(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월21일
(11) 등록번호 10-2720408
(24) 등록일자 2024년10월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22F 5/08 (2006.01) *B22F 3/10* (2006.01)
C22C 33/02 (2006.01) *C22C 38/44* (2006.01)
F16D 1/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B22F 5/08 (2013.01)
B22F 3/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7010810
(22) 출원일자(국제) 2020년08월17일
심사청구일자 2022년03월31일
(85) 번역문제출일자 2022년03월31일
(65) 공개번호 10-2022-0054863
(43) 공개일자 2022년05월03일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2020/031031
(87) 국제공개번호 WO 2021/065221
국제공개일자 2021년04월08일
(30) 우선권주장
JP-P-2019-182666 2019년10월03일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP07252507 A
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 6 항

(73) 특허권자
스미또모 덴꼬 쇼오께쯔 고오낑 가부시끼가이샤
일본 오까야마껭 다까하시시 나리와쪼 나리와 2901반지
(72) 발명자
하라 준페이
일본 7160192 오까야마껭 다까하시시 나리와쪼 나리와 2901반지 스미또모 덴꼬 쇼오께쯔 고오낑 가부시끼가이샤 나이
(74) 대리인
김태홍, 김진희

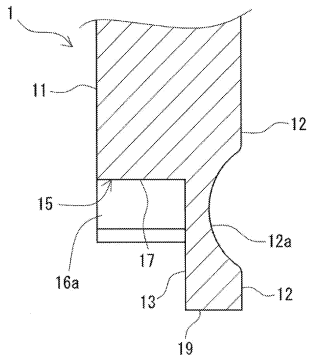
심사관 : 고혜일

(54) 발명의 명칭 **소결 부재 및 전자 커플링**

(57) 요 약

환형의 소결 부재이며, 축 방향 일측을 향하는 제1 면과, 축 방향 타측을 향하는 제2 면과, 상기 제1 면의 내측 둘레 가장자리로 이어지는 내측 둘레면, 그리고 상기 내측 둘레면의 원주 방향을 따라 교대로 형성되는 복수의 이빨 무리 및 복수의 이빨 빠짐부를 가지고, 상기 제2 면은 원주 방향으로 병렬되는 복수의 볼홈을 가지고, 상기 각 이빨 무리는 상기 둘레면의 원주 방향으로 연속되는 복수의 스플라인 이빨을 가지고, 상기 복수의 이빨 빠짐부의 수와 상기 복수의 볼홈의 수는 동수이고, 상기 복수의 이빨 빠짐부의 직경 방향의 형성 위치가 상기 복수의 볼홈의 직경 방향의 형성 범위 내이고, 상기 복수의 이빨 빠짐부의 원주 방향의 형성 범위와 상기 복수의 볼홈의 원주 방향의 형성 범위가 중복되어 있는 소결 부재가 제공된다.

대 표 도 - 도5



(52) CPC특허분류
C22C 33/02 (2013.01)
C22C 38/44 (2013.01)
F16D 1/06 (2013.01)
C21D 2211/001 (2013.01)
C21D 2211/008 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
JP2002178092 A
JP07158417 A
JP2017133660 A
JP2002538374 A
US20190219147 A1

명 세 서

청구범위

청구항 1

환형의 소결 부재로서,

축 방향 일측을 향하는 제1 면과,

축 방향 타측을 향하는 제2 면과,

상기 제1 면의 내측 둘레 가장자리에 이어지는 내측 둘레면, 그리고

상기 내측 둘레면의 원주 방향을 따라 교대로 형성되는 복수의 이빨 무리 및 복수의 이빨 빠짐부를 가지고,

상기 제2 면은 원주 방향으로 병렬되는 복수의 볼홈을 가지고,

상기 각 이빨 무리는 상기 둘레면의 원주 방향으로 연속되는 복수의 스플라인 이빨을 가지고,

상기 복수의 이빨 빠짐부의 수와 상기 복수의 볼홈의 수는 동수이고,

상기 복수의 이빨 빠짐부의 직경 방향의 형성 위치가 상기 복수의 볼홈의 직경 방향의 형성 범위 내이고,

상기 복수의 이빨 빠짐부의 원주 방향의 형성 범위와 상기 복수의 볼홈의 원주 방향의 형성 범위가 중복되어 있는 것인 소결 부재.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 소결 부재의 표면에 대하여 직교하는 방향을 따라서 5.0 ㎜의 깊이까지에 있어서의 비커스 경도의 변동 폭이 100 HV 이하인 것인 소결 부재.

청구항 3

제2항에 있어서, Ni, Cr, Mo 및 C를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 조성을 가지고,

상기 소결 부재에 포함되는 원소의 합계 함유량을 100 질량%로 할 때, 상기 소결 부재에서 차지하는 상기 Ni의 함유량이 2 질량%를 넘고 6 질량% 이하인 것인 소결 부재.

청구항 4

제3항에 있어서, Cr의 함유량이 2 질량% 이상 4 질량% 이하이고,

Mo의 함유량이 0.2 질량% 이상 0.9 질량% 이하이고,

C의 함유량이 0.2 질량% 이상 1.0 질량% 이하인 것인 소결 부재.

청구항 5

제3항 또는 제4항에 있어서, 마르텐사이트상과 잔류 오스테나이트상의 혼상(混相) 조직을 구비하고,

상기 소결 부재의 임의의 단면에 있어서의 상기 잔류 오스테나이트상의 면적 비율이 5% 이상인 것인 소결 부재.

청구항 6

제1 캠과, 제2 캠, 그리고 상기 제1 캠과 상기 제2 캠의 사이에 개재되는 볼을 구비하는 전자 커플링로서,

상기 제1 캠이, 제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 기재한 소결 부재로 구성되어 있는 것인 전자 커플링.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 소결 부재 및 전자 커플링에 관한 것이다.

[0002] 본 출원은 2019년 10월 3일 출원의 일본 출원 제2019-182666호에 기초한 우선권을 주장하며, 상기 일본 출원에 기재된 모든 기재 내용을 원용하는 것이다.

배 경 기 술

[0003] 특허문헌 1은, 4륜구동차의 프로펠러 샤프트와 리어 디퍼렌셜의 접속 및 절단을 행하는 구동력 전달 장치(전자 커플링)를 개시하고 있다. 구동력 전달 장치는 제1 캠 기구를 구비한다. 제1 캠 기구는 메인 캠(제1 캠)과 파일럿 캠(제2 캠)과 메인 캠과 파일럿 캠의 사이의 개재되는 캠볼을 구비한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) [특허문헌 1] 일본 특허공개 2012-167783호 공보

발명의 내용

[0005] 본 개시에 따른 소결 부재는,

[0006] 환형의 소결 부재이며,

[0007] 축 방향 일측을 향하는 제1 면과,

[0008] 축 방향 타측을 향하는 제2 면과,

[0009] 상기 제1 면의 내측 둘레 가장자리에 이어지는 내측 둘레면, 그리고

[0010] 상기 내측 둘레면의 원주 방향을 따라 교대로 형성되는 복수의 이빨 무리 및 복수의 이빨 빠짐부를 가지고,

[0011] 상기 제2 면은 원주 방향으로 병렬되는 복수의 볼홈을 가지고,

[0012] 상기 각 이빨 무리는 상기 둘레면의 원주 방향으로 연속되는 복수의 스플라인 이빨을 가지고,

[0013] 상기 복수의 이빨 빠짐부의 수와 상기 복수의 볼홈의 수는 동수이고,

[0014] 상기 복수의 이빨 빠짐부의 직경 방향의 형성 위치가 상기 복수의 볼홈의 직경 방향의 형성 범위 내이고,

[0015] 상기 복수의 이빨 빠짐부의 원주 방향의 형성 범위와 상기 복수의 볼홈의 원주 방향의 형성 범위가 중복되어 있다.

[0016] 본 개시에 따른 전자 커플링은,

[0017] 제1 캠과, 제2 캠, 그리고 상기 제1 캠과 상기 제2 캠의 사이에 개재되는 볼을 구비하는 전자 커플링이며,

[0018] 상기 제1 캠이 본 개시의 소결 부재로 구성되어 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 실시형태 1, 2에 따른 소결 부재의 제1 면측을 도시하는 사시도이다.

도 2는 실시형태 1, 2에 따른 소결 부재의 제2 면측을 도시하는 사시도이다.

도 3은 실시형태 1, 2에 따른 소결 부재의 제1 면측의 일부를 도시하는 평면도이다.

도 4는 실시형태 1, 2에 따른 소결 부재의 제2 면측의 일부를 도시하는 평면도이다.

도 5는 도 1의 V-V 절단선으로 절단한 소결 부재의 일부를 도시하는 단면도이다.

도 6은 실시형태 1에 따른 전자 커플링을 도시하는 단면도이다.

도 7은 실시형태 2에 따른 소결 부재 및 시료 No. 2의 소결 부재의 비커스 경도와 시료 No. 101의 소결 부재의 비커스 경도와 시료 No. 110의 소결 부재의 비커스 경도를 도시하는 그래프이다.

도 8a는 실시형태 2에 따른 소결 부재 및 시료 No. 1의 소결 부재의 단면을 도시하는 현미경 사진이다.

도 8b는 실시형태 2에 따른 소결 부재 및 시료 No. 1의 소결 부재의 단면을 도시하는 현미경 사진이다.

도 9a는 실시형태 2에 따른 소결 부재 및 시료 No. 2의 소결 부재의 단면을 도시하는 현미경 사진이다.

도 9b는 실시형태 2에 따른 소결 부재 및 시료 No. 2의 소결 부재의 단면을 도시하는 현미경 사진이다.

도 10은 해석예에 있어서 소결 부재의 스플라인 이빨에 작용하는 최대 응력의 측정 방법을 설명하는 설명도이다.

도 11은 시료 No. 101의 소결 부재의 단면을 도시하는 현미경 사진이다.

도 12는 시료 No. 102의 소결 부재의 단면을 도시하는 현미경 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] [본 개시가 해결하고자 하는 과제]

[0021] 전자 커플링의 캠 기구에 구비되는 제1 캠은 소결 부재로 구성되는 것이 있다. 제1 캠은, 볼을 매개로 제2 캠과 기계적으로 서로 관계되게 되므로, 피로 강도가 우수할 것이 요구된다. 피로 강도가 우수한 제1 캠은 장수명이므로 전자 커플링을 장기적으로 사용할 수 있게 되기 때문이다.

[0022] 그래서, 본 개시는 장기적으로 사용 가능한 전자 커플링을 구축할 수 있는 소결 부재를 제공하는 것을 목적의 하나로 한다.

[0023] 또한, 본 개시는 장기적으로 사용 가능한 전자 커플링을 제공하는 것을 다른 목적의 하나로 한다.

[0024] [본 개시의 효과]

[0025] 본 개시에 따른 소결 부재는 장기적으로 사용 가능한 전자 커플링을 구축할 수 있다.

[0026] 본 개시에 따른 전자 커플링은 장기적으로 사용 가능하다.

[0027] [본 개시의 실시형태의 설명]

[0028] 종래의 전자 커플링에 구비되는 제1 캠은, 둘레면에 이빨 빠짐부가 형성되어 있지 않고, 둘레면 중 각 볼홈의 형성 범위에 중복되는 원주 방향 부위에도 스플라인 이빨이 형성되어 있다. 본 발명자는, 이 제1 캠에서는, 전자 커플링의 제2 캠에 의한 소결 부재의 축 방향으로의 부하 등이 전자 커플링의 볼을 통해 소결 부재에 대하여 작용했을 때, 스플라인 이빨의 이뿌리에 응력이 집중하는 경우가 있다는 지견을 얻었다. 본 개시는 상기 지견에 입각한 것이다. 맨 처음 본 개시의 실시양태를 열거하여 설명한다.

[0029] (1) 본 개시의 일 양태에 따른 소결 부재는,

[0030] 환형의 소결 부재이며,

[0031] 축 방향 일측을 향하는 제1 면과,

[0032] 축 방향 타측을 향하는 제2 면과,

[0033] 상기 제1 면의 내측 둘레 가장자리에 이어지는 내측 둘레면, 그리고

[0034] 상기 내측 둘레면의 원주 방향을 따라 교대로 형성되는 복수의 이빨 무리 및 복수의 이빨 빠짐부를 가지고,

[0035] 상기 제2 면은 원주 방향으로 병렬되는 복수의 볼홈을 가지고,

[0036] 상기 각 이빨 무리는 상기 둘레면의 원주 방향으로 연속되는 복수의 스플라인 이빨을 가지고,

[0037] 상기 복수의 이빨 빠짐부의 수와 상기 복수의 볼홈의 수는 동수이고,

[0038] 상기 복수의 이빨 빠짐부의 직경 방향의 형성 위치가 상기 복수의 볼홈의 직경 방향의 형성 범위 내이고,

[0039] 상기 복수의 이빨 빠짐부의 원주 방향의 형성 범위와 상기 복수의 볼홈의 원주 방향의 형성 범위가 중복되어 있다.

[0040] 상기 소결 부재는 장기적으로 사용 가능한 전자 커플링을 구축할 수 있다. 그 이유는 다음과 같다. 상기 소결

부재에서는, 복수의 이빨 빠짐부의 원주 방향의 형성 범위와 복수의 볼홈의 원주 방향의 형성 범위가 중복되어 있기 때문에, 내측 둘레면에 있어서 각 볼홈의 형성 범위에 중복되는 원주 방향 부위에 스플라인 이빨이 없다. 즉, 내측 둘레면 중 각 볼홈의 형성 범위에 중복되는 원주 방향 부위가 스플라인 이빨의 이뿌리의 굽힘 직경보다도 큰 굽힘 직경의 라운딩을 띠고 있다. 그 때문에, 상기 소결 부재로 전자 커플링의 제1 캠을 구성하여, 전자 커플링의 제2 캠에 의한 소결 부재의 축 방향으로의 부하 등이 전자 커플링의 볼을 통해 소결 부재에 대하여 작용하더라도, 상기한 라운딩을 띤 이빨 빠짐부에서 응력의 집중이 완화되어, 스플라인 이빨의 이뿌리에 대한 응력 집중을 억제할 수 있다. 이로써, 상기 소결 부재는 피로 강도의 저하를 억제할 수 있어 장수명이다.

[0041] (2) 상기 소결 부재의 일 형태로서,

[0042] 상기 소결 부재의 표면에 대하여 직교하는 방향을 따라서 5.0 mm의 깊이까지에 있어서의 비커스 경도의 변동 폭이 100 HV 이하인 것을 들 수 있다.

