감속비를 가질 수 있으며, 제 1 감속 기구는 3.3 의 감속비를 가질 수 있고 제 2 감속 기구는 30 의 감속비를 가질 수 있거나, 또는 제 1 감속 기구는 4 의 감속비를 가질 수 있고 제 2 감속 기구는 25 의 감속비를 가질 수 있다. 전체 감속비가 100 인 한, 감속 기어 장치에 의해 발생하는 열의 전체 양은 상기 어떠한 조합이 이용되더라도 동일할 것이라는 것이 보통 예측될 수 있다. 종래 기술에서는, 제 1 감속 기구의 감속비와 제 2 감속 기구의 감속비의 조합은 발생된 열의 전체 양에 대한 효과를 고려하지 않고 결정되었다. 실제로 제 2 감속 기구는 제 1 감속 기구보다 더 복잡하고 정밀한 구조를 필요로 한다. 이러한 이유로 인해, 몇몇 종류의 제 2 감속 기구가 제공되고 이들 중 제 2 감속 기구가 선택된 이후, 제 1 감속 기구를 형성하는 한 쌍의 기어의 이의 비는 조정되고, 이에 의해 감속 기어 장치의 요구되는 전체 감속비가 실현된다. 감속 기어 장치가 상기 방법으로 제작될 때, 감속 기어 장치에 의해 발생하는 열의 양이 제 1 감속 기구의 감속비와 제 2 감속 기구의 감속비의 조합에 따라 상이하다는 것은 종래에는 인식되지 않았었다.
- <23> 하지만, 본 발명자의 연구로부터 감속 기어 장치에 의해 발생된 열의 전체 양은 비록 동일한 전체 감속비가 얻어지더라도 제 1 감속 기구의 감속비와 제 2 감속 기구의 감속비의 조합에 따라 상이할 수 있다는 것이 발견되었다. 본 발명자는 제 1 감속 기구의 감속비가 증가되고 제 2 감속 기구의 감속비가 줄어든다면 발생된 열의 전체 양은 더 작아진다는 것을 발견하였다. 감속 기어 장치에 의해 발생된 열의 양을 억제하기 위한 새로운 설계 방법이 이러한 발견을 기초로 하여 판명되었다.
- <24> 종래의 설계 방법에서는, 컴팩트할 수 있으면서 큰 감속을 야기할 수 있는 제 2 감속 기구가 설계하는데 중요했고, 제 2 감속 기구의 특징을 제공하기 위해, 예컨대 40 의 감속비를 갖는 제 2 감속 기구, 52 의 감속비를 갖는 제 2 감속 기구, 60 의 감속비를 갖는 제 2 감속 기구 등이 제공되었다. 제 2 감속 기구의 감속비가 40 미만이라면, 제 1 감속 기구의 감속비를 증가시켜야했고, 따라서 컴팩트하면서 큰 감속을 야기하는 제 2 감속 기구의 이점은 실현될 수 없었다.
- <25> 종래의 설계 방법에서, 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단축 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 인 경우, 제 2 감속 기구의 최저 감속비는 40 이었다.
- <26> 또한, 내부 기어의 내경 (D) 은 또한 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단축 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1960 \text{ Nm}$ 인 경우, 제 2 감속 기구의 최저 감속비는 40 이었다.
- <27> 또한, 내부 기어의 내경 (D) 은 $100 \text{ mm} \leq D < 140 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단축 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $290 \text{ Nm} \leq T < 650 \text{ Nm}$ 인 경우, 제 2 감속 기구의 최저 감속비는 30 이었다.
- <28> 본 발명자의 연구에 의해 내부 기어의 내경 (D) 이 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단축 부재에 전달되는 토크 (T) 가 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 또는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 인 경우, 제 2 감속 기구의 감속비가 40 이상인 것은 감속 기어 장치에 의해 발생된 열의 전체 양의 관점에서 볼 때 가장 적절한 설계가 아니라는 것이 확인되었고, 제 2 감속 기구의 감속비를 40 미만 (그리고 전체 감속비는 동일하게 유지하기 위해 제 1 감속

속 기구의 감속비를 증가시킴으로써) 으로 억제함으로써 감속 기어 장치에 의해 발생하는 열의 전체 양을 억제할 수 있는 것이 확인되었다.

- <29> 도 6 의 그래프는 감속 기어 장치의 온도 증가와 감속 기어 장치의 출력 축의 회전수 사이의 관계를 나타낸다. 그래프의 수직축은 감속 기어 장치의 온도 증가 (°C) 를 나타내고, 그래프의 가로축은 회전수 (rpm) 를 나타낸다. 도의 숫자는 내부 기어의 이의 개수를 나타내고, 제 2 감속 기구의 감속비와 동일하다. 제 1 감속 기구의 감속비는 제 2 감속 기구의 감속비와 반비례하도록 조정되고, 감속 기어 장치의 전체 감속비는 모든 곡선에서 대략 80 이다. 또한, 출력 축에 전달되는 토크는 모든 곡선에서 690 Nm 이고, 제 2 감속 기구의 크기는 동일하다. 모든 곡선에서, 입력 축에 입력되는 토크와 회전수는 동일하고, 출력 축에 전달되는 토크와 회전수는 동일하다. 즉, 감속 기어 장치에 의해 수행되는 작업량은 모든 곡선에서 동일하다.
- <30> 곡선 (C52) 은 제 2 감속 기구의 감속비가 52 인 경우에 감속 기어 장치의 출력 회전수와 감속 기어 장치의 온도 증가 사이의 관계를 나타내고, 곡선 (C40) 은 제 2 감속 기구의 감속비가 40 인 경우에 출력 회전수와 온도 증가 사이의 관계를 나타내고, 곡선 (C28) 은 제 2 감속 기구의 감속비가 28 인 경우에 출력 회전수와 온도 증가 사이의 관계를 나타낸다. 도 6 에서의 온도 증가는 감속 기어 장치가 정해진 출력 회전수로 연속적으로 작동할 때, 감속 기어 장치가 연속적으로 작동하기 전의 온도와 온도가 더 이상 변하지 않는 상태의 온도 사이의 온도차를 나타낸다.
- <31> 도 6 으로부터 분명한 것과 같이, 감속 기어 장치의 온도는 출력 회전수가 높을 때 증가하는 것으로 이해될 수 있다. 이는, 감속 기어 장치에 의해 수행되는 작업량이 증가될 때, 감속 기어 장치의 온도가 대응적으로 증가되는 것을 나타낸다.
- <32> 감속 기어 장치에 의해 수행되는 작업량과 발생하는 열의 양이 대응한다면, 곡선 (C52), 곡선 (C40), 및 곡선 (C28) 이 동일하게 되는 것이 예상된다. 이는 감속 기어 장치의 전체 감속비가 동일하고, 수행되는 작업량이 동일하기 때문이다. 하지만, 곡선 (C52), 곡선 (C40), 및 곡선 (C28) 은 동일하지 않다. 이는 제 1 감속 기구의 감속비가 대응적으로 더 작더라도, 제 2 감속 기구의 감속비가 더 클 때 (곡선 (C52) 참조) 발생하는 열의 전체 양은 큰 것으로 이해될 수 있고, 이와 대조적으로 제 1 감속 기구의 감속비가 대응적으로 더 작더라도, 제 2 감속 기구의 감속비가 더 작을 때 (곡선 (C28) 참조) 발생하는 열의 전체 양은 작은 것으로 이해될 수 있다.
- <33> 따라서 출력 회전수가 더 클수록, 발생하는 열의 전체 양의 차는 더 커지는 것으로 이해될 수 있다. 출력 회전수가 낮을 때에는 두드러지지 않는 발생된 열의 전체 양의 차는, 출력 회전수가 증가할 때 더 커지게 된다.
- <34> 도 7 의 그래프는 가로축에서 감속 기어 장치의 작동 시간을 나타내고, 수직축에서 감속 기어 장치에 의해 발생하는 철분 (iron powder) 의 양을 나타낸다. 감속 기어 장치에 넣어져 있는 윤활제에 섞인 철분의 양이 측정되었고, 이는 감속 기어 장치에서 발생된 마모의 양과 대응한다. 또한, 감속 기어 장치는 윤활제가 이에 넣어져 있고 밀봉된 상태에서 이용된다.
- <35> 도 7 에 나타낸 곡선 (C70) 은 감속 기어 장치가 미리 정해진 부하에서 연속적으로 작동되는 경우를 나타낸다. 마모 증가의 양이 감속 기어 장치의 작동이 개시된 시점 (이는 이후에 초기 마모 현상이라고 부를 수 있다) 으로부터 미리 정해진 기간 동안 감속 기어 장치의 작동 시간에 비례하지만, 그 후 마모의 증가 페이스가 낮아지는 안정기 (72) 에 도달되었다. 이는 감속 기어 장치의 작동 수명의 끝 직전까지 낮은 마모의 증가 페이스로 감속 기어 장치의 작동을 연속할 수 있다는 것을 나타낸다.
- <36> 한편 곡선 (68) 은 전체 감속비는 동일하지만 제 2 감속 기구의 감속비는 더 높은 감속 기어 장치가 미리 정해진 부하에서 연속적으로 작동하는 경우를 나타낸다. 감속 기어 장치의 마모 페이스는 곡선 (70) 의 초기 마모 페이스보다 더 빠르게 진행된다. 빠른 마모 페이스는 감속 기어 장치의 작동이 개시된 시점으로부터 유지되며, 안정기 (72) 는 얻을 수 없다.
- <37> 또한, 본 발명자의 연구로부터 내부 기어의 내경 (D) 이 작고 출력 토크 (T) 가 작은 경우에 다른 감속비 범위가 존재한다는 것이 발견되었다. 즉, 내부 기어의 내경 (D) 은 $100 \text{ mm} \leq D < 140 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $290 \text{ Nm} \leq T < 650 \text{ Nm}$ 인 경우, 제 2 감속 기구의 감속비를 30 미만으로 억제함으로써 (이에 따라 제 1 감속 기구의 감속비가 증가되는 것이 요구됨) 감속 기어 장치의 내구성의 저하가 억제될 수 있다.
- <38> 본 발명자의 연구로부터 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 인 경우에 제 2 감속 기구의 감속비를 40 미만으로 억제함으로써,

그리고 내부 기어의 내경 (D) 은 $100 \text{ mm} \leq D < 140 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $290 \text{ Nm} \leq T < 650 \text{ Nm}$ 인 경우에 제 2 감속 기구의 감속비를 30 미만으로 억제함으로써 (이에 따라 제 1 감속 기구의 감속비가 증가되는 것이 요구됨), 감속 기어 장치에 의해 발생된 열의 전체 양은 억제될 수 있고, 감속 기어 장치의 내구성의 저하를 피할 수 있다는 것이 판명되었다.