[0043] 상기 소결 부재는 소결 부재의 표면으로부터 소정의 깊이인, 상기 표면에 대하여 직교하는 방향을 따라서 5.0 mm까지 균일한 경도를 갖는다. 경도가 불균일한 소결 부재는, 경도가 작은 부위가 기계적 약점으로 될 수 있기 때문에, 손상을 받기 쉽다. 이에 대하여, 경도가 균일한 상기 소결 부재는, 기계적 약점으로 될 수 있는 부위가 적기 때문에, 쉽게 손상을 받지 않는다.

[0044] (3) 상기 소결 부재의 일 형태로서,

[0045] Ni, Cr, Mo 및 C를 함유하며, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 조성을 가지고,

[0046] 상기 소결 부재에 포함되는 원소의 합계 함유량을 100 질량%로 할 때, 상기 소결 부재에 차지하는 상기 Ni의 함유량이 2 질량%를 넘고 6 질량% 이하인 것을 들 수 있다.

[0047] 상기 소결 부재는 고경도(高硬度)와 고인성(高靭性)을 겸비한다. 그 이유는 Ni의 함유량이 많으나 지나치게 많지는 않기 때문이다.

[0048] (4) 상기 소결 부재의 일 형태로서,

[0049] Cr의 함유량이 2 질량% 이상 4 질량% 이하이고,

[0050] Mo의 함유량이 0.2 질량% 이상 0.9 질량% 이하이고,

[0051] C의 함유량이 0.2 질량% 이상 1.0 질량% 이하인 것을 들 수 있다.

[0052] 상기 소결 부재는 고경도이다. 그 이유는 자세하게는 후술하지만, 상기 각 원소의 함유량이 상기 범위를 만족하기 때문이다.

[0053] (5) 상기 소결 부재의 일 형태로서,

[0054] 마르텐사이트상과 잔류 오스테나이트상의 혼상(混相) 조직을 구비하고,

[0055] 상기 소결 부재의 임의의 단면에 있어서의 상기 잔류 오스테나이트상의 면적 비율이 5% 이상인 것을 들 수 있다.

[0056] 상기 소결 부재는 고경도와 고인성을 겸비한다. 그 이유는, 고경도인 마르텐사이트상과 고인성인 잔류 오스테나이트상을 갖기 때문이다. 특히 상기 소결 부재는 인성이 우수하다. 그 이유는 고인성인 잔류 오스테나이트상의 면적 비율이 높기 때문이다.

[0057] (6) 본 개시의 일 양태에 따른 전자 커플링은,

[0058] 제1 캠과, 제2 캠, 그리고 상기 제1 캠과 상기 제2 캠의 사이에 개재되는 볼을 구비하는 전자 커플링이며,

[0059] 상기 제1 캠이 상기 (1) 내지 상기 (5)의 어느 하나에 기재한 소결 부재로 구성되어 있다.

[0060] 상기 전자 커플링은 장기간에 걸쳐 사용 가능하다. 그 이유는, 제1 캠이 상술한 것과 같이 스플라인 이빨의 이뿌리에 대한 응력 집중을 억제할 수 있어, 장수명인 소결 부재로 구성되어 있기 때문이다.

[0061] 《본 개시의 실시형태의 상세》

[0062] 본 개시의 실시형태의 상세한 점을 이하에 설명한다. 도면 내의 동일 부호는 동일한 명칭인 것을 나타낸다.

[0063] 《실시형태 1》

[0064] 〔소결 부재〕

[0065] 도 1부터 도 5를 참조하여 실시형태 1에 따른 소결 부재(1)를 설명한다. 소결 부재(1)는 환형으로 형성되어 있다(도 1). 소결 부재(1)는, 제1 면(11)(도 1)과 제2 면(12)(도 2)과 둘레면(15)(도 1)을 갖는다. 제1 면(11)과 제2 면(12)은 소결 부재(1)의 축 방향으로 서로 반대측을 향한다. 둘레면(15)은 제1 면(11)의 내측 둘레 가장자리로 이어지는 환형의 면이다. 본 형태에 따른 소결 부재(1)의 특징의 하나는 이하의 요건 (a) 및 요건 (b)를 만족한다는 점에 있다.

[0066] (a) 둘레면(15)의 원주 방향을 따라 교대로 형성되는 이빨 무리(16) 및 이빨 빠짐부(17)(도 1)와, 제2 면(12)의 원주 방향으로 병렬되는 복수의 볼홈(12a)(도 2)을 갖는다.

[0067] (b) 이빨 빠짐부(17)와 볼홈(12a)이 특정한 수의 관계와 특정한 위치의 관계를 만족한다.

[0068] 이하, 각 구성을 상세히 설명한다.

[0069] [외관]

[0070] 소결 부재(1)의 형상은 원반형이다(도 1). 소결 부재(1)의 중심에는 구멍부(19)가 형성되어 있다. 구멍부(19)는 소결 부재(1)의 축 방향을 따라 관통되어 있다. 기타, 소결 부재(1)에는, 도시하지 않지만, 제1 면(11)과 제2 면(12)을 관통하는 복수의 관통 구멍이 형성되어 있어도 좋다. 이 관통 구멍은 소결 부재의 경량화를 도모할 수 있다.

[0071] [제1 면 및 제2 면]

[0072] 제1 면(11)은 소결 부재(1)의 축 방향에 있어서의 일측에 마련된다(도 1). 제2 면(12)은 소결 부재(1)의 축 방향에 있어서의 타측에 마련된다(도 2). 즉, 제1 면(11)과 제2 면(12)은 소결 부재(1)의 축 방향에 있어서 서로 반대측에 형성되어 있다. 제1 면(11) 및 제2 면(12)의 형상은 원환형이다. 제1 면(11)과 제2 면(12)은 실질적으로 평면으로 구성되어 있다. 제1 면(11)과 제2 면(12)은 실질적으로 소결 부재(1)의 축 방향에 대하여 직교하며 또한 서로 평행하다.

[0073] [둘레면]

[0074] 둘레면(15)은 소결 부재(1)의 축 방향에 평행하다(도 1). 둘레면(15)은 본 형태에서는 내측 둘레면이다. 즉, 둘레면(15) 중 소결 부재(1)의 축 방향에 있어서의 일측의 둘레 가장자리는 제1 면(11)의 내측 둘레 가장자리로 이어진다. 둘레면(15) 중 소결 부재(1)의 축 방향에 있어서의 타측의 둘레 가장자리는 본 형태에서는 제2 면(12)의 내측 둘레 가장자리로 이어지지는 않고, 후술하는 제3 면(13)의 외측 둘레 가장자리로 이어진다. 본 형태와 같이 둘레면(15)이 내측 둘레면인 경우, 둘레면(15)의 상기 타측의 둘레 가장자리는 제2 면(12)의 내측 둘레 가장자리에 이어져 있어도 좋다. 또한, 둘레면(15)은 외측 둘레면이라도 좋다. 둘레면(15)이 외측 둘레면인 경우, 둘레면(15)의 상기 일측의 둘레 가장자리는 제1 면(11)의 외측 둘레 가장자리로 이어진다. 둘레면(15)의 상기 타측의 둘레 가장자리는 제2 면(12)의 외측 둘레 가장자리에 이어져 있어도 좋다.

[0075] [기타]

[0076] (제3 면)

[0077] 제3 면(13)은 소결 부재(1)의 축 방향의 일측의 면이다. 제3 면(13)은 제1 면(11)과의 사이에 둘레면(15)의 축 방향을 따른 길이만큼의 단차(段差)를 형성한다. 제3 면(13)의 형상은 원환형이다. 제3 면(13)은 제1 면(11)과 마찬가지로 실질적으로 평면으로 구성되어 있다. 제3 면(13)은 제1 면(11) 및 제2 면(12)과 실질적으로 평행하다.

[0078] [이빨 무리]

[0079] 각 이빨 무리(16)는 상대 톱니바퀴의 이빨과 맞물리는 부분이며, 둘레면(15)의 원주 방향을 따라 병렬되는 복수의 스플라인 이빨(16a)의 집합이다(도 1). 상대 톱니바퀴의 도시는 생략한다. 본 형태의 둘레면(15)은 상술한 것과 같이 내측 둘레면이기 때문에, 이빨 무리(16)는 내측 이빨 무리이다. 또한, 둘레면(15)이 외측 둘레면이면, 이빨 무리(16)는 외측 이빨 무리가 된다. 이빨 무리(16)는 원주 방향으로 인접하는 이빨 빠짐부(17)들 사이에 하나씩 형성된다. 이빨 무리(16)의 수는 이빨 빠짐부(17)의 수와 동수이다. 이빨 무리(16)의 수는 본 형태에서는 3개로 하고 있다.

[0080] 각 이빨 무리(16)에 있어서의 스플라인 이빨(16a)의 수는 2개 이상이면 특별히 한정되지 않으며, 적절하게 선택

할 수 있다. 각 이빨 무리(16)에 있어서의 스플라인 이빨(16a)의 수가 많으면, 상대 톱니바퀴와 맞물리는 스플라인 이빨(16a)의 수가 많아지기 쉽다. 그 때문에, 상대 톱니바퀴와의 맞물림에 동반하여 각 스플라인 이빨(16a)에 작용하는 부하가 작아지기 쉽다. 각 이빨 무리(16)에 있어서의 스플라인 이빨(16a)의 수가 적으면, 후술하는 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)가 길어지기 쉽다. 그 때문에, 자세하게는 후술하는 것과 같이, 소결 부재(1)로 전자 커플링(10)의 제1 캠(110)(도 6)을 구성하더라도, 스플라인 이빨(16a)의 이뿌리에 대한 응력 집중이 억제되기 쉽다. 각 이빨 무리(16)에 있어서의 스플라인 이빨(16a)의 수는 본 형태에서는 8개이다.

[0081] 각 이빨 무리(16)의 길이(La)는 후술하는 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)에 따라서 적절하게 선택할 수 있다(도 3). 이빨 무리(16)의 길이(La)는 스플라인 이빨(16a)의 피치 원(Cp)의 원주 상에 있어서, 이빨 무리(16)의 일단측의 스플라인 이빨(16a)에서부터 타단 측의 스플라인 이빨(16a)까지의 길이를 말한다. 도 3은 피치 원(Cp)을 파선으로 나타낸다. 각 이빨 무리(16)의 길이(La)는 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)와 다르더라도 좋고, 후술하는 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)와 동등하여도 좋다. 각 이빨 무리(16)의 길이(La)가 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)보다도 긴 경우, 각 이빨 무리(16)에 있어서의 스플라인 이빨(16a)의 수를 많게 하기 쉽다. 그 때문에, 각 스플라인 이빨(16a)에 작용하는 응력이 작아지기 쉽다. 각 이빨 무리(16)의 길이(La)가 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)보다도 짧은 경우, 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)가 길기 때문에, 스플라인 이빨(16a)의 이뿌리에 대한 응력 집중이 억제되기 쉽다. 이빨 무리(16)의 길이(La)가 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)와 동등한 경우, 각 스플라인 이빨(16a)에 작용하는 응력이 작아지기 쉽다는 효과와, 스플라인 이빨(16a)의 이뿌리에 대한 응력 집중이 억제되기 쉽다는 효과를 밸런스 좋게 겸비할 수 있다.

[0082] 각 이빨 무리(16)에 있어서의 각 스플라인 이빨(16a)의 이빨 두께(Ta)와 이빨홈의 폭(Wa)은 상대 톱니바퀴의 이빨홈의 폭과 이빨 두께에 맞춰서 적절하게 선택할 수 있다. 스플라인 이빨(16a)의 이빨 두께(Ta)는, 피치 원(Cp)의 원주 상에 있어서, 스플라인 이빨(16a)의 길이를 말한다. 이빨홈의 폭(Wa)은, 피치 원(Cp)의 원주 상에 있어서, 인접하는 스플라인 이빨(16a)들 사이의 길이를 말한다. 각 이빨 무리(16)에 있어서 각 스플라인 이빨(16a)의 이빨 두께(Ta)는 균등하다. 각 이빨 무리(16)에 있어서의 이빨홈의 폭(Wa)은 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)보다도 작다. 각 이빨 무리(16)에 있어서의 이빨홈의 폭(Wa)은 균등하다.

[0083] [이빨 빠짐부]

[0084] 각 이빨 빠짐부(17)는 이빨이 형성되어 있지 않아 상대 톱니바퀴의 이빨과 맞물리지 않는 부분이다(도 1). 이빨 빠짐부(17)는 둘레면(15)의 일부로 구성되어 있다. 이빨 빠짐부(17)는 원주 방향으로 인접하는 이빨 무리(16)들 사이에 하나씩 배치되어 있다. 즉, 이빨 빠짐부(17)의 수는 후술하는 볼홈(12a)의 수와 동수이다. 이빨 빠짐부(17)의 수는 본 형태에서는 3개이다.

[0085] 각 이빨 빠짐부(17)에 있어서, 빠진 스플라인 이빨(16a)의 수는, 스플라인 이빨(16a)의 이빨 두께(Ta), 이빨홈의 폭(Wa) 및 후술하는 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)에 따라 변한다(도 3). 빠진 스플라인 이빨(16a)의 수는, 도 3의 2점쇄선으로 나타내는 것과 같이, 이빨 빠짐부(17)을 형성하지 않고서 이빨 무리(16)의 스플라인 이빨(16a)을 원주 방향으로 병렬시킴으로써 파악할 수 있다. 이때, 각 스플라인 이빨(16a)의 이빨 두께(Ta)를 균등하게 하고, 각 이빨홈의 폭(Wa)을 균등하게 한다. 각 이빨 빠짐부(17)에 있어서, 빠진 스플라인 이빨(16a)의 수는 적어도 2개이상을 들 수 있다. 그렇게 하면, 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)가 길어지기 쉽기 때문에, 스플라인 이빨(16a)의 이뿌리에 대한 응력 집중을 억제하기 쉽다. 단, 빠진 스플라인 이빨(16a)의 수가 지나치게 많으면, 스플라인 이빨(16a)의 수가 적어져, 각 스플라인 이빨(16a)에 작용하는 응력이 커지기 쉽다. 빠진 스플라인 이빨(16a)의 수는, 스플라인 이빨(16a)의 이빨 두께(Ta), 이빨홈의 폭(Wa) 및 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)에 따라 다르기도 하지만, 예컨대 3개 이하가 바람직하다. 각 이빨 빠짐부(17)에 있어서, 빠진 스플라인 이빨(16a)의 수는 본 형태에서는 2개이다. 즉, 2개의 스플라인 이빨(16a)이 빠짐으로써 하나의 이빨 빠짐부(17)가 형성되어 있고, 그 2개로 하나의 이빨 빠짐부(17)로 카운트한다.