- <39> 상기 설명된 것과 같이, 윤활제의 온도가 낮은 상태로 감속 기어 장치가 작동될 때 마모 페이스가 낮은 안정기를 얻을 수 있다. 하지만, 감속 기어 장치는 안정기가 얻어진다고 해도 그 원하는 내구성을 충족하지 못할 수 있다. 감속 기어 장치의 내구성은 정격 수명 기간으로 나타내어진다. 정격 수명 기간은 감속 기어 장치가 정격 토크 및 정격 출력 회전수로, 그리고 대략 6000 ~ 8000 시간 작동될 때의 수명 기간이다. 상기 설명된 것과 같이, 로봇에 의해 이동되는 작업물 등은 더 무거워지고, 산업용 로봇의 작동비는 더 높아지고 있다. 종래의 작동 조건하의 정격 수명 기간을 충족할 수 있는 감속 기어 장치는 작동비가 높고 토크가 높은 조건하의 정격 수명 기간을 충족하지 못할 수 있다. 감속 기어 장치의 내구성이 정격 수명 기간보다 더 짧게 된다면, 로봇이 작동하는 동안 감속 기어 장치는 파손될 수 있고, 이는 로봇의 보수 및 점검을 빈번하게 수행할 필요가 있게 될 수 있다.
- <40> 감속 기어 장치에서, 감속 기어 장치의 내부에 넣어져 있는 윤활제 내에 섞인 철분의 밀도는 (밀도는 이후에 철분 밀도라고 부를 수 있음) 감속 기어 장치의 마모에 의해 증가된다. 철분 밀도가 1000 ppm 이상에 도달할 때, 감속 기어 장치의 가동부는 과도하게 마모된 상태이다. 또한, 윤활제 (철분 밀도가 1000 ppm 이상에 도달된 윤활제) 는 감속 기어의 가동부 사이에 존재할 때, 이러한 가동부는 더욱 마모된다. 즉, 감속 기어 장치의 마모는 철분 밀도가 1000 ppm 이상에 도달할 때 매우 큰 속도로 진행되고, 따라서 감속 기어 장치는 손상된다. 감속 기어 장치는 정격 수명 기간 동안 작동된 이후 철분 밀도를 1000 ppm 미만으로 유지하는 내구성을 갖는 것이 요구된다.
- <41> 본 발명자의 연구로부터 작동비가 높고 토크가 높은 조건 하에서 감속 기어 장치가 이용된다고 하더라도 감속 기어 장치의 내구성이 정격 수명 기간을 충족하는 것에 의해 조건이 명백하게 되었다.
- <42> 도 9 의 그래프는 가로축에 감속 기어 장치의 작동 시간을 나타내고, 수직축에 감속 기어 장치에 넣어져 있는 윤활제의 철분 밀도 (단위 : ppm) 를 나타낸다. 곡선 (C1 ~ C6) 에서, 제 2 감속 기구의 감속비의 크기는 $C1 < C2 < C3 < C4 < C5 < C6$ 의 순서로 나타낼 수 있다 (감속 기어 장치의 전체 감속비는 동일하다). 즉, 곡선 (C1 ~ C5) 은 감속 기어 장치의 마모 페이스가 낮은 안정기를 갖는다. 하지만, 안정기가 존재하더라도 곡선 (C5) 에서 감속 기어 장치의 내구성은 정격 수명 기간을 충족하지 못한다. 안정기에 도달되기 전에 곡선 (C5) 에서 철분 밀도는 600 ppm 을 초과하고, 정격 수명 기간이 도달되기 전에 또한 1000 ppm 을 초과한다. 상기 설명된 것과 같이, 철분 밀도가 1000 ppm 에 도달할 때 감속 기어 장치의 마모는 큰 속도로 진행되고, 따라서 감속 기어 장치는 손상된다.
- <43> 곡선 (C5) 에서, 안정기에 도달하기 전에 철분 밀도는 600 ppm 을 초과한다. 상기 설명된 것과 같이, 다량의 철분이 윤활제에 혼합될 때, 이러한 철분은 감속 기어 장치의 가동부를 깎아낸다. 즉, 마모 페이스가 낮은 안정기가 존재하더라도, 안정기에 도달하기 전에 철분 밀도가 600 ppm 을 초과한다면 안정기 동안 마모 페이스를 현저하게 억제할 수 없는 것이 명백해졌다.
- <44> 곡선 (C1 ~ C5) 에 나타낸 것과 같이, 안정기에 도달했을 때 철분 밀도가 600 ppm 이하인 경우 감속 기어 장치의 내구성은 정격 수명 기간을 충족한다. 즉, 정격 수명 기간에 도달했을 때 철분 밀도는 1000 ppm 에 도달하지 않는다. 또한, 곡선 (C6) 은 안정기를 갖지 않고 연속하여 증가한다.
- <45> 곡선 (C1) 은 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 인 경우에 제 2 감속 기구의 감속비를 30 이하로 함으로써 얻어질 수 있다.
- <46> 본 발명은 상기 언급된 발견의 계발에 의해 창조된 감속 기어 장치이며, 산업용 로봇의 관절부에 사용된다. 본 발명의 감속 기어 장치에는 제 1 감속 기구와 제 2 감속 기구가 제공된다.
- <47> 제 1 감속 기구는 입력 축과 일체로 회전하는 제 1 스피어 기어, 및 이 제 1 스피어 기어와 맞물리는 제 2 스피어 기어를 포함하는 제 1 감속 기구를 포함한다.
- <48> 제 2 감속 기구는 제 2 스피어 기어와 일체로 회전하고, 그 회전과 함께, 편심 캠의 편심 회전을 야기하는 크랭크 축, 이 편심 캠에 걸린 상태로 편심적으로 회전하는 외부 기어, 및 외부 기어에 걸린 상태로 외부 기어를 수용하고 외부 기어의 편심 회전을 가능하게 하며, 외부 기어의 이의 개수와 상이한 이의 개수를 갖는 내부 기어를

포함한다.

- <49> 본 발명의 감속 기어 장치는 내부 기어는 로봇 암의 기저부측 부재에 고정되고, 이러한 외부 기어가 회전할 때 외부 기어의 회전을 따르는 캐리어는 로봇 암의 선단측 부재에 고정되어 이용될 수 있다. 대안적으로, 감속 기어 장치는 외부 기어는 로봇 암의 기저부측 부재에 고정되고, 내부 기어는 로봇 암의 선단측 부재에 고정되어 이용될 수 있다.
- <50> 본 발명의 감속 기어 장치에 있어서, 상기 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 인 관계를 만족하는 경우에, 감속 기어 장치 내에 밀봉된 윤활제의 철분 밀도 (윤활제 내에 섞인 철분 밀도) 의 증가의 경향은 감속 기어 장치의 작동 개시의 시점으로부터 미리 정해진 기간 동안 크고, 이 경향은 상기 미리 정해진 기간이 지난 이후에 증가 페이스가 작게 변하고, 이러한 증가의 경향의 변화가 발생할 때 윤활제의 철분 밀도는 600 ppm 이하로 설정된다.
- <51> 상기 언급된 감속 기어 장치에 따르면, 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 의 범위인 경우에, 감속 기어 장치의 작동이 개시된 시점으로부터 미리 정해진 기간이 지난 이후 철분 밀도의 증가 경향이 작은 안정기를 얻을 수 있다. 안정기에 도달했을 때 철분 밀도가 작기 때문에, 안정기 동안 감속 기어 장치의 마모를 현저하게 억제할 수 있다. 따라서 내구성이 정격 수명 기간을 충족하는 감속 기어 장치가 얻어질 수 있다.
- <52> 본 발명의 다른 감속 기어 장치에 있어서, 상기 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1960 \text{ Nm}$ 인 관계를 만족하는 경우에, 감속 기어 장치 내에 밀봉된 윤활제의 철분 밀도 (윤활제 내에 섞인 철분 밀도) 의 증가의 경향은 감속 기어 장치의 작동 개시의 시점으로부터 미리 정해진 기간 동안 크고, 이 경향은 상기 미리 정해진 기간이 지난 이후에 증가 페이스가 작게 변하고, 이러한 증가의 경향의 변화가 발생할 때 윤활제의 철분 밀도는 600 ppm 이하로 설정된다.
- <53> 상기 언급된 감속 기어 장치에 있어서, 안정기 동안 감속 기어 장치의 마모가 현저하게 억제되고 그의 내구성은 정격 수명 기간을 충족하는 감속 기어 장치가 또한 얻어질 수 있다.
- <54> 본 발명의 감속 기어 장치에 있어서, 상기 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 또는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1960 \text{ Nm}$ 이고, 철분 밀도의 증가 경향의 변화가 발생할 때 윤활제의 출분 밀도는 600 ppm 이하이고, 내부 기어의 이의 개수 (N) 는 내부 기어와 외부 기어 사이의 이의 개수 차의 40 배 미만인 바람직하다.
- <55> 상기 설명된 것과 같이, 내부 기어와 외부 기어를 갖는 감속 기구 (제 2 감속 기구) 의 감속비를 40 미만으로 억제함으로써 감속 기어 장치에 의해 발생하는 열의 전체 양을 줄일 수 있다. 제 2 감속 기구의 감속비는 내부 기어의 이의 개수 (N) 를 내부 기어와 외부 기어 사이의 이의 개수의 차로 나눔으로써 얻어지고, 내부 기어의 이의 개수 (N) 가 내부 기어와 외부 기어 사이의 이의 개수의 차의 40 배 미만으로 설정된다면 제 2 감속 기구의 감속비는 40 미만으로 억제될 수 있다. 즉, 내부 기어와 외부 기어 사이의 이의 개수의 차를 40 미만으로 가짐으로써 감속 기어 장치의 가열은 완화될 수 있다. 감속 기어 장치의 내구성은 정격 수명 기간을 확실하게 충족할 수 있다.
- <56> 소형 감속 기어 장치가 또한 본 발명에서 설명될 수 있다. 내부 기어의 내경 (D) 은 $100 \text{ mm} \leq D < 140 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $290 \text{ Nm} \leq T < 650 \text{ Nm}$ 인 관계를 만족하는 경우에, 감속 기어 장치 내에 밀봉된 윤활제의 철분 밀도의 증가의 경향은 감속 기어 장치의 작동 개시의 시점으로부터 미리 정해진 기간 동안 크고, 이 경향은 미리 정해진 기간이 지난 이후에 증가 페이스가 작게 변하고, 이러한 증가의 경향의 변화가 발생할 때 윤활제의 철분 밀도는 600 ppm 이하로 설정된다.
- <57> 상기 언급된 감속 기어 장치에 있어서, 감속 기어 장치의 작동의 개시로부터 미리 정해진 시간 동안 윤활제의 철분 밀도의 증가 경향이 크고 미리 정해진 기간이 지난 이후 증가 페이스가 작게 변하는 이러한 경향의 결과 안정기 동안 감속 기어 장치의 마모를 현저하게 억제할 수 있고 내구성이 정격 수명 기간을 충족하는 감속 기어 장치를 얻을 수 있고, 이러한 증가의 경향의 변화가 발생할 때 윤활제의 철분 밀도는 600 ppm 이하로 설정된다.
- <58> 본 발명의 감속 기어 장치에 있어서, 감속 기어 장치 내에 밀봉된 윤활제는 리튬 비누 및 유기 몰리브덴, 황, 인, 아연 등과 같은 극압 약품과 합성 탄화수소유 및 정제된 광유를 포함하는 기유 (base oil) 를 혼합하여 얻어지는 윤활제인 것이 바람직하다.
- <59> 상기 설명된 것과 같이, 감속 기어 장치가 작동할 때, 안정기에 도달하기 전에 윤활제의 철분 밀도를 억제하는

것이 중요하다. 상기 언급된 윤활제는 0.08 이하의 마모 계수를 갖고, 감속 기어 장치의 작동의 개시 시점으로부터 안정기에 도달할 때까지 감속 기어 장치의 마모량을 작게 유지할 수 있다. 마모 계수는 진동 마찰 마모 시험용으로 알려진 SRV 시험 장치를 이용하여 측정된 값을 나타낸다.

- <60> 또한, 내부 기어의 내경 (D), 로봇 암의 선단에 전달되는 토크 (T), 내부 기어의 이의 개수 (N) 의 관계에 의해 결정되는 감속 기어 장치가 본 발명에서 설명될 수 있다.
- <61> 본 발명의 감속 기어 장치는 또한 산업용 로봇의 관절부에 부착되어 이용되고, 제 1 감속 기구와 제 2 감속 기구가 제공된다.
- <62> 제 1 감속 기구는 입력 축과 일체로 회전하는 제 1 스피어 기어, 및 이 제 1 스피어 기어와 맞물리는 제 2 스피어 기어를 포함하는 제 1 감속 기구를 포함한다.
- <63> 제 2 감속 기구는 제 2 스피어 기어와 일체로 회전하고, 그 회전과 함께, 편심 캠의 편심 회전을 야기하는 크랭크 축, 이 편심 캠에 걸린 상태로 편심적으로 회전하는 외부 기어, 및 외부 기어에 걸린 상태로 외부 기어를 수용하고 외부 기어의 편심 회전을 가능하게 하며, 외부 기어의 이의 개수와 상이한 이의 개수를 갖는 내부 기어를 포함한다.
- <64> 본 발명의 감속 기어 장치는 내부 기어는 로봇 암의 기저부측 부재에 고정되고, 이러한 외부 기어가 회전할 때 외부 기어의 회전을 따르는 캐리어는 로봇 암의 선단측 부재에 고정되어 이용될 수 있다. 대안적으로, 감속 기어 장치는 외부 기어는 로봇 암의 기저부측 부재에 고정되고, 내부 기어는 로봇 암의 선단측 부재에 고정되어 이용될 수 있다.
- <65> 산업용 로봇의 손목에 부착되는 감속 기어 장치에 대해 컴팩트하게 되는 요구가 있고, 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 인 관계를 충족하는 경우에 본 발명의 감속 기어 장치에 있어서 내부 기어의 이의 개수 (N) 는 내부 기어와 외부 기어 사이의 이의 개수의 차의 40 배 미만인 되도록 설정될 수 있다. 상기 설명된 것과 같이, 제 2 감속 기구의 감속비는 내부 기어의 이의 개수 (N) 를 내부 기어와 외부 기어 사이의 이의 개수의 차로 나눔으로써 얻어질 수 있고, 내부 기어의 이의 개수 (N) 가 내부 기어와 외부 기어 사이의 이의 개수의 차의 40 배 미만으로 설정된다면 제 2 감속 기구의 감속비는 40 미만으로 억제될 수 있다.
- <66> 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 의 범위인 경우에, 종래의 경우와 같이, 제 2 감속 기구의 감속비가 40 이상이라면 열의 전체 양은 도 6 에 설명된 것과 같이 증가할 것이고, 도 7 에 설명된 안정기 (72) 는 얻지 못할 것이다. 하지만, 제 2 감속 기구의 감속비가 40 미만으로 억제된다면, 제 1 감속 기구의 감속비가 이를 보상하기 위해 증가된다고 하더라도 열의 전체 양은 낮아지도록 제어되고, 도 7 에 설명된 안정기 (72) 가 얻어진다.
- <67> 본 발명에 따르면, 무거운 물체를 고속으로 이동하는 것에 대한 요구 때문에 출력축이 고속으로 회전하고 높은 토크를 출력 축에 전달하기 위해 요구되는 감속 기어 장치의 열의 전체 양을 억제할 수 있다. 윤활제의 과열이 예방되고 마모 페이스가 느린 안정기가 얻어질 수 있기 때문에, 출력 축을 높은 토크로 재빠르게 회전시키는 감속 기어 장치의 내구성의 저하를 방지할 수 있다.
- <68> 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 의 범위인 경우에, 내부 기어의 이의 개수 (N) 는 내부 기어와 외부 기어 사이의 이의 개수의 차는 30 미만으로 설정되는 것이 바람직하다.
- <69> 내구성이 더욱 현저하게 증가된 감속 기어 장치가 제 2 감속 기구의 감속비가 30 이하를 가짐으로써 얻어질 수 있다.
- <70> 본 발명의 다른 감속 기어 장치에 있어서, 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D < 200 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T < 1960 \text{ Nm}$ 인 관계를 만족하는 경우에, 내부 기어의 이의 개수 (N) 는 내부 기어와 외부 기어 사이의 이의 개수의 차의 40 배 미만으로 설정된다.
- <71> 상기 언급된 감속 기어 장치에 있어서, 마찬가지로, 제 2 감속 기구의 감속비가 40 미만이라면 도 7 에 설명된 안정기 (72) 가 얻어질 수 있다.
- <72> 본 발명의 다른 감속 기어 장치에 있어서, 소형 감속 기어 장치의 경우에, 즉 내부 기어의 내경 (D) 은 $100 \text{ mm} \leq D < 140 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $290 \text{ Nm} \leq T < 650 \text{ Nm}$ 인 관계를 만족하

는 경우에, 내부 기어의 이의 개수 (N) 는 내부 기어와 외부 기어 사이의 이의 개수의 차의 30 배 미만으로 설정된다.

- <73> 내부 기어의 내경 (D) 은 $100 \text{ mm} \leq D < 140 \text{ mm}$, 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $290 \text{ Nm} \leq T < 650 \text{ Nm}$ 의 범위인 경우에, 종래의 경우와 같이 제 2 감속 기구의 감속비가 30 이상이라면 도 6 에 설명된 것과 같이 동일한 작동과 효과에 의해 열의 전체 양은 증가될 것이다. 하지만, 제 2 감속 기구의 감속비가 30 미만이라면, 이를 보상하기 위해 제 1 감속 기구의 감속비가 증가되더라도 열의 전체 양은 억제될 것이다.
- <74> 상기 언급된 감속 기어 장치에 있어서, 입력 축과 외부 기어의 중심을 통과하는 관통공이 형성되는 것이 바람직하고, 다른 감속 기어 장치의 입력 축은 이 관통공을 통과할 수 있다.
- <75> 감속 기어 장치에 관통공이 제공된다면, 감속 기어 장치를 도 5 에 나타낸 제 4 관절 (34) 에 부착할 수 있다. 도 5 의 입력 축 (15, 17, 등) 은 이 관통공을 따라 뻗어 있기 때문에, 제 4 관절 및 제 6 관절을 위한 감속 기어 장치에 토크를 입력할 수 있다.
- <76> 입력 축에 관통공이 제공되는 경우에 입력 축에 고정된 제 1 스피어 기어의 직경은 더 커지는 경향이 있다. 전체 직경이 제한되는 감속 기어 장치의 경우에 있어서, 제 1 스피어 기어와 맞물리는 제 2 스피어 기어의 직경은 제 1 스피어 기어의 직경의 증가에 따라 줄어들어야만 한다. 그 결과, 제 1 감속 기구에 큰 감속비를 부여하는 것은 문제가 된다. 입력 축에 관통공이 제공되는 경우에 제 2 감속 기구의 감속비를 증가하고 제 1 감속 기구의 감속비를 줄이는 것이 보통이다.
- <77> 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$ 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 의 범위인 경우에 제 2 감속기구의 감속비를 40 미만으로 억제하는 것, 그리고 내부 기어의 내경 (D) 은 $100 \text{ mm} \leq D < 140 \text{ mm}$ 그리고 로봇 암의 선단측 부재에 전달되는 토크 (T) 는 $290 \text{ Nm} \leq T < 650 \text{ Nm}$ 의 범위인 경우에 제 2 감속 기구의 감속비를 30 미만으로 억제하는 것은 보통의 실례에 매우 반하는 것이다. 본 발명은 보통의 실례와 대조적인 것으로서 여겨지는 것에 도전했다는 점에서 진보적이다.
- <78> 내부 기어와 외부 기어의 이의 개수의 차는 1, 2, 또는 3 이상일 수 있다.
- <79> 본 발명의 다른 감속 기어 장치는 산업용 로봇의 관절에 부착된 상태로 이용될 수 있다. 본 발명의 감속 기어 장치는 제 1 감속 기구와 제 2 감속 기구를 갖는다. 제 2 감속 기구에 내부 기어와 외부 기어 중 하나는 로봇 암의 기저부측 부재에 고정되고, 내부 기어와 외부 기어의 다른 하나는 로봇 암의 선단측 부재에 고정된다.
- <80> 제 1 감속 기구의 감속비와 제 2 감속 기구의 감속비의 조합은 변할 수 있고, 감속 기어 장치는 감속 기어 장치의 열이 낮게 제어되는 범위로부터 감속비를 선택하여 제조될 수 있다.
- <81> 상기 언급된 감속 기어 장치에 있어서, 감속 기어 장치의 열은 제 1 감속 기구와 제 2 감속 기구의 조합을 변경함으로써 억제될 수 있다.
- <82> 본 발명의 감속 기어 장치에 따르면, 제 1 감속 기구와 제 2 감속 기구의 기능의 분체를 최적화함으로써, 무거운 물체를 고속으로 이동시키는데 필요한 산업용 로봇에 이용되는 감속 기어 장치의 내구성의 저하를 억제할 수 있다.
- <83> 즉, 제 1 감속 기구와 제 2 감속 기구의 감속비의 분배를 최적화함으로써 감속 기어 장치에 의해 발생하는 열의 전체 양을 완화할 수 있고, 따라서 윤활제의 과열이 방지되며, 마모 페이스가 낮은 안정기가 얻어지는 것을 허락하며, 따라서 이는 출력 축이 높은 토크에서 빠르게 회전하는 것을 야기하는 감속 기어 장치의 내구성의 저하를 억제할 수 있다.
- <84> 따라서 로봇 암의 선단은 빠르게 회전하고 로봇 암의 선단에 높은 토크를 전달하게 하는 산업용 로봇의 손목에 이용되는 컴팩트한 감속 기어 장치의 내구성의 저하를 억제할 수 있다.