[0086] 각 이빨 빠짐부(17)의 형성 부위는, 둘레면(15)에 있어서 후술하는 각 볼홈(12a)에 대하여 대향하는 부위이다(도 5). 즉, 각 이빨 빠짐부(17)의 직경 방향의 형성 위치가 각 볼홈(12a)의 직경 방향의 형성 범위 내이고, 각 이빨 빠짐부(17)의 원주 방향의 형성 범위와 각 볼홈(12a)의 원주 방향의 형성 범위가 원주 방향에 있어서 중복되어 있다.

[0087] 본 형태의 소결 부재(1)와는 달리, 둘레면(15)에 이빨 빠짐부(17)가 형성되어 있지 않고, 둘레면(15) 중 각 볼홈(12a)의 형성 범위에 중복되는 원주 방향의 부위에도 스플라인 이빨(16a)이 형성되어 있는 소결 부재로 전자 커플링(10)의 제1 캠(110)을 구성한 경우는 다음과 같다. 전자 커플링(10)의 제2 캠(120)에 의한 소결 부재(1)의 축 방향으로의 부하 등이 전자 커플링(10)의 볼(130)을 통해 소결 부재(1)에 대하여 작용함으로써, 볼홈

(12a)의 형성 범위에 중복되는 원주 방향 부위의 스플라인 이빨의 이뿌리에 응력 집중이 생긴다. 이에 대하여, 본 형태의 소결 부재(1)에서는, 각 이빨 빠짐부(17)의 원주 방향의 형성 범위와 각 볼홈(12a)의 원주 방향의 형성 범위가 중복되어 있기 때문에, 둘레면(15)에 있어서 각 볼홈(12a)의 형성 범위에 중복되는 원주 방향 부위에 응력 집중이 생기는 스플라인 이빨(16a)의 이뿌리가 없다. 즉, 둘레면(15) 중 각 볼홈(12a)의 형성 범위에 중복되는 원주 방향 부위가 스플라인 이빨(16a)의 이뿌리의 굽힘 직경보다도 큰 굽힘 직경의 라운딩을 띠고 있다. 그 때문에, 상기한 라운딩을 띤 이빨 빠짐부(17)로 상기 부하 등의 작용에 동반되는 응력의 집중이 완화되어, 스플라인 이빨(16a)의 이뿌리에 대한 응력 집중이 억제된다.

[0088] 각 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)는, 후술하는 각 볼홈(12a)의 길이(Lc)에 따라서 적절하게 선택할 수 있다(도 3). 각 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)란, 이뿌리 원(Cr)의 원주 상에 있어서, 인접하는 이빨 무리(16)들 사이의 길이를 말한다. 도 3은 이뿌리 원(Cr)을 1점쇄선으로 나타낸다. 각 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)는, 후술하는 각 볼홈(12a)의 길이(Lc)에 대하여 30% 이상 70% 이하의 길이를 갖는 것이 바람직하다. 각 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)가 각 볼홈(12a)의 길이(Lc)에 대하여 30% 이상의 길이를 가짐으로써, 각 이빨 빠짐부(17)는 충분한 길이를 갖는다. 그 때문에, 스플라인 이빨(16a)의 이뿌리에 대한 응력 집중이 억제되기 쉽다. 각 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)가 각 볼홈(12a)의 길이(Lc)에 대하여 70% 이하의 길이를 가짐으로써, 각 이빨 빠짐부(17)의 길이가 과도하게 길어지지 않는다. 즉, 이빨 무리(16)의 길이(La)가 지나치게 짧아지지 않는다. 각 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)는, 본 형태에서는 각 볼홈(12a)의 길이(Lc)(도 4)보다도 짧다. 각 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)는 균등하다. 각 이빨 빠짐부(17)는, 길이(Lb)의 전체 길이에 걸쳐 각 볼홈(12a)의 형성 범위에 중복되는 범위 내에 형성되어 있다(도 4). 즉, 이빨 무리(16)에 있어서의 각 끝쪽의 스플라인 이빨(16a)은, 볼홈(12a)의 형성 범위의 단부에 중복되는 위치에 형성되어 있다.

[0089] 도 4는 볼홈(12a)에 대향하는 이빨 빠짐부(17)와 이빨 무리(16)에 있어서의 각 끝쪽의 스플라인 이빨(16a)을 파선으로 나타내고 있다.

[0090] 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)는, 이빨 빠짐부(17)의 원주 방향의 형성 범위를 나타내고, 볼홈(12a)의 길이(Lc)는 볼홈(12a)의 원주 방향의 형성 범위를 나타내고 있다(도 4).

[0091] 즉, 도 4에 도시하는 것과 같이, 이빨 빠짐부(17)의 원주 방향의 형성 범위(길이(Lb))와 볼홈(12a)의 원주 방향의 형성 범위(길이(Lc))는 중복되어 있다. 도 4에서는, 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb) 범위의 중앙과 볼홈(12a)의 길이(Lc) 범위의 중앙이 거의 일치하고 있지만, 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb) 범위의 중앙과 볼홈(12a)의 길이(Lc) 범위의 중앙이 틀어져 있어도 좋다.

[0092] 또한, 도 4에서는 각 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb) 범위 전체가 각 볼홈(12a)의 길이(Lc) 범위 내에 포함되어 있고, 각 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb) 범위 전체가 각 볼홈(12a)의 길이(Lc) 범위에 중복되어 있는 경우를 예시했지만, 각 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb) 범위의 일부가 각 볼홈(12a)의 길이(Lc) 범위에 중복되어 있어도 좋다.

[0093] 또한, 각 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb) 및 각 볼홈(12a)의 길이(Lc) 각각의 일부 또는 전부가 서로 중복되어 있으면, 각 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)가 각 볼홈(12a)의 길이(Lc)보다도 길더라도 좋다.

[0094] 또한, 각 이빨 빠짐부(17)의 외측 둘레 가장자리에 있어서의 직경 방향의 위치는, 본 형태에서는, 각 이빨 빠짐부(17)를 평면에서 봤을 때, 각 볼홈(12a)의 외측 둘레 가장자리 쪽으로 틀어져 있다. 또한, 각 이빨 빠짐부(17)의 외측 둘레 가장자리의 상기 위치는 각 볼홈(12a)의 내측 둘레 가장자리로 틀어져 있어도 좋다. 각 이빨 빠짐부(17)의 외측 둘레 가장자리는, 각 볼홈(12a)의 외측 둘레 가장자리와 내측 둘레 가장자리의 정확히 중간에 위치하고 있어도 좋다. 각 이빨 빠짐부(17)의 외측 둘레 가장자리의 상기 위치는 각 볼홈(12a)의 내측 둘레 가장자리로 틀어져 있는 편이, 이빨 빠짐부(17)에서 상기 부하 등의 작용에 동반되는 응력의 집중이 완화되기 쉽고, 스플라인 이빨(16a)의 이뿌리에 대한 응력 집중이 억제되기 쉽다고 생각된다.

[0095] 이와 같이, 각 이빨 빠짐부(17)의 직경 방향의 형성 위치는 각 볼홈(12a)의 직경 방향의 형성 범위 내이다.

[0096] [볼홈]

[0097] 각 볼홈(12a)은 전자 커플링(10)에 구비되는 볼(130)(도 6)이 배치된다(도 2). 볼홈(12a)은 제2 면(12)의 원주 방향을 따라 병렬되어 있다. 원주 방향에 인접하는 볼홈(12a)들은, 볼홈(12a)의 수와 볼홈(12a)의 길이(Lc)에 따라 다르지만, 본 형태와 같이 원주 방향으로 간격을 두고서 형성되어 있어도 좋고, 원주 방향으로 실질적으로 간격을 두지 않고서 연속되도록 형성되어 있어도 좋다. 원주 방향으로 실질적으로 간격을 두지 않고서 연속된다는 것은, 예컨대 원주 방향으로 인접하는 볼홈(12a)들이 서로의 볼홈(12a)의 단부끼리를 통해 연속되어 있는 것을 들 수 있다. 원주 방향으로 인접하는 볼홈(12a)들 사이에는 본 형태에서는 제2 면(12)이 개재되어 있다. 원

주 방향으로 인접하는 볼홈(12a)들의 원주 방향을 따른 간격은 등간격이다.

[0098] 볼홈(12a)의 수는 2개 이상이면 특별히 한정되지 않으며, 적절하게 선택할 수 있다. 볼홈(12a)의 수는 예컨대 3개부터 9개 등을 들 수 있다. 볼홈(12a)의 수는 본 형태에서는 3개이다.

[0099] 각 볼홈(12a)의 길이(Lc)는, 볼홈(12a)의 수와 원주 방향으로 인접하는 볼홈(12a)들의 간격 등에 따라서 적절하게 선택할 수 있다. 각 볼홈(12a)의 길이(Lc)는, 도 5에 도시하는 것과 같이 원주 방향을 따른 최대의 길이를 말한다. 각 볼홈(12a)의 길이(Lc)는 본 형태에서는 상술한 각 이빨 빠짐부(17)의 길이(Lb)보다도 길다.

[0100] 각 볼홈(12a)의 형상은 특별히 한정되지 않으며, 적절하게 선택할 수 있다. 각 볼홈(12a)의 깊이는 한결같지 않고 다르다. 깊이가 다름으로써, 전자 커플링(10)의 제1 캠(110)(도 6)을 소결 부재(1)로 구성한 경우, 자세하게는 후술하는 것과 같이, 볼(130)을 통해 대면하는 제1 캠(110)과 제2 캠(120)의 간격을 좁히거나 넓히거나 할 수 있다. 각 볼홈(12a)의 개구 폭은 한결같아도 좋고 다르더라도 좋다(도 2). 각 볼홈(12a)의 깊이와 각 볼홈(12a)의 개구 폭의 관계는 다음의 관계를 만족하는 것을 들 수 있다. 각 볼홈(12a)의 가장 깊은 부위의 개구 폭이 가장 넓다. 각 볼홈(12a)의 가장 얕은 부위의 개구 폭은 가장 깊은 부위의 개구 폭과 동등하여도 좋고 가장 좁아도 좋다.

[0101] 각 볼홈(12a)의 형상은 본 형태에서는 궁(弓) 형상이다(도 2, 도 4). 각 볼홈(12a)의 깊이는, 본 형태에서는 원주 방향 중앙에서 양끝으로 향함에 따라서 얕아지도록 경사져 있다. 즉, 각 볼홈(12a)에 있어서의 원주 방향 중앙의 깊이가 가장 깊고, 양끝의 깊이가 가장 얕다. 각 볼홈(12a)의 개구 폭은 원주 방향 중앙으로부터 양끝으로 향함에 따라서 좁게 되어 있다. 즉, 각 볼홈(12a)에 있어서의 원주 방향 중앙의 개구 폭이 가장 넓고, 원주 방향의 양끝의 개구 폭이 가장 좁다.

[0102] 또한, 각 볼홈(12a)의 형상에 따라서는 각 볼홈(12a)의 깊이는, 원주 방향의 한쪽의 단부에서 다른 쪽의 단부로 향하여 얕아지도록 경사져 있어도 좋다. 그 경우, 각 볼홈(12a)의 개구 폭은, 원주 방향의 한쪽의 단부 측에서 다른 쪽의 단부 측으로 향함에 따라서 폭이 좁아지게 되어 있어도 좋다. 또한, 각 볼홈(12a)의 개구 폭은 원주 방향으로 한결같아도 좋다.

[0103] [조성]

[0104] 소결 부재(1)는 복수의 철계 입자들이 결합되어 이루어진다. 철계란, 순철 또는 철기(鐵基) 합금을 말한다. 철기 합금은 예컨대 Cu(구리), C(탄소), Ni(니켈), Mo(몰리브덴), Mn(망간) 및 Cr(크롬)으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 첨가 원소를 함유하며, 잔부가 Fe(철) 및 불순물로 이루어지는 것을 들 수 있다. 구체적인 철기 합금으로서는, 스테인레스강, Fe-C계 합금, Fe-Cu-Ni-Mo계 합금, Fe-Ni-Mo-Mn계 합금, Fe-Cu계 합금, Fe-Cu-C계 합금, Fe-Cu-Mo계 합금, Fe-Ni-Mo-Cu-C계 합금, Fe-Ni-Cu계 합금, Fe-Ni-Mo-C계 합금, Fe-Ni-Cr계 합금, Fe-Ni-Mo-Cr계 합금, Fe-Ni-Cr-Mo-C계 합금, Fe-Cr계 합금, Fe-Mo-Cr계 합금, Fe-Cr-C계 합금, Fe-Ni-C계 합금, Fe-Mo-Mn-Cr-C계 합금 등을 들 수 있다. 이들 철기 합금 중에서도 특정 Fe-Ni-Cr-Mo-C계 합금이 바람직하다. 특정 Fe-Ni-Cr-Mo-C계 합금으로 이루어지는 소결 부재(1)에 관해서는 후술하는 실시형태 2에서 설명한다.

[0105] 소결 부재(1)의 조성은 ICP 발광 분광 분석법(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry: ICP-OES) 등에 의해서 성분 분석을 행함으로써 확인할 수 있다.

[0106] 〔제조 방법〕

[0107] 본 형태의 소결 부재(1)는, 압분 성형체를 준비하는 공정과, 압분 성형체를 소결하는 공정을 구비하는 소결 부재의 제조 방법에 의해 제조할 수 있다. 이하, 각 공정을 순차 설명한다.