실시예

- <94> 실시형태의 몇몇의 특징이 이하에 주어질 것이다.
- <95> (제 1 특징) 감속 기어 장치는 그의 전체 감속비가 40 ~ 200 일 수 있고, 제 1 감속 기구에 입력되는 회전수는 2000 rpm 이상일 수 있고, 제 2 감속 기구로부터 출력되는 회전수는 15 ~ 60 rpm 일 수 있다. 이러한 감속

기어 장치의 제 2 감속 기구에 있어서, 내부 기어의 내경 (D) 은 $140\text{ mm} \leq D \leq 200\text{ mm}$ 일 수 있고, 제 2 감속 기구로부터 출력되는 토크 (T) 는 $650\text{ Nm} \leq T \leq 1570\text{ Nm}$ 또는 $650\text{ Nm} \leq T \leq 1960\text{ Nm}$ 일 수 있고, 제 2 감속 기구의 감속비는 40 미만일 수 있다.

- <96> (제 2 특징) 감속 기어 장치는 그의 전체 감속비가 30 ~180 일 수 있고, 제 1 감속 기구에 입력되는 회전수는 2000 rpm 이상일 수 있고, 제 2 감속 기구로부터 출력되는 회전수는 15 ~ 60 rpm 일 수 있다. 이러한 감속 기어 장치의 제 2 감속 기구에 있어서, 내부 기어의 내경 (D) 은 $100\text{ mm} \leq D \leq 140\text{ mm}$ 일 수 있고, 제 2 감속 기구로부터 출력되는 토크 (T) 는 $290\text{ Nm} \leq T \leq 650\text{ Nm}$ 일 수 있고, 제 2 감속 기구의 감속비는 30 미만일 수 있다.
- <97> (제 3 특징) 감속 기어 장치는 제 1 감속 기구에 입력되는 회전수는 2000 rpm 이상일 수 있고, 제 2 감속 기구로부터 출력되는 회전수는 15 ~ 60 rpm 일 수 있다. 감속 기어 장치 내에 밀봉된 윤활제 내의 철분 밀도의 증가 경향은 감속 기어 장치의 작동이 개시될 때의 시간으로부터 미리 정해진 기간에 대해 클 수 있고, 미리 정해진 기간이 지난 이후에 안정기가 얻어진다. 안정기에 도달될 때 윤활제 내의 철분 밀도는 600 ppm 이하일 수 있다.
- <98> (제 1 실시형태)
- <99> 도 1 은 본 실시형태의 감속 기어 장치 (10) 의 주요부의 단면도를 나타낸다. 감속 기어 장치 (10) 는 도 4 의 산업용 로봇 (30) 의 제 4 관절 (34) 에 부착되기 위해 주로 설계된다. 감속 기어 장치 (10) 가 제 5 관절 (35) 또는 제 6 관절 (36) 에 부착되는 경우가 또한 있을 수 있다.
- <100> 감속 기어 장치 (10) 는 도 4 의 모터 (46) 에 의해 회전하게 되는 축 (입력 축) (14) 의 회전수를 감소시켜, 선단 암 (54) 을 회전하게 하며, 제 1 감속 기구와 제 2 감속 기구를 포함한다.
- <101> 제 1 감속 기구는 축 (14) 의 선단에 형성되는 제 1 스피어 기어 (19), 및 제 1 스피어 기어 (19) 와 맞물리는 제 2 스피어 기어 (12a, 12c, 및 12e) (도 3 참조) 를 포함한다. 본 실시형태에서, 스피어 기어 (19) 는 최소 직경 및 가능한 가장 적은 수의 이를 갖는 반면, 스피어 기어 (12a, 12c, 및 12e) 는 최대 직경 및 가능한 많은 수의 이를 갖는다. 이에 의해 제 1 감속 기구는 큰 감속비를 실현한다. 다른 축 (입력 축) (15 및 17) 이 축 (14) 의 내부를 통과하기 때문에, 스피어 기어 (19) 는 통상적으로 최대 직경을 갖고, 스피어 기어 (12a, 12c, 및 12e) 는 최소 직경을 가졌다. 본 실시형태에서, 제 1 감속 기구는 축 (14) 의 두께 등을 줄임으로써 큰 감속비를 실현한다.
- <102> 제 2 감속 기구는 대응하는 스피어 기어 (12a, 12c 및 12e) 와 일체로 회전하는 크랭크축 (6a, 6c, 및 6e), 외부 기어 (4a 및 4b) (도 1 참조), 내부 기어 (2), 및 크랭크축이 축 (14) 을 중심으로 공전하면서 회전할 수 있도록 크랭크축 (6a, 6c, 및 6e) 을 지지하는 캐리어 (8, 및 8a) 를 포함한다.
- <103> 내부 기어 (2) 는 볼트 (18) 에 의해 기저부 암 (52) 에 부착되고, 선단 암 (54) 은 볼트 (20) 에 의해 캐리어 (8) 에 부착된다.
- <104> 도 3 은 도 1 의 라인 (III-III) 을 따른 주요부의 단면을 나타낸다. 크랭크축 (6a, 6c, 및 6e) 은 내부 기어 (2) 내부에 제공되고, 스피어 기어 (12a) 는 크랭크축 (6a) 에 고정되고, 스피어 기어 (12c) 는 크랭크축 (6c) 에 고정되고, 스피어 기어 (12e) 는 크랭크축 (6e) 에 고정된다. 각각의 스피어 기어 (12a, 12c, 및 12e) 는 축 (14) 의 선단에 형성되는 스피어 기어 (19) 에 맞물린다. 축 (14) 은 중공 구조로 제공되고, 구멍 (61) 이 그의 중심 축선을 따라 형성되어 있다. 축 (15) 및 축 (17) 은 구멍 (61) 의 내부를 통과한다.
- <105> 크랭크축 (6a, 6c, 및 6e) 은 기본적으로 동일한 구조를 갖는다. 여기서, 크랭크축 (6a) 이 설명될 것이다. 도 1 에 나타낸 것과 같이, 크랭크축 (6a) 은 그 중심 축선 (6x) 을 중심으로 회전할 수 있도록 (도 2 참조) 그리고 캐리어 (8 및 8a) 에 대해 그의 축선 방향으로 이동할 수 없도록 한 쌍의 테이퍼형 구름 베어링 (9a 및 9b) 에 의해 지지된다. 한 쌍의 테이퍼형 구름 베어링 (9a 및 9b) 에 의해 캐리어 (8 및 8a) 로부터 크랭크축 (6a) 에 크랭크축 (6a) 의 축선 방향으로 압축력이 가해지고, 크랭크축 (6a) 을 캐리어 (8 및 8a) 에 대해 그의 축선 방향으로 고정한다.
- <106> 스피어 기어 (12a) 는 크랭크축 (6a) 에 고정된다. 스피어 기어 (12a) 는 축 (14) 에 걸린다. 스피어 기어 (12a) 와 맞물리게 되는 스피어 기어 (19) 는 축 (14) 의 외부면에 형성된다. 스피어 기어 (12a) 와 스피어 기어 (19) 가 걸려 있더라도 크랭크축 (6a) 과 축 (14) 사이에 크랭크축 (6a) 의 축선 방향으로의 힘은 발생하지 않는다.