[0108] [준비하는 공정]

[0109] 이 공정은, 복수의 이빨 무리 및 복수의 이빨 빠짐부와 복수의 볼홈을 구비하는 압분 성형체를 준비한다. 압분 성형체에 구비되는 복수의 이빨 무리 및 복수의 이빨 빠짐부와 복수의 볼홈은, 상술한 소결 부재(1)에 구비되는 복수의 이빨 무리(16) 및 복수의 이빨 빠짐부(17)와 복수의 볼홈(12a)과 같다. 상술한 소결 부재(1)는 이 공정에서 준비하는 압분 성형체가 소결됨으로써 만들어진다. 즉, 이 압분 성형체는 상술한 소결 부재(1)에 있어서 소결되어 있지 않은 것에 상당한다. 압분 성형체는 준비한 원료 분말을 가압 성형한 것이다. 원료 분말은 상술한 소결 부재(1)의 조성으로 되도록 적절하게 선택할 수 있다. 원료 분말의 가압 성형에는, 예컨대 완성품에 가까운 형상으로 마무리하는 정밀 정형(Near net shape)이 가능한 금형을 이용하는 것을 들 수 있다. 이 가압 성형에 의해, 복수의 이빨 무리 및 복수의 이빨 빠짐부와 복수의 볼홈을 갖는 압분 성형체를 얻을 수 있다. 또한,

압분 성형체의 준비는, 원반형의 압분 성형체를 제작하고, 절삭 가공에 의해서 복수의 이빨 무리 및 복수의 이빨 빠짐부와 복수의 볼홈을 형성함으로써 준비할 수 있다.

[0110] [소결하는 공정]

[0111] 이 공정은 압분 성형체를 소결한다. 압분 성형체의 소결에 의해, 원료 분말의 입자들이 결합된 상술한 소결 부재(1)를 얻을 수 있다. 압분 성형체의 소결에는 적당한 소결로를 이용할 수 있다. 소결하는 공정의 냉각 과정에서 급냉하는 경우, 압분 성형체의 소결에는 연속 소결로가 적합하다. 연속 소결로는 소결로와 소결로의 하류에 연속되는 급냉실을 갖는다.

[0112] 소결 조건은 원료 분말의 조성에 따라서 적절하게 선택할 수 있다. 소결 온도는 예컨대 1050℃ 이상 1400℃ 이하를 들 수 있고, 또한 1100℃ 이상 1300℃ 이하를 들 수 있다. 소결 시간은 예컨대 10분 이상 150분 이하를 들 수 있고, 또한 15분 이상 60분 이하를 들 수 있다. 소결 조건은 공지된 조건을 적용할 수 있다.

[0113] 소결하는 공정의 냉각 과정에 있어서의 냉각 속도는 적절하게 선택할 수 있다. 냉각 속도를 빠르게 하여 소결 부재(1)를 급냉하여도 좋고, 빠르게 하지 않고 급냉하지 않아도 좋다. 급냉하면 후술하는 열처리 공정을 생략할 수 있다. 급냉하지 않는 경우, 후술하는 열처리하는 공정을 거치더라도 좋다.

[0114] 급냉하는 경우, 냉각 속도는 1 ℃/sec 이상을 들 수 있다. 냉각 속도가 1℃/sec 이상임으로써 소결 부재(1)가 급냉된다. 그 때문에, 마르텐사이트상이 형성되기 쉬우므로, 경도가 높은 소결 부재(1)를 제조할 수 있다. 또한, 소결 부재(1)가 급냉됨으로써, 표면에서부터 소정 깊이까지에 있어서의 비커스 경도의 변동 폭이 작은 소결 부재(1)가 제조되기 쉽다. 구체적으로는 상기 비커스 경도의 변동 폭이 50 HV 이하인 소결 부재(1)가 제조된다. 냉각 속도는 또한 2 ℃/sec 이상이 바람직하고, 특히 5 ℃/sec 이상이 바람직하다. 냉각 속도의 상한은 예컨대 1000 ℃/sec를 들 수 있고, 또한 500 ℃/sec을 들 수 있고, 특히 200 ℃/sec를 들 수 있다. 냉각 방법은 냉각 가스를 소결 부재(1)에 분무하는 것을 들 수 있다. 냉각 가스의 종류는 질소 가스나 아르곤 가스 등의 불활성 가스를 들 수 있다.

[0115] [그 밖의 공정]

[0116] 소결 부재의 제조 방법은, 그 밖에 열처리 공정 및 마무리 가공을 행하는 공정의 적어도 하나의 공정을 구비할 수 있다.

[0117] (열처리)

[0118] 열처리로는 담금질 처리, 템퍼링 처리 등을 들 수 있다. 담금질·템퍼링함으로써, 소결 부재(1)의 기계적 특성, 특히 경도 및 강도가 향상된다. 담금질 처리는 침탄 담금질 처리라도 좋다. 담금질 처리(침탄 담금질 처리), 템퍼링 처리는 공지된 조건을 적용할 수 있다.

[0119] (마무리 가공을 행하는 공정)

[0120] 이 공정은 소결 부재(1)의 치수를 설계 치수에 맞춘다. 마무리 가공으로는 예컨대 사이징이나 소결 부재(1)의 표면에 대한 연마 가공 등을 들 수 있다. 특히 연마 가공은 소결 부재(1)의 표면거칠기를 작게 하기 쉽다.

[0121] [용도]

[0122] 실시형태에 따른 소결 부재(1)는, 예컨대 전자 커플링의 캠 기구를 구성하는 캠 부품에 적합하게 이용할 수 있다. 도 6을 참조하여 본 형태에 따른 전자 커플링의 일례를 설명한다. 전자 커플링(10)은 예컨대 자동차의 프로펠러 샤프트와 리어 디퍼렌셜 기어의 접속 및 절단을 행한다.

[0123] 전자 커플링(10)은 제1 캠(110)과 제2 캠(120)과 볼(130)을 갖는 캠기구를 구비한다. 도 6은 설명의 편의상 캠 기구만을 도시하고 있다. 이들 부재 이외에 전자 커플링(10)에 구비되는 전자 코일, 전기자(armature), 제1 클러치, 제2 클러치 등의 도시는 생략하고 있다. 도 6은 도 5에 도시하는 단면도와 같은 위치에서 캠 기구를 절단한 상태를 도시하는 단면도이다.

[0124] 제1 캠(110)은 상술한 소결 부재(1)로 구성된다. 즉, 제1 캠(110)은 복수의 이빨 무리(16) 및 복수의 이빨 빠짐부(17)를 갖는다. 제2 면(12)은 복수의 볼홈(12a)을 구비한다. 제1 캠(110)의 제1 면(11)은 제2 캠(120) 측과는 반대측에 위치하고, 제1 캠(110)의 제2 면(12)은 제2 캠(120) 측에 위치한다. 제2 캠(120)은 볼(130)이 배치되는 볼홈(121)을 갖는다. 볼(130)은 제1 캠(110)의 볼홈(12a)과 제2 캠(120)의 볼홈(121)의 사이에 개재된다.

[0125] 제1 캠(110)과 제2 캠(120) 사이의 간격은 전자 코일의 통전 유무에 의해서, 도시하지는 않지만 넓어지거나, 도

6에 도시하는 것과 같이 좁아지거나 한다.

[0126] 전자 코일에의 통전에 따라, 전기자, 제2 클러치 등을 통해 제2 캠(120)이 회전한다. 볼(130)은 제2 캠(120)의 볼홈(121)에 끌려가, 제1 캠(110)에 있어서의 볼홈(12a)의 가장 깊은 곳에서 가장 얕은 곳으로 이동한다. 볼(130)의 이동에 의해, 볼(130)을 통해 제1 캠(110)이 제1 면(11) 측으로 눌린다. 제1 캠(110)은 제2 캠(120)으로부터 떨어지고, 제1 캠(110)과 제2 캠(120)의 간격이 넓어진다. 상기 간격이 넓어지면, 제1 클러치 등을 통해 프로펠러 샤프트과 리어 디퍼렌셜 기어가 접속된다.

[0127] 한편, 전자 코일의 통전 차단에 따라, 통전 시의 제2 캠(120)의 회전이 해제된다. 제2 캠(120)은 통전 시와는 반대측으로 회전한다. 볼(130)은, 제2 캠(120)의 볼홈(121)에 끌려가, 제1 캠(110)에 있어서의 볼홈(12a)의 가장 얕은 곳에서 가장 깊은 곳으로 이동한다. 볼(130)의 이동에 의해, 볼(130)을 통한 제1 캠(110)의 제1 면(11) 측으로의 압박력이 해제된다. 제1 캠(110)은 제2 캠(120) 측에 가까워지고, 제1 캠(110)과 제2 캠(120)의 간격이 좁아진다. 상기 간격이 좁아지면, 제1 클러치 등을 통한 프로펠러 샤프트와 리어 디퍼렌셜 기어의 접속이 절단된다.

[0128] 〔작용 효과〕

[0129] 본 형태에 따른 소결 부재(1)는 장기적으로 사용 가능한 전자 커플링(10)을 구축할 수 있다. 본 형태에 따른 소결 부재(1)에서는, 각 이빨 빠짐부(17)의 원주 방향의 형성 범위와 각 볼홈(12a)의 원주 방향의 형성 범위가 중복되어 있기 때문에, 둘레면(15)에 있어서 각 볼홈(12a)의 형성 범위에 중복되는 원주 방향 부위에 응력 집중이 생기는 스플라인 이빨(16a)의 이뿌리가 없다. 즉, 둘레면(15) 중 각 볼홈(12a)의 형성 범위에 중복되는 원주 방향 부위가 스플라인 이빨(16a)의 이뿌리의 굽힘 직경보다도 큰 굽힘 직경의 라운딩을 띠고 있다. 그 때문에, 본 형태에 따른 소결 부재(1)로 전자 커플링(10)의 제1 캠(110)을 구성하여, 전자 커플링(10)의 제2 캠(120)에 의한 소결 부재(1)의 축 방향으로의 부하 등이 전자 커플링(10)의 볼(130)을 통해 소결 부재(1)에 대하여 작용하여도, 상기한 라운딩을 띤 이빨 빠짐부(17)에서 응력 집중이 완화되어 스플라인 이빨(16a)의 이뿌리에 대한 응력 집중을 억제할 수 있다. 이로써, 본 형태에 따른 소결 부재(1)는 피로 강도의 저하를 억제할 수 있으며 장수명이다. 또한, 본 형태에 따른 전자 커플링(10)은, 스플라인 이빨(16a)의 이뿌리에 대한 응력 집중의 억제가 가능하여 장수명의 소결 부재(1)에 의해 제1 캠(110)이 구성되기 때문에, 장기적으로 사용 가능하다.

[0130] 《실시형태 2》

[0131] 〔소결 부재〕

[0132] 도 1 내지 도 5, 도 7, 도 8a, 도 8b, 도 9a, 도 9b를 참조하여 실시형태 2에 따른 소결 부재(1)를 설명한다. 실시형태 2에 따른 소결 부재(1)는 주로 특정 조성, 조직 및 특성을 갖는 점이 실시형태 1에 따른 소결 부재(1)와 상이하다. 실시형태 2에 따른 소결 부재(1)의 외관은 실시형태 1에 따른 소결 부재(1)와 같다. 이하의 설명은 실시형태 1과 상이한 점을 중심으로 설명한다. 실시형태 1과 같은 구성의 설명은 생략한다.

[0133] [조성]

[0134] 소결 부재(1)의 조성은, Ni, Cr, Mo 및 C를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 조성을 갖는다.

[0135] (Ni)

[0136] Ni는 소결 부재(1)의 인성을 높인다. Ni는 소결 부재(1)의 제조 과정에서 담금질성(Hardenability)을 향상시킬 수 있기 때문에, 소결 부재(1)의 경도를 높이는 데에도 기여한다. 이하, 소결 부재(1)의 제조 과정을 단순히 제조 과정이라고 하는 경우가 있다. Ni의 함유량은 2 질량%를 넘고 6 질량% 이하가 바람직하다. Ni의 함유량이 2 질량%를 넘으면 소결 부재(1)는 인성이 우수하다. 그 이유는 Ni의 함유량이 많기 때문이다. Ni의 함유량이 많음으로써, Ni의 일부는 Fe와 합금화하고, Ni의 잔부는 합금화하지 않고서 순Ni로서 존재한다. 이 순Ni로서 존재하는 부분이 인성의 향상에 기여한다. Ni의 함유량이 6 질량% 이하이면, 소결 부재(1)는 경도가 우수하다. 그 이유는 Ni가 과도하게 많지 않으므로, 경도의 저하를 억제할 수 있기 때문이다. 그 때문에, Ni의 함유량이 상기 범위를 만족함으로써, 소결 부재(1)는 고경도와 고인성을 겸비할 수 있다. Ni의 함유량은 또한 2.5 질량% 이상 5.5 질량% 이하가 바람직하고, 특히 3 질량% 이상 5 질량% 이하가 바람직하다. Ni의 함유량이란, 소결 부재(1)에 포함되는 원소의 합계 함유량을 100 질량%로 할 때, 소결 부재(1)에 차지하는 Ni의 함유량을 말한다. 이 점은 후술하는 Cr, Mo, C에서도 마찬가지다.

[0137] (Cr)

[0138] Cr은 소결 부재(1)의 경도를 높인다. Cr은 제조 과정에서 담금질성이 높아지기 때문이다. Cr의 함유량은 예컨대 2 질량% 이상 4 질량% 이하가 바람직하다. Cr의 함유량이 2 질량% 이상이면, 소결 부재(1)는 경도가 우수하다. Cr의 함유량이 4 질량% 이하이면, 소결 부재(1)의 인성 저하를 억제할 수 있다. Cr의 함유량은 또한 2.2 질량% 이상 3.8 질량% 이하가 바람직하고, 특히 2.5 질량% 이상 3.5 질량% 이하가 바람직하다.

[0139] (Mo)

[0140] Mo는 소결 부재(1)의 경도를 높인다. Mo는 제조 과정에서 담금질성을 높이기 때문이다. Mo의 함유량은 예컨대 0.2 질량% 이상 0.9 질량% 이하가 바람직하다. Mo의 함유량이 0.2 질량% 이상이면, 소결 부재(1)는 경도가 우수하다. Mo의 함유량이 0.9 질량% 이하이면, 소결 부재(1)의 인성 저하를 억제할 수 있다. Mo의 함유량은 또한 0.3 질량% 이상 0.8 질량% 이하가 바람직하고, 특히 0.4 질량% 이상 0.7 질량% 이하가 바람직하다.

[0141] (C)

[0142] C는 소결 부재(1)의 경도를 향상시킨다. C는 제조 과정에서 Fe-C의 액상을 출현시키기 쉽다. 이 Fe-C의 액상은 빈 구멍의 코너부를 둥글게 하기 쉽다. 그 때문에, 소결 부재(1)는 경도 저하의 원인이 되는 빈 구멍의 예각부(鋭角部)가 적다. 이로써, 소결 부재(1)의 경도가 커지기 쉽다. C의 함유량은 예컨대 0.2 질량% 이상 1.0 질량% 이하가 바람직하다. C의 함유량이 0.2 질량% 이상이면, 소결 부재(1)는 고경도이다. 제조 과정에서 Fe-C의 액상이 충분히 출현하여, 빈 구멍의 코너부를 효과적으로 둥글게 하기 쉽기 때문이다. C의 함유량이 1.0 질량% 이하이면, 소결 부재(1)는 치수 정밀도가 우수하다. 제조 과정에서 Fe-C의 액상이 과도하게 생성되는 것을 억제하기 쉽기 때문이다. C의 함유량은 또한 0.3 질량% 이상 0.95 질량% 이하가 바람직하고, 특히 0.4 질량% 이상 0.9 질량% 이하가 바람직하다.

[0143] [조직]

[0144] 소결 부재(1)의 조직은 마르텐사이트상과 잔류 오스테나이트상의 혼상 조직을 갖는 것이 바람직하다(도 8a, 도 8b, 도 9a, 도 9b). 도 8a, 도 8b, 도 9a, 도 9b는, 자세하게는 후술하는 것과 같이, 소결 부재(1) 단면의 현미경 사진이다. 각 도면의 화살표 끝의 흰 부분이 잔류 오스테나이트상이고, 그 잔류 오스테나이트상 주위 부분이 마르텐사이트상이다. 소결 부재(1)는 마르텐사이트상을 가짐으로써 고경도이다. 소결 부재(1)는 잔류 오스테나이트상을 가짐으로써 고인성이다.

[0145] 잔류 오스테나이트상의 면적 비율은 예컨대 5% 이상이 바람직하다. 그렇게 하면, 고인성인 잔류 오스테나이트상의 면적 비율이 높기 때문에, 소결 부재(1)는 인성이 우수하다. 잔류 오스테나이트상의 면적 비율은 예컨대 50% 이하가 바람직하다. 그렇게 하면, 잔류 오스테나이트상의 면적 비율이 지나치게 커지지 않는다. 즉, 마르텐사이트상의 면적 비율이 커지기 쉽다. 이로써, 소결 부재(1)는 고경도이며 또한 고인성이다. 잔류 오스테나이트상의 면적 비율은 또한 10% 이상 45% 이하가 바람직하고, 특히 15% 이상 40% 이하가 바람직하다. 잔류 오스테나이트상의 면적 비율은, 자세하게는 후술하는 것과 같이, 소결 부재(1) 단면에 있어서의 현미경 사진의 전체 면적에 대한 잔류 오스테나이트상의 합계 면적의 비율을 말한다.

[0146] [특성]

[0147] (경도)

[0148] 소결 부재(1)는 고경도인 것이 바람직하다. 소결 부재(1)는, 비커스 경도가 크고, 비커스 경도의 변동 폭이 작은 것이 바람직하다(도 7의 그래프에 나타내는 둥근 표시). 도 7의 그래프의 상세한 것은 후술한다. 소결 부재(1)의 비커스 경도는 615 HV 이상이 바람직하다. 소결 부재(1)의 비커스 경도의 변동 폭은 100 HV 이하가 바람직하다. 이 소결 부재(1)는, 표면에서부터 상기 소정의 깊이까지 고경도이며 균일한 경도를 갖는다. 즉, 소결 부재(1)는, 경도가 불균일한 소결 부재와 비교하여, 기계적 약점이 될 수 있는 부위가 적기 때문에, 쉽게 손상되지 않는다. 이 소결 부재(1)는, 비커스 경도의 변동 폭이 작기 때문에, 소결 과정의 냉각 과정에서 급냉하는 신터 하드닝(Sinter hardening) 처리된 것이다. 이 소결 부재(1)는, 신터 하드닝 처리되어 있기 때문에, 소결 후의 담금질 템퍼링이 되어 있지 않다. 신터 하드닝 처리되지 않고서 소결 후에 담금질 템퍼링한 소결 부재(1)의 비커스 경도의 변동 폭은 예컨대 100 HV를 넘는다.

[0149] 소결 부재(1)의 비커스 경도는 또한 620 HV 이상이 바람직하고, 특히 625 HV 이상이 바람직하다. 상기 비커스 경도의 변동 폭은 또한 75 HV 이하가 바람직하고, 특히 50 HV 이하가 바람직하다. 소결 부재(1)의 비커스 경도는, 자세하게는 후술하는 것과 같이, 소결 부재(1)의 단면에 있어서, 소결 부재(1)의 표면에서부터 소정 깊이까

지의 사이에서 복수 부위를 측정한 비커스 경도의 평균으로 한다. 소결 부재(1)의 비커스 경도의 변동 폭은, 자세하게는 후술하는 것과 같이, 소결 부재(1) 단면에 있어서, 표면에서부터 소정 깊이까지의 사이에서 측정한 비커스 경도 중 최대치와 최소치의 차를 말한다.

[0150] (인성)

[0151] 소결 부재(1)는 고인성인 것이 바람직하다. 구체적으로는, 자세하게는 후술하는 오노식 회전 굽힘 피로 시험에 있어서 10^7회 반복 굽기 시험에 견디는 응력 진폭이 크고, 굽힘 피로 강도가 우수한 것이 바람직하다. 10^7회 반복 굽힘 시험에 견디는 응력 진폭은 420 MPa 이상인 것이 바람직하다. 10^7회 반복 굽힘 시험에 견디는 응력 진폭은 또한 423 MPa 이상인 것이 바람직하고, 특히 425 MPa 이상인 것이 바람직하다.

[0152] 〔소결 부재의 제조 방법〕

[0153] 본 형태의 소결 부재(1)는, 상술한 소결 부재의 제조 방법과 마찬가지로, 압분 성형체를 준비하는 공정과, 압분 성형체를 소결하는 공정을 구비하는 소결 부재의 제조 방법에 의해 제조할 수 있다. 준비하는 공정은, 복수의 이빨 무리 및 복수의 이빨 빠짐부와 복수의 볼홈을 구비하는 압분 성형체를 준비한다는 점은 상술한 준비하는 공정과 마찬가지다. 준비하는 공정은, 압분 성형체의 원료 분말로서 철기 합금 분말과 Ni 분말과 C 분말을 포함하는 것을 이용한다는 점이 상술한 준비하는 공정과 상이하다. 소결하는 공정에서는 냉각 과정에서 급냉한다.

[0154] [준비하는 공정]

[0155] (철기 합금 분말)

[0156] 철기 합금 분말은, Cr, 및 Mo를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 조성을 갖는다. 철기 합금에 있어서의 Cr 및 Mo의 함유량은 후술하는 소결하는 공정 후에도 유지된다. 즉, 철기 합금에 있어서의 Cr 및 Mo의 함유량은 상술한 소결 부재(1)에 유지된다. 철기 합금에 있어서의 Cr의 함유량은 상술한 것과 같이, 예컨대 2 질량% 이상 4 질량% 이하가 바람직하고, 또한 2.2 질량% 이상 3.8 질량% 이하가 바람직하고, 특히 2.5 질량% 이상 3.5 질량% 이하가 바람직하다. 또한, 철기 합금에 있어서의 Mo의 함유량은, 상술한 것과 같이, 예컨대 0.2 질량% 이상 0.9 질량% 이하가 바람직하고, 또한 0.3 질량% 이상 0.8 질량% 이하가 바람직하고, 특히 0.4 질량% 이상 0.7 질량% 이하가 바람직하다. Cr 및 Mo의 함유량을 상기 범위로 하는 이유는 상술한 것과 같다. Cr 및 Mo의 함유량은, 철기 합금에 포함되는 원소의 합계 함유량을 100 질량%로 할 때, 철기 합금에 차지하는 Cr 및 Mo의 함유량을 말한다.

[0157] 철기 합금 분말의 평균 입경은 예컨대 50 ㎛ 이상 150 ㎛ 이하를 들 수 있다. 평균 입경이 상기 범위 내인 철기 합금 분말은 취급하기 쉬우며 가압 성형하기 쉽다. 평균 입경이 50 ㎛ 이상인 철기 합금 분말은 유동성을 확보하기 쉽다. 평균 입경이 150 ㎛ 이하인 철기 합금 분말은 치밀한 조직의 소결 부재(1)를 얻기 쉽다. 철기 합금 분말의 평균 입경은 또한 55 ㎛ 이상 100 ㎛ 이하를 들 수 있다. 「평균 입경」은, 레이저 회절식 입도 분포 측정 장치에 의해 측정한 체적 입도 분포에 있어서의 누적 체적이 50%가 되는 입경(D50)을 말한다. 이 점은 후술하는 Ni 분말 및 C 분말의 평균 입경이라도 마찬가지다.

[0158] (Ni 분말)

[0159] Ni 분말은 순Ni 분말을 들 수 있다. Ni 분말의 함유량은 후술하는 소결하는 공정 후에도 유지된다. 즉, Ni 분말의 함유량은 상술한 소결 부재(1)에 유지된다. Ni 분말의 함유량은, 상술한 것과 같이, 2 질량%를 넘고 6질량% 이하를 들 수 있고, 또한 2.5 질량% 이상 5.5 질량% 이하가 바람직하고, 특히 3 질량% 이상 5 질량% 이하가 바람직하다. Ni 분말의 함유량이 많음으로써, 소결하는 공정에 의해서 Ni의 일부를 Fe와 합금화시키고, Ni의 잔부를 합금화시키지 않고서 순Ni로서 존재하게 할 수 있다. 그런 다음, 마르텐사이트상과 잔류 오스테나이트상의 혼상 조직을 형성하게 된다. 그 때문에, 인성이 우수한 소결 부재(1)를 제조하기 쉽다. 또한, Ni 분말의 함유량이 과도하게 많지 않음으로써 경도의 저하를 억제하기 쉽다. 따라서, Ni 분말의 함유량이 상기 범위를 만족함으로써 고강도와 고인성을 겸비하는 소결 부재(1)를 제조할 수 있다. Ni 분말의 함유량은, 원료 분말 전체를 100 질량%로 할 때, 원료 분말에 차지하는 Ni 분말의 함유량을 말한다.

[0160] Ni 분말의 평균 입경은 잔류 오스테나이트상의 분포 상태에 영향을 준다. Ni 분말의 평균 입경은 예컨대 1 ㎛ 이상 40 ㎛ 이하를 들 수 있다. 평균 입경이 40 ㎛ 이하인 Ni 분말은 잔류 오스테나이트상을 균등하게 분포시키기 쉽다. 평균 입경이 1 ㎛ 이상인 Ni 분말은, 취급하기 쉬워, 제조 작업성을 향상시킬 수 있다. Ni 분말의 평균 입경은 또한 1 ㎛ 이상 30 ㎛ 이하를 들 수 있고, 특히 1 ㎛ 이상 20 ㎛ 이하를 들 수 있다.

[0161] (C 분말)

[0162] C 분말은, 소결하는 공정의 승온 과정에서 Fe-C의 액상으로 되고, 소결 부재(1) 내의 빈 구멍의 코너부를 둥글게 하여 소결 부재(1)의 경도를 향상시킨다. C 분말의 함유량은, Ni 분말 등과 마찬가지로, 후술하는 소결하는 공정 후에도 유지된다. 즉, 원료 분말에 있어서의 C 분말의 함유량은 상술한 소결 부재(1)에 유지된다. C 분말의 함유량은, 상술한 것과 같이, 예컨대 0.2 질량% 이상 1.0 질량% 이하가 바람직하고, 또한 0.3 질량% 이상 0.95 질량% 이하가 바람직하고, 특히 0.4 질량% 이상 0.9 질량% 이하가 바람직하다.

[0163] C 분말의 평균 입경은 철기 합금 분말의 평균 입경보다도 작게 하는 것이 바람직하다. 철기 합금 분말보다도 작은 C 분말은, 철기 합금 분말에 균일하게 분산되기 쉽기 때문에, 합금화를 진행하기가 용이하다. C 분말의 평균 입경은, 예컨대 1 ㎛ 이상 30 ㎛ 이하를 들 수 있고, 또한 10 ㎛ 이상 25 ㎛ 이하를 들 수 있다. Fe-C의 액상을 생성시킨다고 하는 관점에서는 C 분말의 평균 입경은 큰 쪽이 바람직하지만, 지나치게 크면 액상의 출현 시간이 길어짐으로써 빈 구멍이 커져 결함으로 된다.

[0164] (기타)

[0165] 원료 분말은 윤활제를 함유하고 있어도 좋다. 윤활제는, 원료 분말 성형 시의 윤활성을 높이고, 성형성을 향상시킨다. 윤활제의 종류는 예컨대 고급 지방산, 금속 비누, 지방산아미드, 고급 지방산아미드 등을 들 수 있다. 이들 윤활제에는 공지된 것을 이용할 수 있다. 윤활제의 존재 형태는 고체형이나 분말형, 액체형 등, 형태는 상관없다. 윤활제에는 이들의 적어도 1종을 단독으로 또는 조합하여 이용할 수 있다. 원료 분말에 있어서의 윤활제의 함유량은, 원료 분말을 100 질량%로 할 때, 예컨대 0.1 질량% 이상 2.0 질량% 이하를 들 수 있고, 또한 0.3 질량% 이상 1.5 질량% 이하를 들 수 있고, 특히 0.5 질량% 이상 1.0 질량% 이하를 들 수 있다.

[0166] 원료 분말은 유기 바인더를 함유하여도 좋다. 유기 바인더는 공지된 것을 이용할 수 있다. 유기 바인더의 함유량은, 원료 분말을 100 질량%로 했을 때 0.1 질량% 이하를 들 수 있다. 유기 바인더의 함유량이 0.1 질량% 이하이면, 성형체에 포함되는 금속 분말의 비율을 많게 할 수 있기 때문에, 치밀한 압분 성형체를 얻기 쉽다. 유기 바인더를 함유하지 않는 경우, 압분 성형체를 후공정에서 탈지할 필요가 없다.

[0167] [소결하는 공정]

[0168] 소결 조건은 상술한 것과 같다. 소결 공정의 냉각 과정에 있어서의 냉각 속도는, 상술한 것과 같이 1 ℃/sec 이상을 들 수 있다. 냉각 속도가 1 ℃/sec 이상함으로써 소결 부재(1)가 급냉된다. 그 때문에, 마르텐사이트상과 잔류 오스테나이트상의 혼상 조직이 형성되기 쉽다. 이로써, 경도 및 인성이 우수한 소결 부재(1)가 제조된다. 특히 C 함유량이 많을수록 마르텐사이트상이 형성되기 쉽기 때문에, 고경도의 소결 부재(1)가 제조된다. 또한, Ni 분말이 많을수록 잔류 오스테나이트상이 형성되기 쉽기 때문에, 고인성의 소결 부재(1)가 제조되기 쉽다. 또한, 소결 부재(1)가 급냉됨으로써, 표면에서부터 소정 깊이까지에 있어서의 비커스 경도의 변동 폭이 작은 소결 부재(1)가 제조되기 쉽다. 구체적으로는 상기 비커스 경도의 변동 폭이 50 HV 이하인 소결 부재(1)가 제조된다. 바람직한 냉각 속도는 상술한 것과 같다.