- <107> 도 2 는 도 1 의 라인 (II-II) 을 따른 단면도를 나타낸다. 도 2 및 도 3 은 마주하는 방향으로의 도를 나타낸다. 크랭크축 (6a) 은 캐리어 (8 및 8a) 에 대해 크랭크축 (6a) 의 중심 축선 (6x) 을 중심으로 회전할 수 있도록 지지된다. 참조 번호 (7a) 는 크랭크축 (6a) 에 형성되는 편심 캠을 나타낸다. 편심 캠 (7a) 의 외형은 등갈고, 그의 중심 축선 (7x) 은, 도 2 와 비교하여, 크랭크축 (6a) 의 중심 축선 (6x) 으로부터 아래 방향으로 오프셋된다. 편심 캠 (7a) 은 니들 베어링 (needle bearing) (64a) 을 통해 외부 기어 (4a) 의 구멍 (22a) 에 걸린다. 크랭크축 (6a) 이 중심 축선 (6x) 을 중심으로 회전할 때, 편심 캠 (7a) 의 중심 축선 (7x) 은 화살표 (63) 로 나타낸 것과 같이 크랭크축의 중심 축선 (6x) 을 중심으로 공전한다. 편심 캠 (7a) 의 중심 축선 (7x) 이 화살표 (63) 로 나타낸 것과 같이 공전할 때, 외부 기어 (4a) 는 화살표 (28) 로 나타낸 것과 같이 편심적으로 회전한다.
- <108> 참조 번호 (6c 및 6e) 는 크랭크축을 나타내고, 그의 작동 및 효과는 크랭크축 (6a) 과 동일하다. 또한, 참조 번호 (7c 및 7e) 는 편심 캠을 나타내고, 그의 작동 및 효과는 편심 캠 (7a) 과 동일하다. 따라서, 크랭크축 (6c 및 6e) 과 편심 캠 (7c 및 7e) 의 설명은 생략된다.
- <109> 캐리어 (8 및 8a) 는 볼트 (21) 에 의해 고정되고, 한 쌍의 앵글러 볼 베어링 (angular ball bearing) (16a 및 16b) 에 의해 내부 기어 (2) 에 대해 회전할 수 있도록 지지된다. 외부 기어 (4a 및 4b) 는 내부 기어 (2) 내에 수용되고, 외부 기어 (4a 및 4b) 는 크랭크축 (6a) 과 이에 대해 직각인 상태로 겹쳐진다.
- <110> 도 2 에 나타낸 것과 같이, 전체 6 개의 구멍 (22a ~ 22f) 이 외부 기어 (4a) 에 둘레 방향으로 형성되고, 구멍 (22g) 이 외부 기어 (4a) 의 중심부에 형성된다. 축 (15) 및 축 (17) 은 구멍 (22g) 의 내부를 통과한다.
- <111> 캐리어 (8) 는 각각 구멍 (22b), 구멍 (22d), 및 구멍 (22f) 을 따라 뻗어 있는 기둥 부재 (24b), 기둥 부재 (24d), 및 기둥 부재 (24f) 를 갖는다. 그 결과, 외부 기어 (4a) 는 캐리어 (8) 에 대해 회전할 수 없게 되고, 캐리어 (8) 는 외부 기어 (4a) 가 회전할 때 또한 회전한다.
- <112> 외부 기어 (4a) 는 37 개의 이를 갖고, 내부 기어 (2) 는 38 개의 이를 갖는다. 즉, 외부 기어 (4a) 의 이의 개수는 내부 기어 (2) 의 이의 개수보다 1 개 더 적다. 외부 기어 (4a) 는 외부 기어 (4a) 의 둘레 방향을 따른 외부 이 및 내부 기어 (2) 의 둘레 방향을 따른 내부 이 핀 (26) 이 상호 연동 상태에 있으면서, 화살표 (28) 로 나타낸 것과 같이 중심 축선 (62) 을 중심으로 공전할 수 있다. 외부 기어 (4a) 는 중심 축선 (62) 을 중심으로 공전하면서 또한 편심적으로 회전할 수 있다. 내부 이 핀 (26) 은 내부 기어 (2) 에 고정되어 있지 않지만, 내부 기어 (2) 에 형성된 홈 (2a) 내에 위치되어, 내부 이 핀 (26) 의 중심 축선 (26x) 을 중심으로 회전할 수 있다. 이는 38 개의 내부 이 핀 (26) 모두에 공통이다. 또한, 도 2 로부터 분명한 것과 같이, 모든 내부 이 핀 (26) 은 외부 기어 (4a) 와 접촉하게 된다. 외부 기어 (4a) 와 내부 기어 (2) 가 상호 연동되는 정도는 둘레 방향으로의 이들의 위치에 의해 상이하게 된다. 외부 기어 (4a) 와 내부 기어 (2) 가 가장 강하게 상호 연동되는 부분은 "맞물림" 으로 나타낼 수 있고, 외부 기어 (4a) 가 내부 기어 (2) 와 국부적으로 맞물리고 있다는 것으로도 또한 나타낼 수 있다.
- <113> 외부 기어 (4a) 의 공전 (28) 을 허용하는 공간이 외부 기어 (4a) 의 구멍 (22b) 과 기둥 부재 (24b) 사이에 유지된다. 내부 기어 (2) 가 고정된 상태에서 외부 기어 (4a) 가 공전할 때, 외부 기어 (4a) 의 이의 개수가 내부 기어 (2) 의 이의 개수보다 더 작기 때문에 외부 기어 (4a) 는 공전하면서 회전한다. 외부 기어 (4a) 가 공전하면서 회전하는 경우에, 기둥 부재 (24b, 24d, 및 24f) 는 외부 기어 (4a) 의 회전에 따라서 또한 회전한다. 외부 기어 (4a) 의 이의 개수는 내부 기어 (2) 의 이의 개수보다 1 개 더 적고, 내부 기어 (2) 가 38 개의 이를 갖기 때문에, 외부 기어는 외부 기어 (4a) 의 1 공전에 대해 1/38 만큼 회전한다. 또한, 내부 기어 (2) 의 내경은 도에서 D 로 나타나 있고, 이는 내부 이 핀의 중심에 형성되는 원의 직경이며, 내경은 140 mm ~ 200 mm 에서 선택될 수 있다.
- <114> 상기 설명은 또한 외부 기어 (4b) 에도 적용된다. 하지만, 오프셋되는 방향은 역방향이다. 도 2 의 상태에서, 외부 기어 (4b) 를 위한 편심 캠 (7b) 의 중심 축선은 크랭크축 (6a) 의 중심 축선 (6x) 으로부터 상부 방향으로 오프셋된다. 외부 기어 (4a) 를 위한 편심 캠 (7a) 의 중심 축선 (7x) 및 외부 기어 (4b) 를 위한 편심 캠 (7b) 의 중심 축선은 대칭의 중심에서 항상 크랭크축 (6a) 의 중심 축선 (6x) 에 대해 대칭적으로 위치된다. 즉, 도 2 에서, 외부 기어 (4a) 가 좌측 방향으로 오프셋된다면, 외부 기어 (4b) 는 우측 방향으로 오프셋되고, 외부 기어 (4a) 가 상부 방향으로 오프셋된다면, 외부 기어 (4b) 는 아래 방향으로 오프셋되고, 외부 기어 (4a) 가 우측 방향으로 오프셋된다면, 외부 기어 (4b) 는 좌측으로 오프셋되고, 외부 기어 (4a) 가 아래 방향으로 오프셋된다면, 외부 기어 (4b) 는 상부 방향으로 오프셋된다. 즉, 외부 기어 (4a), 외부 기어 (4b), 및 크랭크축 (6a) 전체의 관점에서, 외부 기어 (4a) 및 외부 기어 (4b) 는 크랭크축 (6a) 의 중심 축선

(6x) 에 대해 대칭적으로 위치되고, 회전 균형이 유지되는 관계가 실현된다.

<115> 본 실시형태의 감속 기어 장치 (10) 의 작동이 이제 설명될 것이다. 감속 기어 장치는 축 (14) 과 스퍼 기어 (19) 를 통해 모터 (46) 의 토크를 스퍼 기어 (12a, 12c, 및 12e) 에 전달한다. 도 3 에 나타난 것과 같이, 축 (14) 은 화살표 (65) 방향으로 중심 축선 (62) 을 중심으로 회전하고, 스퍼 기어 (12a) 는 화살표 (66) 방향으로 크랭크축 (6a) 의 중심 축선 (6x) 을 중심으로 회전한다. 스퍼 기어 (12c 및 12e) 는 스퍼 기어 (12a) 와 동일한 방향으로 또한 회전한다. 이때, 축 (14) 의 스퍼 기어 (19) 의 이의 개수와 스퍼 기어 (12a, 12c, 및 12e) 의 이의 개수의 차에 의해 제 1 감속이 달성된다. 제 1 감속 기구에 입력되는 회전 속도가 R1 이라면, 스퍼 기어 (12a, 12c, 및 12e) 의 회전 속도 (R2) 는 이하의 식으로 표현된다.

<116>
$$R2 = -(Z1/Z2) \times (R1 - R4) + R4 \quad (1)$$

<117> 상기 식에서, Z1 은 축 (14) 의 스퍼 기어 (19) 의 이의 개수이고, Z2 는 각각의 스퍼 기어 (12a, 12c, 및 12e) 의 이의 개수이다. 또한, R4 는 각각의 스퍼 기어 (12a, 12c, 및 12e) 의 공전 속도이다.

<118> 스퍼 기어 (12a, 12c, 및 12e) 에 전달되는 회전은 크랭크축 (6a, 6c, 및 6e) 에 전달된다. 크랭크축 (6a) 이 중심 축선 (6x) 을 중심으로 회전할 때, 편심 캠 (7a 및 7b) 은 중심 축선 (6x) 을 중심으로 공전하게 된다. 크랭크축 (6c 및 6e) 은 동일한 작동을 수행한다. 그 결과, 외부 기어 (4a 및 4b) 는 화살표 (28) 방향으로 공전한다. 즉, 외부 기어 (4a 및 4b) 는 내부 기어 (2) 와 맞물린 상태에서 내부 기어 (2) 의 내측에서 편심 공전한다. 내부 기어 (2) 는 볼트 (18) 에 의해 고정되고, 따라서 외부 기어 (4a 및 4b) 가 내부 기어 (2) 와 맞물린 상태에서 편심 공전할 때, 외부 기어 (4a 및 4b) 의 이의 개수가 내부 기어의 이의 개수와 상이하기 때문에 외부 기어 (4a 및 4b) 는 회전한다. 즉, 외부 기어 (4a 및 4b) 는 공전하면서 회전한다. 그 결과, 기동 부재 (24b, 24d, 및 24f) 는 중심 축선 (62) 을 중심으로 공전한다.

<119> 외부 기어 (4a 및 4b) 는 중심 축선 (62) 에 대해 대칭 관계를 유지하면서 공전한다. 크랭크축 (6a, 6c, 및 6e) 및 외부 기어 (4a 및 4b) 는 회전 균형이 보장되는 상태로 원활하게 회전한다.

<120> 스퍼 기어 (12a, 12c, 및 12e) 의 공전 속도가 외부 기어 (4a 및 4b) 의 회전 속도와 같기 때문에, 외부 기어 (4a 및 4b) 의 회전 속도 (R4) 는 이하의 식으로 표현된다.

<121>
$$R4 = -(Z3 - Z4)/Z4 \times R3 \quad (2)$$

<122> 상기 식에서, R3 는 각각의 크랭크축 (6a, 6c, 및 6e) 의 회전 속도이고, Z3 는 내부 기어 (2) 의 이의 개수이며, Z4 는 각각의 외부 기어 (54a 및 54b) 의 이의 개수이다.

<123> 크랭크축 (6a) 및 스퍼 기어 (12a) 가 고정되기 때문에, 크랭크축 (6c) 과 스퍼 기어 (12c) 는 고정되고, 크랭크축 (6e) 과 스퍼 기어 (12e) 는 고정되며, 크랭크축 (6a, 6c, 및 6e) 및 대응하는 스퍼 기어 (12a, 12c, 및 12e) 는 동일한 속도로 회전하며, 따라서 이하의 식이 성립된다.

<124>
$$R2 = R3 \quad (3)$$

<125> 상기 식 (1), (2), 및 (3) 으로부터 이하의 식이 성립된다.

<126>
$$R1/R4 = (Z2/Z1) \times (Z3/(Z3 - Z4)) + 1 \quad (4)$$

<127> 본 실시형태에서, 내부 기어 (2) 의 이의 개수가 38 개 이고, 외부 기어 (4a 및 4b) 의 이의 개수가 각각 37 개이기 때문에, 이하의 식이 성립된다.

<128>
$$R1/R4 = (Z2/Z1) \times 38 + 1 \quad (5)$$

<129> 여기서, Z2/Z1 은 제 1 감속 기구의 감속비를 나타내고, 38 은 제 2 감속 기구의 감속비를 나타낸다.

<130> 본 실시형태의 감속 기어 장치 (10) 는 식 (5) 으로 나타낸 감속비를 달성할 수 있다.

<131> (실험 1)

<132> 본 발명의 감속 기어 장치 (10) 를 이용하여 감속 기어 장치 (10) 의 작동 시간과 감속 기어 장치 (10) 에 의해 발생된 철분의 양에 관한 실험이 시행되었다. 실험에서, 감속 기어 장치 (10) 의 출력 토크는 1225 Nm 이고, 내부 기어 (2) 의 내경 (D) 은 179 mm 이었다. 도 7 에 나타난 곡선 (70) 은 실험으로부터 얻어진 결과를 나타낸다. 곡선 (70) 에서 비록 철분의 양은 작동의 개시 시의 작동 시간에 비례하여 증가하지만, 곡선 (70) 은 철분의 양의 증가 페이스가 낮은 안정기 (72) 를 갖는다. 이는 감속 기어 장치 (10) 가 장기간 동

안 작동하더라도 감속 기어 장치 (10) 의 마모는 거의 진행되지 않는 안정기가 있다는 것을 나타낸다. 즉, 이는 감속 기어 장치 (10) 가 높은 토크로 작동 되더라도 이 작동이 낮은 마모 페이스로 계속될 수 있는 안정기가 얻어지며, 내구성의 저하를 피할 수 있다는 것을 나타낸다. 또한, 본 실시형태의 감속 기어 장치 (10) 의 전체 감속비는 98 이고, 내부 기어 (2) 의 이의 개수는 38 개이다. 또한, 내부 기어 (2) 의 이의 개수가 30 개 일 때 곡선 (70) 과 동일한 경향을 갖는 안정기 (72) 가 또한 얻어질 수 있는 것이 확인되었다.

<133> 곡선 (68) 은 감속 기어 장치 (10) 의 출력 토크가 1225 Nm 이고 내부 기어 (2) 의 내경 (D) 이 179 mm 인 경우 $N \geq 40$ 일 때 얻어졌다. 구체적으로는, $N = 52$ 인 경우의 곡선이 도 7 에 나타나 있고 전체 감속비는 98 (곡선 70 의 경우와 동일) 이다. 또한, $N \geq 40$ 인 경우에, 철분의 양의 증가 페이스는 N 의 값이 증가할수록 더 커지게 된다 (그래프의 기울기의 증가). 곡선 (68) 에는 안정기가 없기 때문에, 감속 기어 장치의 작동 시간과 감속 기어 장치의 마모 사이에 비례 관계가 있다.

<134> 본 발명자의 연구는 감속 기어 장치에 의해 발생된 열의 양은 출력 토크와 내경을 변화시킴으로써 줄어들 수 있고, 따라서 감속 기어 장치의 내구성의 저하가 억제될 수 있다는 것을 확인하였다.

<135> 내부 기어와 외부 기어의 이의 개수에서 1 개의 이의 차가 있는 경우, 내부 기어의 직경이 D 이고, 감속 기어 장치의 출력 토크는 T 이고 내부 기어의 이의 개수가 N 이면, $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 인 경우, $N < 40$ 을 선택함으로써 감속 기어 장치 (10) 에 의해 발생되는 열의 양을 줄일 수 있고, 감속 기어 장치 (10) 의 내구성의 저하가 억제될 수 있다. 또한, 본 발명자는 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1960 \text{ Nm}$ 인 경우에, $N < 40$ 을 선택함으로써 또한 곡선 (70) 과 동일한 경향을 갖는 안정기 (72) 가 얻어질 수 있다는 것을 확인하였다.

<136> $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 인 경우에, $N \geq 40$ 을 선택함으로써 곡선 (68) 이 얻어진다. 곡선 (68) 에는 안정기가 없기 때문에, 감속 기어 장치의 작동 시간과 감속 기어 장치의 마모 사이에 비례 관계가 있다. 또한, 상기 설명된 것과 같이, $N \geq 40$ 인 경우에, 철분의 양의 증가 페이스는 N 의 값이 증가할수록 더 커지게 된다.

<137> 본 실시형태의 감속 기어 장치 (10) 가 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 인 경우에, $N < 40$ 을 선택함으로써 감속 기어 장치 (10) 의 내구성이 증가될 수 있다는 것이 판명되었다. 또한, $100 \text{ mm} \leq D < 140 \text{ mm}$, 그리고 $290 \text{ Nm} \leq T < 650 \text{ Nm}$ 인 경우, 즉 내부 기어 (2) 의 내경 (D) 이 작고 출력 토크가 작은 경우, $N < 30$ 을 선택함으로써 감속 기어 장치 (10) 의 내구성이 증가될 수 있다는 것이 판명되었다.

<138> 감속 기어 장치 (10) 가 $100 \text{ mm} \leq D < 140 \text{ mm}$, 그리고 $290 \text{ Nm} \leq T < 650 \text{ Nm}$ 인 경우에, $N < 30$ 일 때 감속 기어 장치 (10) 가 작동할 때 감속 기어 장치 (10) 의 온도 증가 값을 더 억제하는 것이 필요하다. 내부 기어 (2) 의 내경 (D) 이 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$ 인 경우에, 온도 증가량이 상승하더라도, 감속 기어 장치 (10) 가 멈춘 동안 방열을 위해 큰 면적이 있다. 하지만, $D < 140 \text{ mm}$ 인 경우에 감속 기어 장치 (10) 가 멈춘 동안 방열을 위한 면적은 작고, 따라서 감속 기어 장치 (10) 는 용이하게 냉각되지 않으며, 감속 기어 장치 (10) 는 따라서 고온으로 유지된다. 감속 기어 장치 (10) 의 온도 증가량이 너무 높아지면, 감속 기어 장치 (10) 내의 윤활제가 가열될 수 있고, 윤활제의 성능의 저하가 있을 수 있다. 그 결과, 작은 감속 기어 장치 (10) 의 경우, 즉 $100 \text{ mm} \leq D < 140 \text{ mm}$, 그리고 $290 \text{ Nm} \leq T < 650 \text{ Nm}$ 인 경우에, $N < 30$ 일 때, 감속 기어 장치 (10) 가 연속적으로 작동될 때 온도 증가는 $N \geq 30$ 의 경우보다 더욱 억제된다. 온도 증가는 감속 기어 장치 (10) 가 연속적으로 작동되더라도 허용 범위 내에서 억제될 수 있고, 감속 기어 장치 (10) 의 내구성의 저하는 억제될 수 있다.

<139> (실험 2)

<140> 본 실시형태의 감속 기어 장치 (10) 를 이용하여 감속 기어 장치 (10) 의 작동 시간과 감속 기어 장치 내에 밀봉된 윤활제 내에 발생하는 철분의 밀도의 변화에 관한 실험이 시행되었다. 감속 기어 장치 (10) 를 출력 토크 (T), 내부 기어의 내경 (D), 및 내부 기어의 이의 개수 (N) 에 대하여 이하의 두 개의 그룹으로 나누어 실험이 수행되었다.

<141> (1) 감속 기어 장치 (10) 의 출력 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$, 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 내부 기어의 이의 개수는 $N < 40$ (C1, C2, C3) 이다.

<142> (2) 감속 기어 장치 (10) 의 출력 토크 (T) 는 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$, 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 그리고 내부 기어의 이의 개수는 $N \geq 40$ (C4, C5, C6) 이다.

- <143> 또한, 본 실험에서 이용된 윤활제는 대략 0.08 의 마모 계수를 갖는다.
- <144> 도 9 에 나타낸 것과 같이, 곡선 (C1 ~ C5) 에서, 윤활제 내의 철분 밀도의 증가 페이스는 감속 기어 장치 (10) 의 작동이 개시된 시간으로부터 미리 정해진 기간 동안 크다. 미리 정해진 기간이 지나간 이후 철분 밀도의 증가 페이스는 더 느려지고 안정기에 도달한다. 하지만, 곡선 (C5) 에서 윤활제 내의 철분 밀도는 안정기에 도달하기 전에 600 ppm 을 초과한다. 곡선 (C5) 의 안정기는 짧고, 윤활제 내의 철분 밀도는 작동 시간이 정격 수명 기간에 도달하기 전에 1000 ppm 을 초과한다. 곡선 (C2, C3 및 C4) 에 의해 나타낸 것과 같이, 안정기에 도달된 이후 철분 밀도가 600 ppm 을 초과하는 경우에 충분히 긴 안정기가 얻어질 수 있고, 따라서 감속 기어 장치를 정격 수명 기간 동안 작동시킬 때 윤활제 내의 철분 밀도는 1000 ppm 을 초과하지 않는다. 감속 기어 장치 (10) 의 내구성은 감속 기어 장치 (10) 의 작동이 개시된 시간으로부터 미리 정해진 기간 동안 철분 밀도의 증가 페이스가 클 때, 그리고 미리 정해진 기간이 지나고 안정기에 도달될 때 철분 밀도가 600 ppm 을 초과하지 않을 때, 정격 수명 기간을 충족하는 것이 확인되었다.
- <145> 곡선 C1 의 경우에 내부 기어 (20) 의 이의 개수는 30 개이다. 정격 수명 기간이 초과된 이후에 감속 기어 장치 (10) 가 연속적으로 작동된 이후라고 해도 감속 기어 장치 (10) 의 수명 (철분 밀도가 1000 ppm 인 경우) 을 측정하는 것은 불가능하다. 뛰어난 내구성을 갖는 감속 기어 장치가 내부 기어의 이의 개수를 30 개로 선택함으로써 얻어질 수 있다는 것이 확인되었다. 또한, 곡선 (C2) 은 도 7 의 곡선 (70) 과 동일하고, 곡선 (C6) 은 도 7 의 곡선 (68) 과 동일하다.
- <146> 본 실험은 감속 기어 장치 (10) 의 출력 토크 (T) 가 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 이고 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$ 인 경우를 나타내었다. 비록 구체적인 결과는 나타나 있지 않지만, 출력 토크 (T) 가 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1960 \text{ Nm}$ 이고 내부 기어의 내경 (D) 은 $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$ 인 경우에 유사한 결과가 얻어진다는 것이 확인되었다. 또한, 출력 토크 (T) 가 $290 \text{ Nm} \leq T \leq 650 \text{ Nm}$ 이고 내부 기어의 내경 (D) 은 $100 \text{ mm} \leq D < 140 \text{ mm}$ 인 경우에 유사한 결과가 얻어진다는 것이 확인되었다.
- <147> 본 실험에 이용된 윤활제는 대략 0.08 의 마모 계수를 가졌다. 감속 기어 장치의 가동부에 의한 마모를 감소시키는 관점에서 볼때, 0.08 이하의 마모 계수를 갖는 윤활제가 이용되는 것이 바람직하며, 0.03 이하의 마모 계수가 특히 바람직하다. 합성 탄화수소유와 정제된 광유를 포함하는 기유와 유기 폴리브텐 및 리튬 비누를 혼합하여 얻어지는 윤활제가, 일본 특허 출원 문헌 No. 2004-339411 에 설명되어 있고, 이는 대략 0.03 의 마모 계수를 갖는다. 또한, 윤활제의 마모 계수를 측정하기 위한 SRV 시험의 조건은 또한 상기 언급된 출원에 설명되어 있다.
- <148> 곡선 (C4) 에 나타낸 것과 같이, 본 실험에서 감속 기어 장치 (10) 는 $N \geq 40$ 인 경우라 하더라도 정격 수명 동안 작동하지만 윤활제의 철분 밀도는 1000 ppm 에 도달하지 못하는 예가 나타났다. 하지만, 내부 기어 (2) 의 이의 개수 (N) 가 $N < 40$ 을 가짐으로써 감속 기어 장치 (10) 의 내구성은 정격 수명 기간 이상인 것을 더 확실하게 보장할 수 있다. 또한, 감속 기어 장치의 마모는 철분 밀도가 1000 ppm 에 도달하기 전에 곡선 (C2) 의 증가 페이스로 진행된다. 감속 기어 장치는 정격 수명 기간이 초과된 이후에 장기간 동안 작동되었기 때문에, 가동부 외의 위치에서의 악화에 의해 마모 페이스가 가속되는 것이 추정된다.
- <149> 감속 기어 장치의 작동이 개시된 시점으로부터 미리 정해진 기간 동안 큰 증가 페이스를 갖고, 미리 정해진 기간이 지나간 이후에는 작은 증가 페이스로 변화하고, 이러한 경향의 변화가 발생할 때 윤활제의 철분 밀도는 600 ppm 이하인 감속 기어 장치 내에 밀봉된 윤활제의 철분 밀도로부터 이하의 특징이 얻어진다.
- <150> 상기 설명된 것과 같이, 감속 기어 장치의 내구성은 정격 수명 기간 이상이 될 것이 요구된다. 하지만, 감속 기어 장치가 내부 기어의 내경 (D), 요구되는 출력 토크 (T), 및 내부 기어의 이의 개수 (N) 가 모두 변경되어 제조될 때, 이러한 감속 기어 장치의 내구성이 정격 수명 기간을 충족하는지 아닌지를 실제적으로 시험하는 것은 어렵다. 하지만, 안정기에 도달될 때까지의 윤활제의 철분 밀도의 변화는 비교적 용이하게 시험될 수 있다. 즉, 윤활제의 철분 밀도의 변화는 안정기에 도달되는 시점에서 철분 밀도가 600 ppm 을 초과하는지 아닌지를 용이하게 판단할 수 있다.
- <151> (제 2 실시형태)
- <152> 도 8 은 제 2 실시형태의 감속 기어 장치 (110) 의 주요부의 단면도를 나타낸다. 제 1 실시형태와 상이한 부분만이 상세하게 설명될 것이다. 제 1 실시형태와 동일한 부분은 이에 대한 동일한 참조 번호를 갖고, 이의 중복된 설명은 생략될 수 있다.