[0169] 〔작용 효과〕

[0170] 본 형태에 따른 소결 부재(1)는, 실시형태 1의 효과에 더하여, 고경도와 고인성을 겸비할 수 있다. 소결 부재(1)는, Ni의 함유량이 많음으로써 인성이 우수한데다, Ni의 함유량이 과도하게 많지 않아 경도의 저하를 억제할 수 있기 때문이다. 게다가, 소결 부재(1)는 고경도의 마르텐사이트상과 고인성의 잔류 오스테나이트상의 혼상 조직을 갖기 때문이다. 또한, 소결 부재(1)는, 표면에서부터 소정의 깊이까지 균일한 경도를 갖는다. 소결 부재(1)는 상기 비커스 경도의 변동 폭이 작기 때문이다. 이로써, 본 형태에 따른 소결 부재(1)는 상술한 전자 커플링(10)에 구비되는 제1 캠(110)(도 6)에 적합하게 이용할 수 있다.

[0171] 《해석예》

[0172] 해석예는, 이빨 빠짐부의 유무에 의해, 스플라인 이빨에 작용하는 최대 응력의 크기 차이를 FEM(Finite Element Method) 해석에 의해 조사했다.

[0173] 〔해석 모델 No. 1〕

[0174] 해석 모델 No. 1의 제1 부재는, 도 1 내지 도 5를 참조하여 설명한 소결 부재(1)로 구성했다. 즉, 본 모델의 제1 부재는, 제1 면에 이어지는 내측 둘레면에 복수의 이빨 무리 및 복수의 이빨 빠짐부를 가지고, 제2 면에 복수의 볼홈을 갖는다. 제1 부재의 복수의 이빨 무리 및 복수의 이빨 빠짐부와 복수의 볼홈은, 적절하게 도 1 내지

도 5의 복수의 이빨 무리(16) 및 복수의 이빨 빠짐부(17)와 복수의 볼홈(12a)을 참조하면 된다. 이빨 무리의 수는 3개로 하고, 각 이빨 무리에 있어서의 스플라인 이빨의 수는 8개로 했다. 이빨 빠짐부의 수는 이빨 무리의 수와 동수인 3개로 했다. 각 이빨 빠짐부에 있어서, 빠진 스플라인 이빨의 수는 2개로 했다. 볼홈의 수는 3개로 했다.

[0175] 〔해석 모델 No. 101〕

[0176] 해석 모델 No. 101의 제1 부재는, 제1 면에 이어지는 내측 둘레면에 이빨 빠짐부를 갖지 않고, 내측 둘레면의 원주 방향으로 병렬되는 복수의 스플라인 이빨을 갖는 점을 제외하고는 해석 모델 No. 1의 제1 부재와 같은 식으로 했다. 스플라인 이빨의 수는 30개로 했다. 볼홈의 수는 3개로 했다.

[0177] 〔응력 해석〕

[0178] 각 해석 모델의 제1 부재에 있어서, 스플라인 이빨에 작용하는 최대 응력은 다음과 같이 하여 조사했다. 도 10에 도시하는 제2 부재(220), 볼(230), 제1 지그(310) 및 제2 지그(320)를 준비했다. 도 10은, 도 5에 도시하는 단면도와 같은 위치에서 각 부재를 절단한 상태를 도시하는 단면도이다. 제2 부재(220)는 도 6을 참조하여 설명한 제2 캠(120)으로 구성했다. 즉, 제2 부재(220)는 볼(230)이 배치되는 볼홈(121)을 갖는다. 도 10에 도시하는 것과 같이, 각 해석 모델의 제1 부재(210)에 있어서의 볼홈(12a)과 제2 부재(220)에 있어서의 볼홈(121)의 사이에 볼(230)을 개재시켰다. 볼(230)은 제1 부재(210)에 있어서의 볼홈(12a)의 최심부에서 조금 틀어진 위치에 배치하여, 그 위치에서 움직이지 않게 했다. 제1 부재(210)의 제1 면(11)의 외측 둘레 가장자리에 제1 지그(310)를 배치했다. 제2 부재(220)의 볼홈(121)과는 반대측의 면 중 볼(230)과 대향하는 외측 둘레 가장자리에 제2 지그(320)를 배치했다. 제1 지그(310)와 제2 지그(320)로 제1 부재(210)와 제2 부재(220)를 제1 부재(210)의 축방향을 따라 가압했다. 이때, 제1 부재(210)의 스플라인 이빨에 작용하는 최대 응력을 FEM 해석에 의해서 조사했다. FEM 해석은 소프트웨어로서 ANSYS사 제조 Workbench Mechanical을 이용했다.

[0179] 해석 모델 No. 1의 제1 부재에서는 스플라인 이빨의 이뿌리에 최대 응력이 작용했다. 그 최대 응력치는 281 MPa였다. 한편, 해석 모델 No. 101의 제1 부재에서는, 해석 모델 No. 1과 마찬가지로, 볼홈의 형성 범위에 중복되는 원주 방향 부위의 스플라인 이빨의 이뿌리에 최대 응력이 작용했다. 그 최대 응력치는 366 MPa 였다. 이와 같이, 해석 모델 No. 1의 제1 부재는, 해석 모델 No. 101의 제1 부재와 비교하여, 스플라인 이빨의 이뿌리에 작용하는 최대 응력치가 대략 16% 정도 저감되는 것을 알 수 있었다. 따라서, 각 볼홈의 형성 범위에 중복되는 원주 방향 부위에 이빨 빠짐부를 가짐으로써, 스플라인 이빨의 이뿌리에 대한 응력 집중을 억제할 수 있다는 것을 알 수 있다.

[0180] 《시험예》

[0181] 시험예는 소결 부재의 경도와 인성을 평가했다.

[0182] 〔시료 No. 1, 시료 No. 2〕

[0183] 시료 No. 1, 시료 No. 2의 소결 부재는, 원료 분말을 준비하는 공정과, 압분 성형체를 제작하는 공정과, 압분 성형체를 소결하는 공정을 거쳐 제작했다.

[0184] [준비하는 공정]

[0185] 원료 분말로서 철기 합금 분말과 Ni 분말과 C 분말을 포함하는 혼합 분말을 준비했다.

[0186] 철기 합금 분말은, Cr 및 Mo를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 복수의 철 합금 입자를 갖는다. 철기 합금에 차지하는 Cr의 함유량과 Mo의 함유량을 표 1에 나타낸다. 즉, 철기 합금에 있어서의 Cr의 함유량이 3.0 질량%이고, 철기 합금에 있어서의 Mo의 함유량이 0.5 질량% 이다. 표 1에 나타내는 「-」는 해당하는 원소를 포함하고 있지 않음을 나타낸다.

[0187] 원료 분말에 차지하는 Ni 분말과 C 분말의 함유량을 표 1에 나타낸다. 시료 No. 1에서는, Ni 분말의 함유량이 3 질량%이고, C 분말의 함유량이 0.65 질량%이고, Fe 분말의 함유량이 잔부이다. 시료 No. 2에서는, Ni 분말의 함유량이 4 질량%이고, C 분말의 함유량이 0.75 질량%이고, Fe 분말의 함유량이 잔부이다.

[0188] [압분 성형체를 제작하는 공정]

[0189] 원료 분말을 가압 성형하여 압분 성형체를 제작했다. 성형 압력은 700 MPa로 했다.

[0190] [소결하는 공정]

[0191] 압분 성형체를 소결하여 소결 부재를 제작했다. 압분 성형체를 소결에는, 소결로와, 소결로의 하류에 연속되는 급냉실을 갖는 연속 소결로를 이용했다. 소결 조건으로는 소결 온도를 1300℃로 하고, 소결 시간을 15분으로 했다.

[0192] (냉각 과정)

[0193] 소결하는 공정의 냉각 과정에서는 소결 부재를 급냉하는 신터 하드닝 처리를 실시했다. 구체적으로는, 분위기 온도가 냉각 시작 시부터 300℃까지, 냉각 속도가 3 ℃/sec가 되게 했다. 이 냉각은 냉각 가스로서 질소 가스를 소결 부재에 분무하여 행했다.

[0194] 〔시료 No. 101, 시료 No. 102〕

[0195] 시료 No. 101, 시료 No. 102의 소결 부재는, 준비한 원료 분말에 차지하는 Ni 분말의 함유량과 C 분말의 함유량이 다른 점을 제외하고, 시료 No. 1의 소결 부재와 같은 식으로 제작했다. 구체적으로 시료 No. 101에서는, 원료 분말에 차지하는 Ni 분말의 함유량을 1 질량%로 하고, 원료 분말에 차지하는 C 분말의 함유량을 0.7 질량%로 했다. 시료 No. 102에서는, 원료 분말에 차지하는 Ni 분말의 함유량을 2 질량%로 하고, 원료 분말에 차지하는 C 분말의 함유량을 0.7 질량%로 했다.

[0196] 〔시료 No. 110〕

[0197] 시료 No. 110의 소결 부재는, 이하의 (a)부터 (e)의 점을 제외하고, 시료 No. 2와 같은 식으로 제작했다.

[0198] (a) 준비한 철기 합금 분말의 조성이 Cr를 포함하지 않고 Ni와 Cu를 포함한다.

[0199] (b) 원료 분말에 Ni 분말을 포함하지 않는다.

[0200] (c) 원료 분말에 차지하는 C 분말의 함유량이 다르다.

[0201] (d) 소결하는 공정의 냉각 과정에서 급냉하지 않고 서냉했다.

[0202] (e) 소결하는 공정 후, 담금질 템퍼링을 했다.

[0203] 철기 합금 분말은, Cu, Mo 및 Ni를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 복수의 철 합금 입자를 갖는다. 철기 합금에 있어서의 Cu의 함유량은 1.5 질량%이다. 철기 합금에 있어서의 Mo의 함유량은 0.5 질량%이다. 철기 합금에 있어서의 Ni의 함유량은 4 질량%이다. 시료 No. 110에 있어서, 원료 분말에 차지하는 C 분말의 함유량이 0.5 질량%이고, Fe 분말의 함유량이 잔부이다.

[0204] 소결하는 공정의 냉각 과정에서는 소결 부재를 급냉하지 않고 서냉했다. 냉각 속도는 0.5 ℃/sec 정도이다.

[0205] 〔겉보기 밀도의 측정〕

[0206] 각 시료의 소결 부재에 있어서의 겉보기 밀도(g/㎤)를 아르키메데스법으로 측정했다. 겉보기 밀도는 「(소결 부재의 건조 중량)/{(소결 부재의 건조 중량)-(소결 부재의 유침재(油浸材)의 수중 중량)}×물의 밀도」에 의해서 구했다. 소결 부재의 유침재의 수중 중량은, 유중(油中)에 침지하여 함유(含油)시킨 소결 부재를 수중에 침지시킨 부재의 중량이다. N수는 3개로 했다. 3개의 소결 부재의 측정 결과의 평균을 각 시료의 소결 부재에 있어서의 겉보기 밀도로 했다. 그 결과를 표 1에 나타낸다.

[0207] 〔경도의 평가〕

[0208] 소결 부재의 경도 평가는, 소결 부재의 비커스 경도와, 소결 부재의 표면에서부터 소정 깊이까지에 있어서의 비커스 경도의 변동 폭을 구함으로써 평가했다.

[0209] 비커스 경도의 측정은 JIS Z 2244(2009)에 준거하여 행했다. 시험편을 소결 부재로부터 잘라냈다. 시험편의 형상은 직사각형으로 했다. 시험편의 사이즈는 55 ㎜×10 ㎜×두께 10 ㎜로 했다. 시험편의 잘라내기는 시험편의 두께 방향의 한쪽의 면이 소결 부재의 표면으로 구성되도록 잘라냈다.

[0210] 시험편 단면에 있어서의 시험편의 표면에서부터 소정 깊이까지의 사이에 있어서 11 곳의 비커스 경도를 측정했다. 시험편의 표면이란, 상술한 시험편의 두께 방향의 한쪽의 면으로 했다. 소정의 깊이는, 시험편의 표면에 대하여 직교하는 방향을 따라 5.0 ㎜로 했다. 측정 부위의 내역은, 표면에서부터 0.1 ㎜의 지점과, 표면에서부터 0.5 ㎜ 피치로 간격을 띄운 10 곳의 지점이다. N수는 3개로 했다.

[0211] 3개의 시험편의 전체 측정 지점에 있어서의 비커스 경도의 평균을 소결 부재의 비커스 경도로 했다. 3개의 시험

편의 각 측정 지점에 있어서의 비커스 경도의 평균 중 최대치와 최소치의 차를, 소결 부재의 비커스 경도의 변동 폭으로 했다. 이들의 결과를 표 1에 나타낸다.

[0212] 대표적으로 시료 No. 2, 시료 No. 101, 시료 No. 110의 소결 부재에 있어서, 3개의 시험편의 각 측정 지점에 있어서의 비커스 경도의 평균을 도 7에 둥근 모양, 엑스 모양, 검은 마름모 모양으로 나타낸다. 도 7의 그래프의 횡축은 표면으로부터의 깊이(㎜)를 나타내고, 종축은 비커스 경도(HV)를 나타낸다.

[0213] 〔인성의 평가〕

[0214] 소결 부재의 인성은 오노식 회전 굽힘 피로 시험에 의해서 응력 진폭을 측정함으로써 평가했다.