- <153> 감속 기어 장치 (110) 는 산업용 로봇 (130) 의 제 4 관절에 부착되도록 설계되고, 모터 (146) 에 의해 회전되는 축 (114) 의 회전수를 감소시키고, 선단 암 (154) 의 회전을 야기한다.
- <154> 모터 (146) 는 기저부 암 (152) 의 고정부 (152a) 에 볼트 (97) 에 의해 고정된다. 제 1 감속 기구는 축 (114) 의 선단에 형성되는 스피어 기어 (119), 및 이 스피어 기어 (119) 와 맞물리는 스피어 기어 (112a, 112c, 및 112e (비록 112a 만 도시되어 있지만)) 를 포함한다.
- <155> 제 2 감속 기구의 캐리어 (8) 는 스피어 기어 (92) 에 볼트 (20) 에 의해 고정된다.
- <156> 내부 기어 (2) 의 일부가 기저부 암 (152) 의 고정부 (152a) 에 볼트 (118) 에 의해 고정되고, 선단 암 (154) 은 회전할 수 있도록 베어링 (90) 에 의해 기저부 암 (152) 상에 지지되며, 스피어 기어 (92) 와 맞물리는 스피어 기어 (94) 에 볼트 (96) 에 의해 고정된다.
- <157> 이러한 감속 기어 장치 (110) 에서, 모터 (146) 와 스피어 기어 (112a) 를 연결하는 축 (114) 은 짧게 된다. 따라서 장치를 간단하게 할 수 있다. 또한, 스피어 기어 (92) 및 스피어 기어 (94) 는 선단 암 (154) 과 감속 기어 장치 (110) 의 출력 축을 구성하는 캐리어 (8) 사이에 존재한다. 스피어 기어 (92) 및 스피어 기어 (94) 의 이의 개수를 조정함으로써 제 2 감속 기구로부터 선단축 부재로 전달되는 회전수를 더 줄일 수 있고, 따라서 이는 제 1 감속 기구와 제 2 감속 기구의 감속비의 조정 가능한 범위의 폭을 넓힐 수 있는 장점을 갖는다.
- <158> 상기 언급된 실시형태에서 내부 기어와 외부 기어의 이의 개수의 차가 1 인 경우가 설명되었다. 하지만, 내부 기어와 외부 기어의 이의 개수의 차는 반드시 1 일 필요는 없다.
- <159> 예컨대, 내부 기어와 외부 기어의 이의 차가 2 인 경우, 외부 기어는 외부 기어의 1 공전에 대해 2/(내부 기어의 이의 개수) 회전을 갖는다.
- <160> 이의 개수의 차가 2 인 감속 기어 장치 및 이의 개수의 차가 1 인 감속 기어 장치가 동일한 감속비를 갖게 하기 위하여, 이의 개수의 차가 2 인 감속 기어 장치의 내부 기어의 이의 개수는 이의 개수의 차가 1 인 감속 기어 장치의 내부 기어의 이의 개수의 2 배가 되게 할 수 있다. 즉, 이의 개수의 차가 2 인 경우에, 내부 기어의 내경이 D , 감속 기어 장치의 출력 토크는 T , 내부 기어의 이의 개수가 N 이라면, $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 및 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 인 경우에 $N < 80$ 을 선택함으로써 감속 기어 장치의 내구성의 저하를 억제할 수 있다.
- <161> $140 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$, 및 $650 \text{ Nm} \leq T \leq 1570 \text{ Nm}$ 인 경우에 $N \geq 80$ 이라면, 이러한 감속 기어 장치가 높은 작동비에서 이용되어 큰 부하가 전달되는 경우에 감속 기어 장치의 내구성은 크게 저하될 수 있다.
- <162> 내부 기어와 외부 기어의 이의 개수의 차가 2 인 경우에, $100 \text{ mm} \leq D < 140 \text{ mm}$, 및 $290 \text{ Nm} \leq T \leq 650 \text{ Nm}$ 인 경우에 $N < 60$ 을 선택함으로써 감속 기어의 내구성의 저하를 또한 억제할 수 있다.
- <163> 내부 기어와 외부 기어의 이의 개수의 차가 3 이상인 경우에, 마찬가지로, 상기와 동일한 이유가 성립한다. 즉, 내부 기어와 외부 기어의 이의 개수의 차는 1, 2, 또는 3 이상일 수 있다.
- <164> 또한, 본 명세서와 도면에서 설명된 기술 요소는 독립적으로 또는 다양한 조합을 통해 기술적 가치와 이용성을 제공한다. 본 발명은 청구항 출원시에 설명된 조합으로 제한되지 않는다.
- <165> 예컨대, 외부 기어는 상기 실시형태에서 토크의 출력 축을 형성한다. 하지만, 내부 기어도 토크의 출력 축을 형성할 수 있다. 이러한 경우, 캐리어는 산업용 로봇의 기저부 암에 고정될 수 있고, 내부 기어의 일부가 선단 암에 고정될 수 있다.
- <166> 또한, 본 명세서와 도면에 의해 도시된 실시예의 목적은 다수의 목적을 동시에 충족시킬 수 있고, 이러한 목적 중 하나를 만족시키는 것은 본 발명에 기술적 가치와 이용성을 제공한다.

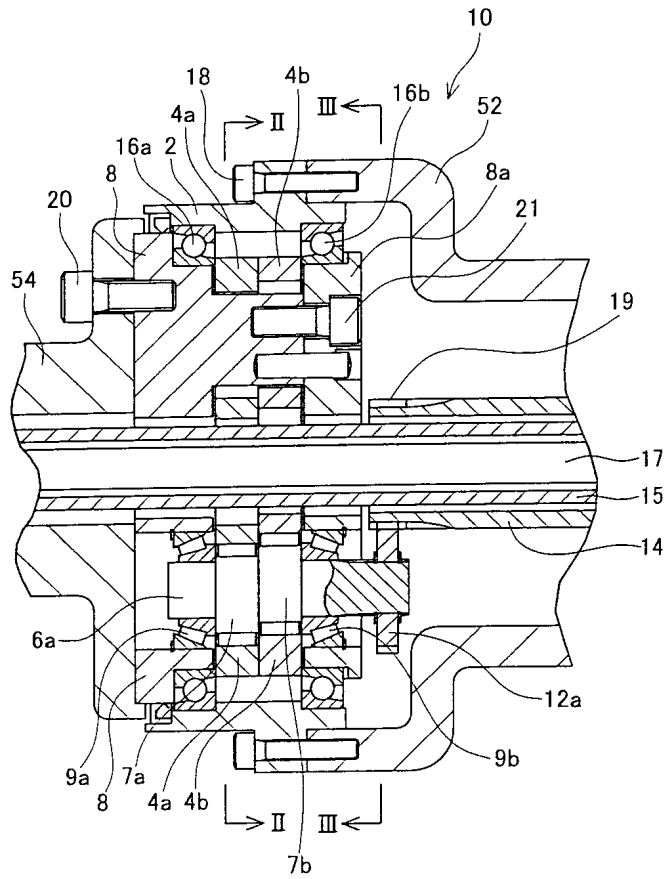
도면의 간단한 설명

- <85> 도 1 은 제 1 실시형태의 감속 기어 장치를 나타낸다.
- <86> 도 2 는 도 1 의 라인 (II-II) 을 따른 단면도를 나타낸다.
- <87> 도 3 은 도 1 의 라인 (III-III) 을 따른 단면도를 나타낸다.
- <88> 도 4 는 산업용 로봇의 개략도를 나타낸다.
- <89> 도 5 는 산업용 로봇의 3 개의 손목 축의 회로도를 나타낸다.