[0215] 오노식 회전 굽힘 피로 시험은, 시험기로서 도교시켄키사 제조 FTO-100을 이용하여, JIS Z 2274(1978)에 준거하여 행했다. 시험편은 소결 부재로부터 잘라냈다. 시험편은 JIS Z 2274(1978)의 1호 시험편에 준거한 시험편으로 했다. 구체적으로 시험편의 형상은 덤벨형이다. 이 시험편은 한 쌍의 굵은 직경부와 가는 직경부를 갖는다. 각 굵은 직경부는 시험편의 축 방향 양끝에 마련된다. 각 굵은 직경부의 형상은 원주형이다. 각 굵은 직경부의 직경은 굵은 직경부의 축 방향으로 한결같다. 가는 직경부는 양 굵은 직경부들 사이에 형성된다. 양 굵은 직경부와 가는 직경부는 연속해 있다. 가는 직경부의 형상은 원주형이다. 가는 직경부는 평행부와 한 쌍의 만곡부를 갖는다. 평행부는 가는 직경부의 축 방향의 중앙에 그 축 방향을 따라 직경이 한결같은 부분이다. 각 만곡부는, 평행부와 굵은 직경부를 잇는 부분으로, 평행부 측으로부터 굵은 직경부 측으로 향하여 직경이 커지는 부분이다. 시험편의 축 방향의 길이는 90.18 ㎜로 했다. 각 굵은 직경부의 축 방향의 길이는 27.5 ㎜로 하고, 가는 직경부의 축 방향의 길이는 35.18 ㎜로 했다. 굵은 직경부의 직경은 12 ㎜로 했다. 평행부의 직경은 8 ㎜로 했다. 평행부의 길이는 16 ㎜이다.

[0216] 측정 조건으로는 회전수를 3400 rpm으로 했다. 10^7회 반복 굽힘을 행했을 때에 시험편이 파단되지 않는 최대 응력 진폭을 측정했다. N수는 3개로 했다. 3개의 시험편에 있어서의 응력 진폭의 평균을 소결 부재의 응력 진폭으로 했다. 그 결과를 표 1에 나타낸다.

[0217] 〔단면 관찰〕

[0218] 시료 No. 1,시료 No. 2, 시료 No. 101, 시료 No. 102의 소결 부재의 단면을 관찰했다.

[0219] 소결 부재의 단면은 임의의 단면으로 했다. 단면은 다음과 같은 식으로 노출시켰다. 소결 부재의 일부를 절단한 시료편을 에폭시 수지로 매설한 수지 성형체를 제작했다. 수지 성형체에 대하여 연마 가공을 실시했다. 연마 가공은 2 단계로 나눠 행했다. 첫번째의 가공으로서 소결 부재의 절단면이 노출될 때까지 수지 성형체의 수지를 연마한다. 두번째의 가공으로서 노출된 절단면을 연마한다. 연마는 경면 연마이다. 즉, 관찰하는 단면은 경면 연마면이다.

[0220] 단면의 관찰에는 올림푸스사 제조 GX51의 광학 현미경을 이용했다. 도 8a 및 도 8b, 도 9a 및 도 9b, 도 11, 도 12에, 시료 No. 1, 시료 No. 2, 시료 No. 101, 시료 No. 102의 소결 부재의 단면에 있어서의 현미경 사진을 도시한다. 도 8a, 도 9a, 도 11, 도 12의 현미경 사진의 사이즈는 2.82 ㎜×2.09 ㎜ 정도이다. 도 8b, 도 9b의 현미경 사진의 사이즈는 1.38 ㎜×1.02 ㎜ 정도이다.

[0221] 각 현미경 사진으로부터 상기 4개의 시료에 있어서의 잔류 오스테나이트상의 유무를 확인했다. 각 현미경 사진에는 설명의 편의상 잔류 오스테나이트상을 화살표로 나타내고 있다. 이 화살표 끝의 흰 부분이 잔류 오스테나이트상이다. 흰 부분의 주위 부분이 마르텐사이트상이다. 또한, 도 11은 잔류 오스테나이트상이 보이지 않기 때문에 화살표를 붙이지 않았다.

[0222] 상기 5개의 시료에 있어서의 잔류 오스테나이트상의 면적 비율을 구했다. 여기서는, 펄스테크고교사 제조 포터블형 X선 잔류 응력 측정 장치 μ-X360을 이용하여, 측정 시야의 전체 면적에 대한 잔류 오스테나이트상의 합계 면적의 비율을 구했다. 측정 시야의 수는 2개로 했다. 측정 시야의 사이즈는 직경 2 ㎜로 했다. 각 측정 시야에 있어서의 잔류 오스테나이트상의 합계 면적 비율의 평균을 잔류 오스테나이트상의 면적 비율로 했다. 그 결과를 표 1에 나타낸다.

표 1

[0223]

시료 No.	원료 분말							소결 부재						
	철기 합금 분말						Ni 분말	C 분말	밀도	비커스 경도			응력 진폭	잔류 오스테나이트상
	Cr	Cu	Mo	Ni						평균치	변동폭			면적 비율
	질량%	질량%	질량%	질량%			질량%	질량%	g/cm^3	HV	HV		MPa	%
1	3.0	-	0.5	-			3	0.65	7.20	643	42		422	21
2	3.0	-	0.5	-			4	0.75	7.23	636	36		428	25
101	3.0	-	0.5	-			1	0.7	7.15	604	63		378	14
102	3.0	-	0.5	-			2	0.7	7.10	650	48		415	16
110	-	1.5	0.5	4			-	0.5	7.21	608	106		398	43

[0224] 표 1에 나타내는 것과 같이, 시료 No. 1, 시료 No. 2의 소결 부재는, 시료 No. 101, 시료 No. 102, 시료 No. 110의 소결 부재와 비교하여, 비커스 경도가 높으며 또한 비커스 경도의 변동 폭이 작은데다, 응력 진폭이 컸다.

[0225] 도 8a, 도 8b, 도 9a, 도 9b에 도시하는 것과 같이, 시료 No. 1, 시료 No. 2의 소결 부재는, 마르텐사이트상과 잔류 오스테나이트상의 혼상 조직을 갖는 것을 알 수 있었다. 한편, 도 11, 도 12에 도시하는 것과 같이, 시료 No. 101,시료 No. 102의 소결 부재는, 잔류 오스테나이트상이 거의 보이지 않거나, 혹은 전혀 보이지 않고, 실질적으로 마르텐사이트상으로 구성되어 있는 것을 알 수 있었다. 시료 No. 1, 시료 No. 2의 소결 부재에 있어서의 잔류 오스테나이트상의 면적 비율은, 시료 No. 101, 시료 No. 102의 소결 부재에 있어서의 잔류 오스테나이트상의 면적 비율과 비교하여 높았다.

[0226] 본 발명은 이들 예시에 한정되는 것이 아니라, 청구범위에 의해서 나타내어지며, 청구범위와 균등한 의미 및 범위 내에서의 모든 변경이 포함되는 것이 의도된다.

부호의 설명

[0227] 1: 소결 부재

11: 제1 면

12: 제2 면

12a: 볼홈

13: 제3 면

15: 둘레면

16: 이빨 무리

16a: 스플라인 이빨

17: 이빨 빠짐부

19: 구멍부

Cp: 피치 원

Cr: 이뿌리 원

Ta: 이빨 두께

Wa: 이빨홈의 폭

La: 이빨 무리의 길이

Lb: 이빨 빠짐부의 길이

Lc: 볼홈의 길이

10: 전자 커플링

110: 제1 캠

120: 제2 캠

121: 볼홈

130: 볼

210: 제1 부재

220: 제2 부재

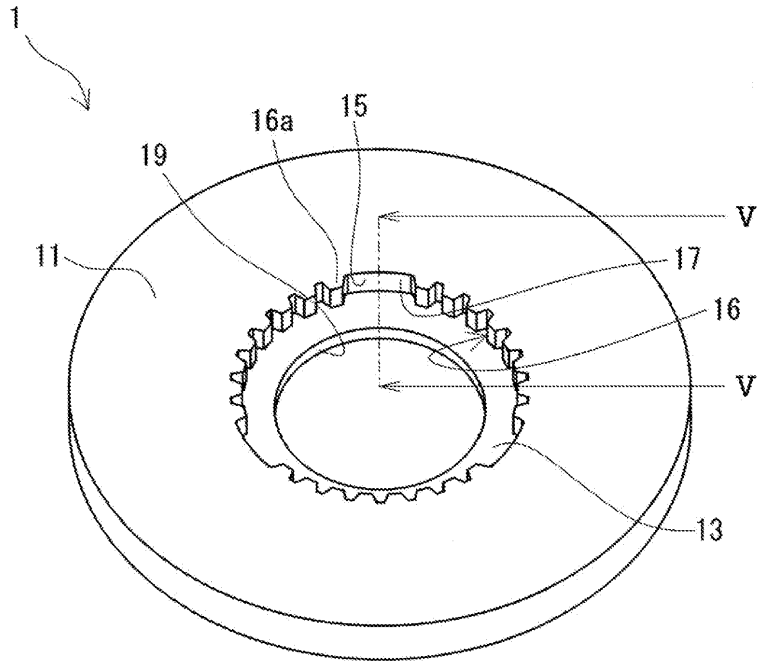
230: 볼

310: 제1 지그

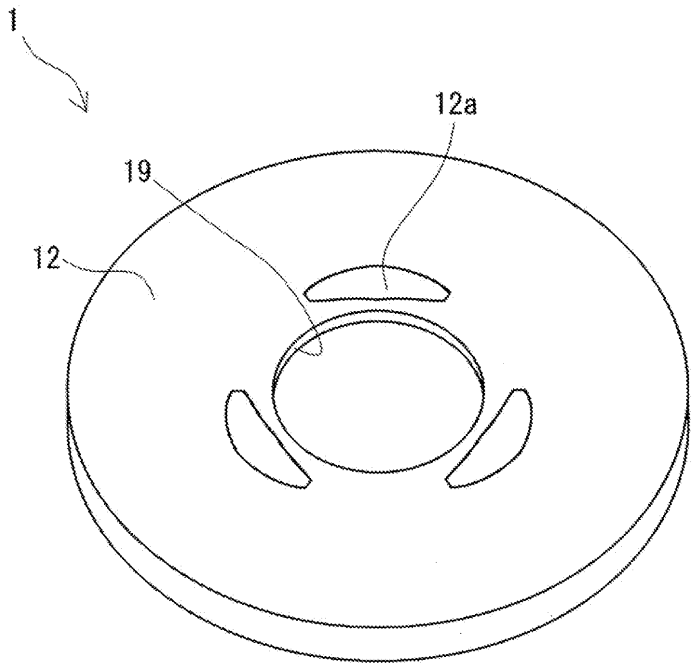
320: 제2 지그

도면

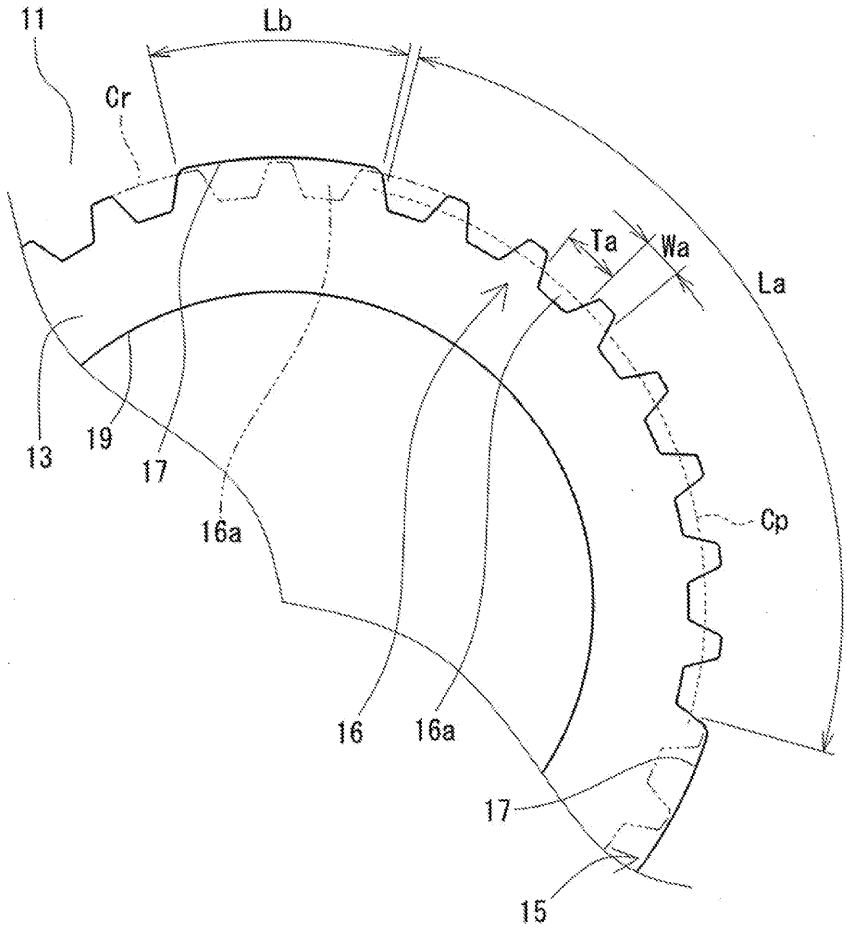
도면1



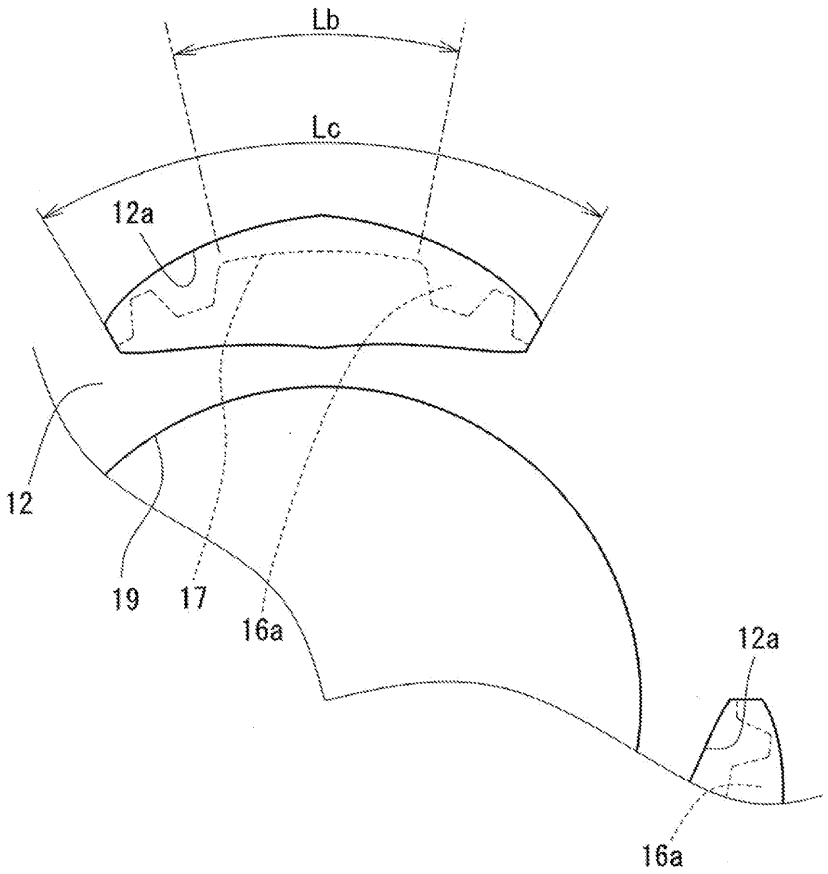
도면2



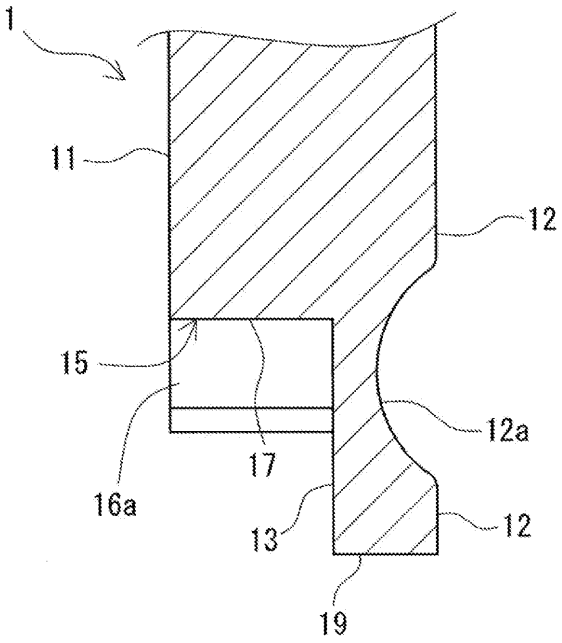
도면3



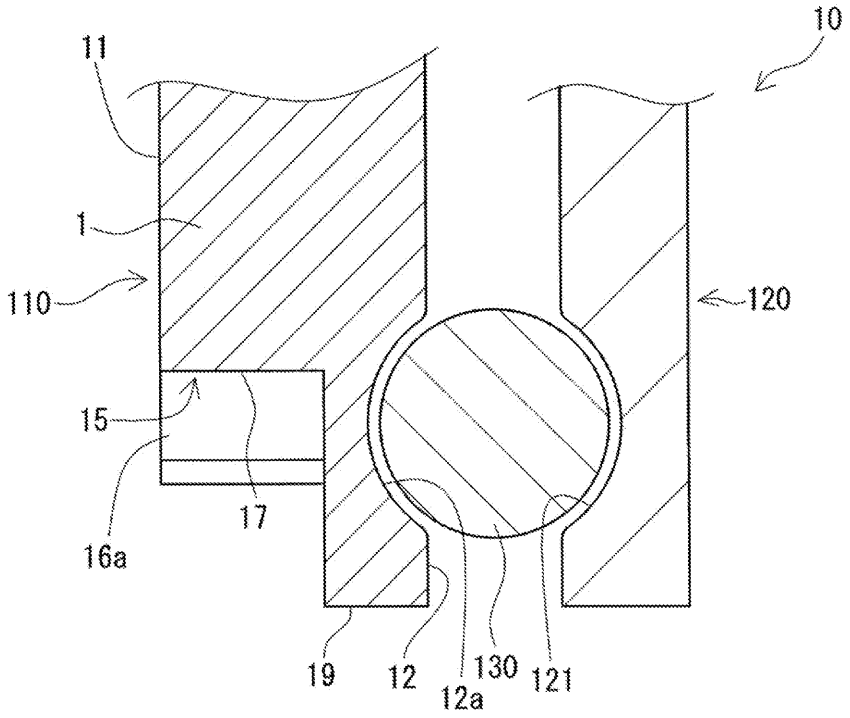
도면4



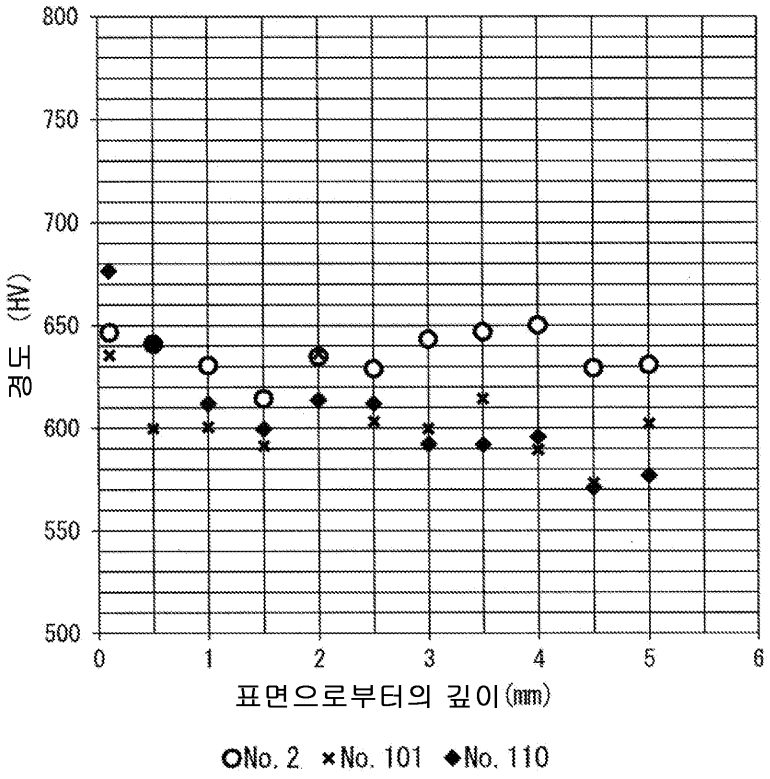
도면5



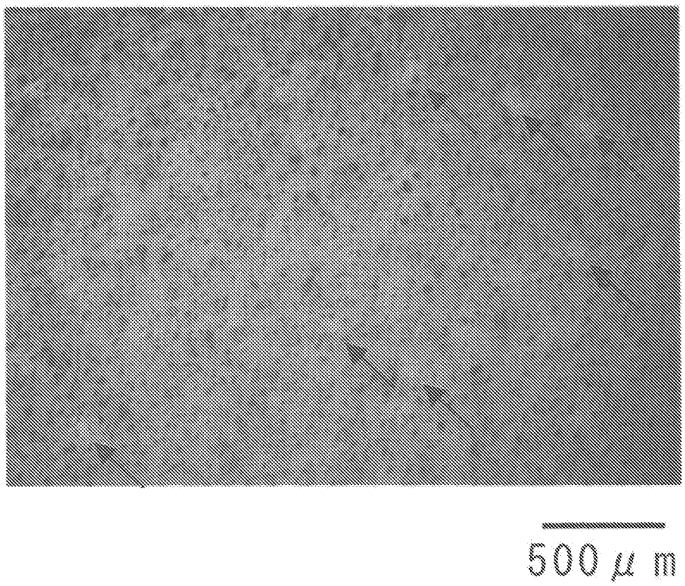
도면6


10
11
1
110
120
15
17
16a
19
12
12a
130
121

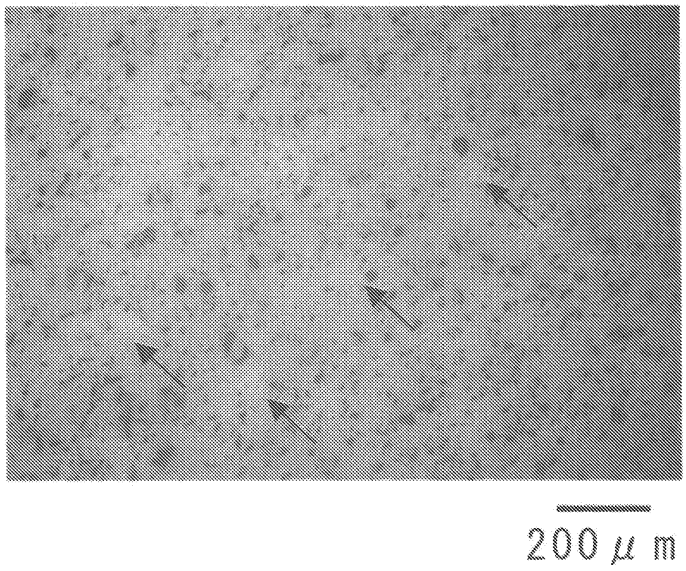
도면7


800
750
700
650
600
550
500
경도 (HV)
0
1
2
3
4
5
6
표면으로부터의 깊이(㎜)
○No. 2 ×No. 101 ◆No. 110

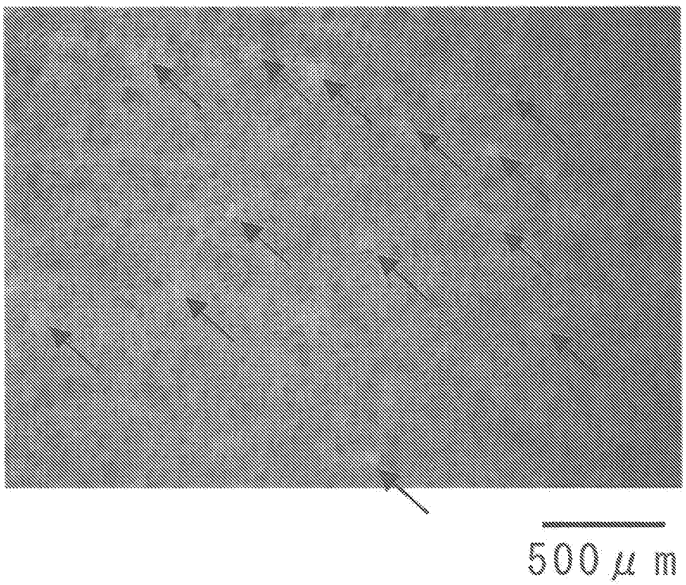
도면8a



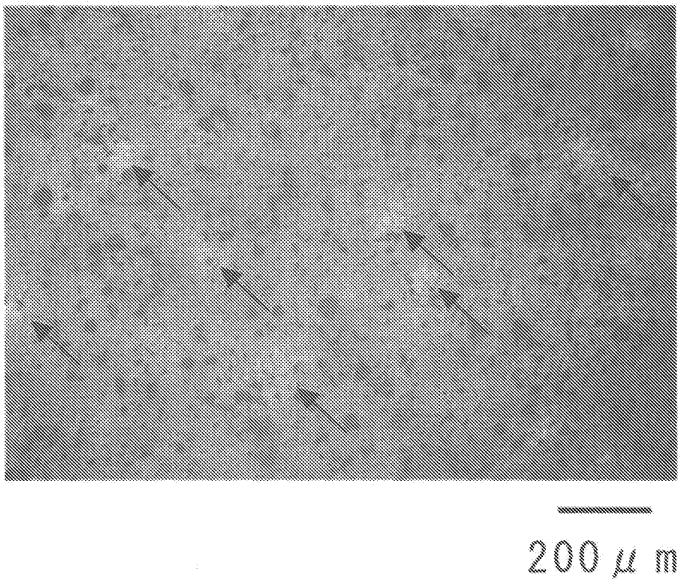
도면8b



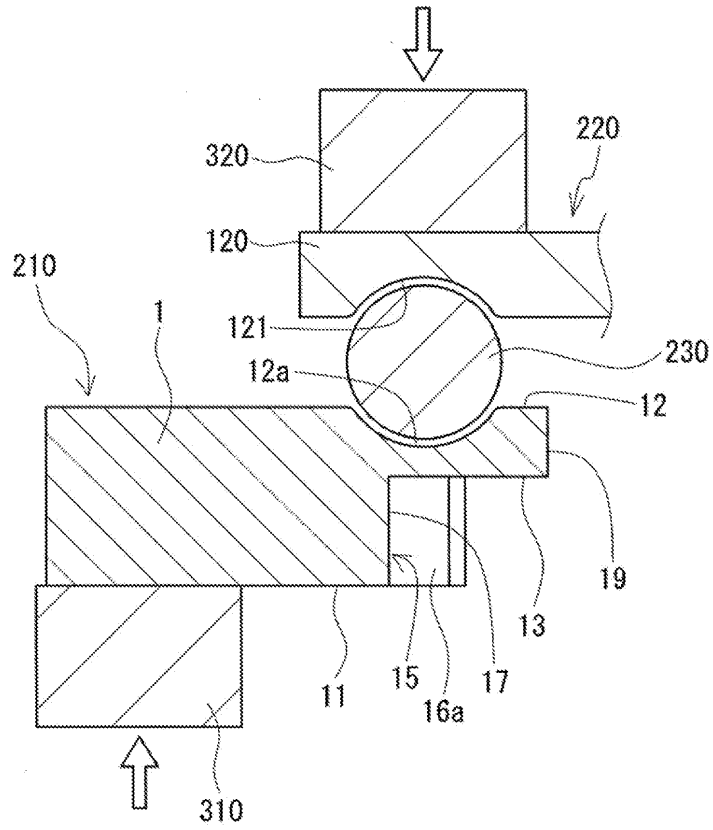
도면9a



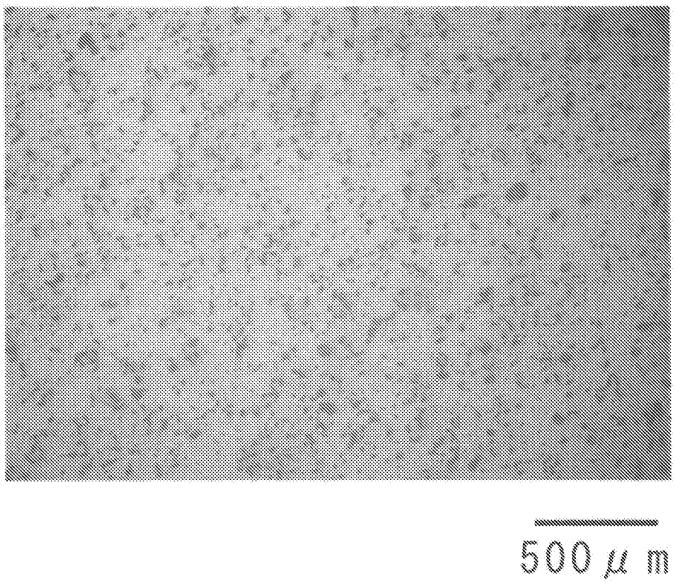
도면9b



도면10



도면11



도면12