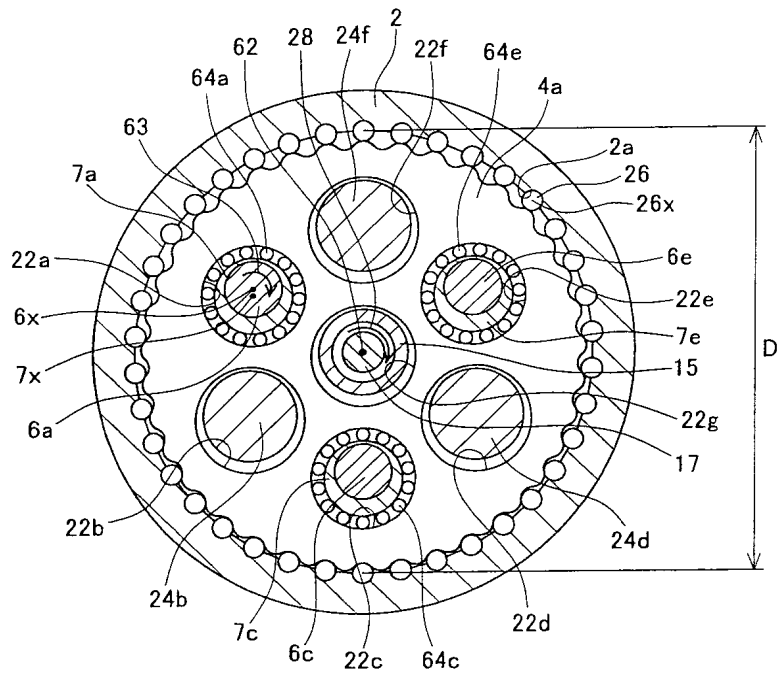
- <90> 도 6 은 감속 기어 장치의 출력 회전수와 온도의 상승을 나타내는 그래프를 나타낸다.
- <91> 도 7 은 감속 기어 장치의 작동 시간과 철분 발생량 사이의 관계를 나타내는 그래프를 나타낸다 (실험 1).
- <92> 도 8 은 제 2 실시형태의 감속 기어 장치를 나타낸다.
- <93> 도 9 는 감속 기어 장치의 작동 시간과 철분 밀도 사이의 관계를 나타내는 그래프를 나타낸다 (실험 2).

도면

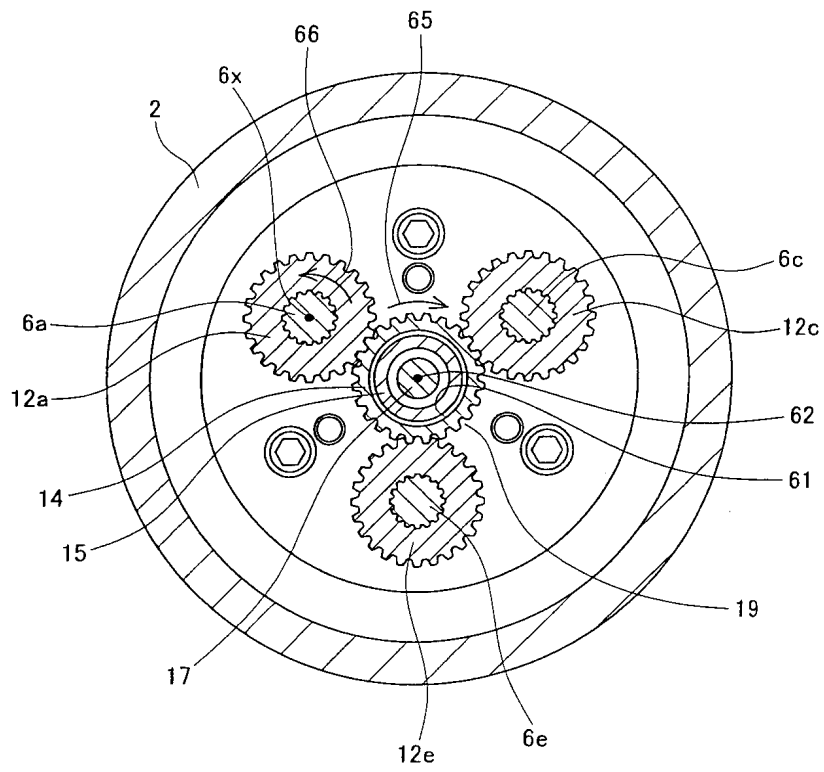
도면1



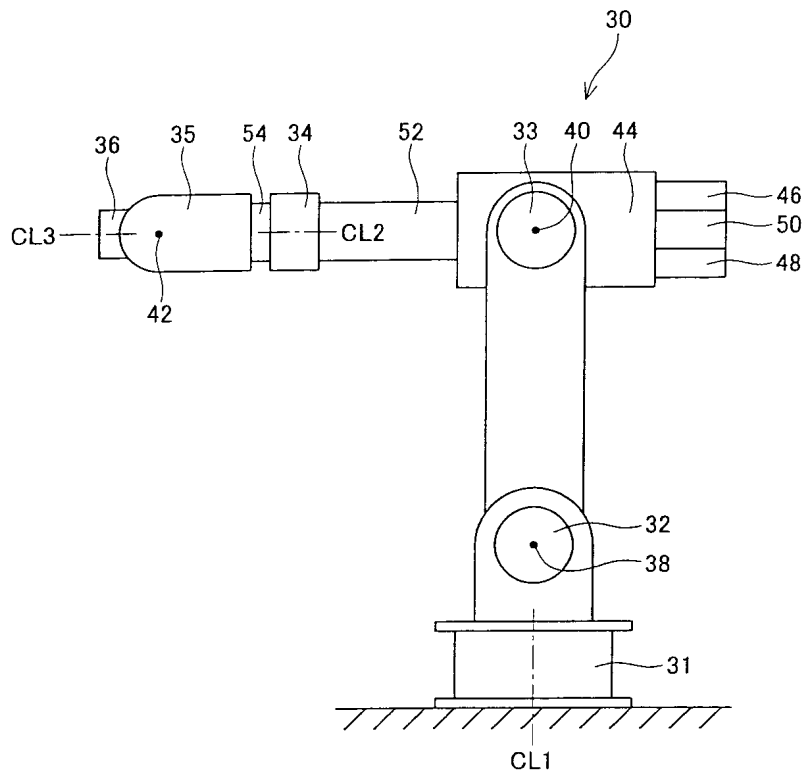
도면2



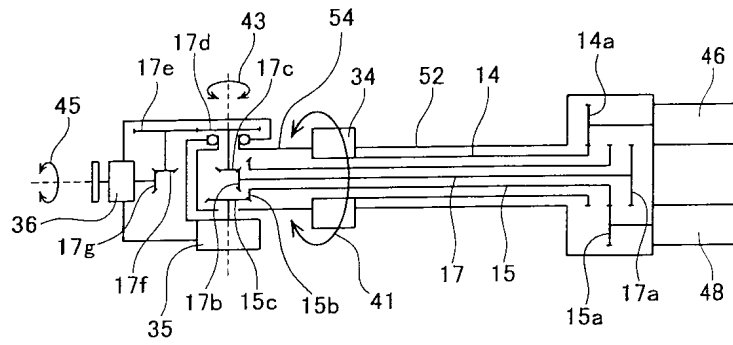
도면3



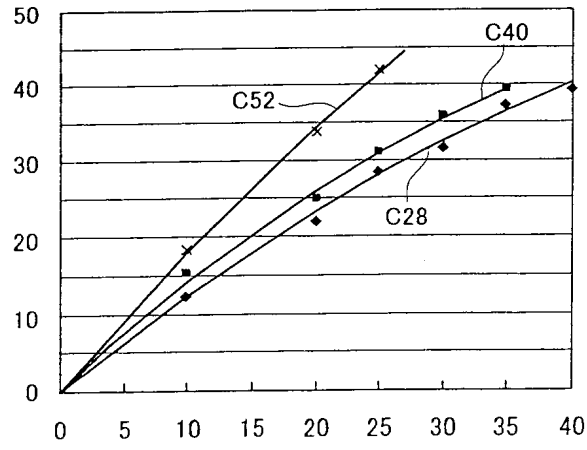
도면4



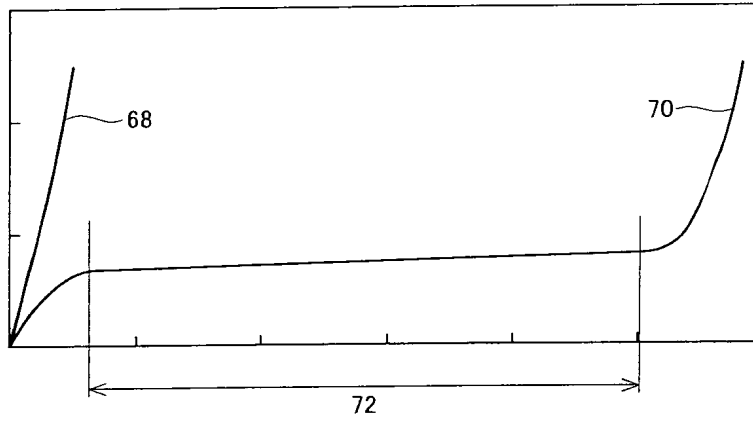
도면5



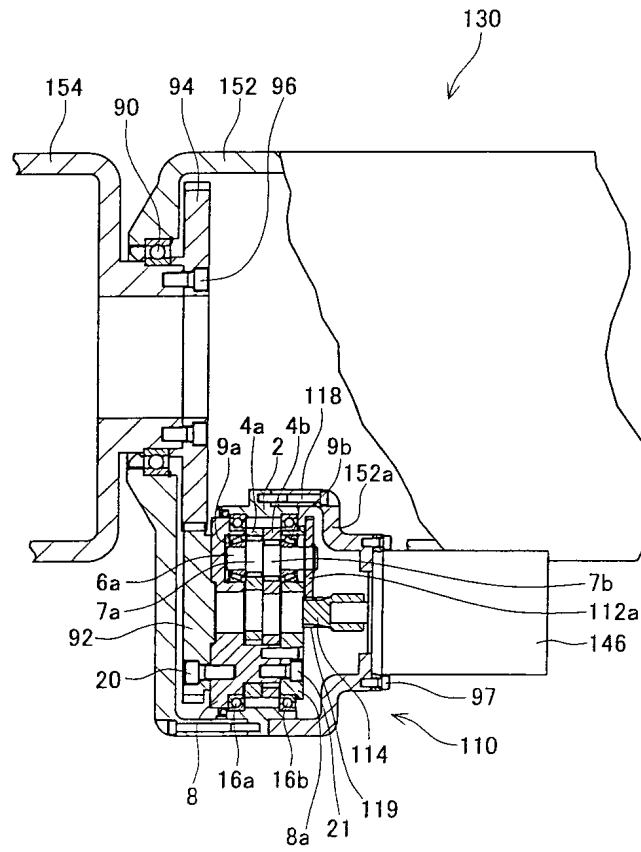
도면6



도면7



도면8



도면9

