



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0104571
(43) 공개일자 2019년09월10일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22F 1/00 (2006.01) *B22F 3/12* (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01) *C22C 38/04* (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B22F 1/0059 (2013.01)
B22F 3/12 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7022897
- (22) 출원일자(국제) 2018년01월26일
 심사청구일자 2019년08월02일
- (85) 번역문제출일자 2019년08월02일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2018/002495
- (87) 국제공개번호 WO 2018/143088
 국제공개일자 2018년08월09일
- (30) 우선권주장
 JP-P-2017-017878 2017년02월02일 일본(JP)
 JP-P-2017-251991 2017년12월27일 일본(JP)

- (71) 출원인
제이에프이 스틸 가부시카가이샤
 일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
 3고
- (72) 발명자
고바야시 아키오
 일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 지테크자이
 산부 나이
나카무라 나오미치
 일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 지테크자이
 산부 나이
- (74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **분말 야금용 혼합분, 소결체, 및 소결체의 제조 방법**

(57) 요약

부분 확산 합금강분보다 높은 압축성을 갖고, 고성형 밀도를 얻을 수 있는 분말 야금용 혼합분을 제공한다. 분말 야금용 혼합분으로서, (a) Si : 0 ~ 0.2 질량% 및 Mn : 0 ~ 0.4 질량% 를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피 불순물인 철기 분말, 및 (b) Mo : 0.3 ~ 4.5 질량%, Si : 0 ~ 0.2 질량% 및 Mn : 0 ~ 0.4 질량% 를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피 불순물인 합금강분을 함유하고, 상기 (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계에 대한 (b) 합금강분의 비율이 50 ~ 90 질량% 이며, 상기 (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계에 대한 Mo 의 비율이 0.20 질량% 이상, 2.20 질량% 미만인, 분말 야금용 혼합분.

(52) CPC특허분류

C22C 33/02 (2013.01)

C22C 38/02 (2013.01)

C22C 38/04 (2013.01)

C22C 38/12 (2013.01)

B22F 2301/35 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

분말 야금용 혼합분으로서,

(a) Si : 0 ~ 0.2 질량% 및 Mn : 0 ~ 0.4 질량% 를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피 불순물인 철기 분말, 및

(b) Mo : 0.3 ~ 4.5 질량%, Si : 0 ~ 0.2 질량% 및 Mn : 0 ~ 0.4 질량% 를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피 불순물인 합금강분

을 함유하고,

상기 (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계에 대한 (b) 합금강분의 비율이 50 ~ 90 질량% 이며,

상기 (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계에 대한 Mo 의 비율이 0.20 질량% 이상, 2.20 질량% 미만인, 분말 야금용 혼합분.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계에 대한 (b) 합금강분의 비율이 70 ~ 90 질량% 인, 분말 야금용 혼합분.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

추가로,

(c) Cu 분, 및

(d) 흑연분

을 함유하고,

상기 (a) 철기 분말, (b) 합금강분, (c) Cu 분, 및 (d) 흑연분의 합계에 대한 (c) Cu 분의 비율이 0.5 ~ 4.0 질량% 이며,

상기 (a) 철기 분말, (b) 합금강분, (c) Cu 분, 및 (d) 흑연분의 합계에 대한 (d) 흑연분의 비율이 0.2 ~ 1.0 질량% 인, 분말 야금용 혼합분.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

추가로,

(e) 윤활제

를 함유하고,

상기 (a) 철기 분말, (b) 합금강분, (c) Cu 분, 및 (d) 흑연분의 합계에 대한 (e) 윤활제의 비율이 0.2 ~ 1.5 질량% 인, 분말 야금용 혼합분.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 기재된 분말 야금용 혼합분을 성형, 소결한 소결체.

청구항 6

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 기재된 분말 야금용 혼합분을 성형하고, 소결하여 소결체로 하는, 소결

체의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 분말 야금용 혼합분 (mixed powder for powder metallurgy) 에 관한 것이고, 특히 압축성 (compressibility) 이 우수한 분말 야금용 혼합분에 관한 것이다. 또, 본 발명은, 상기 분말 야금용 혼합분을 사용한 소결체 (sintered body), 및 소결체의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 분말 야금 기술은, 복잡한 형상의 부품을, 제품 형상에 매우 가까운 형상으로 성형 (이른바 니어 넷 셰이프 성형) 할 수 있고, 또한 높은 치수 정밀도로 제조할 수 있는 수법이며, 분말 야금 기술에 의하면 절삭 비용을 대폭 저감할 수 있다. 그 때문에, 분말 야금 제품이 각종 기계나 부품으로서, 다방면으로 이용되고 있다.

[0003] 또한, 최근에는, 부품의 소형화, 경량화를 위해서, 분말 야금 제품의 강도의 향상이 강하게 요망되고 있고, 특히, 철기 분말 프레스 성형 제품이나 철기 분말 소결 제품에 대한 고강도화의 요구가 강하다.

[0004] 이 고강도화의 요구에 대응하기 위해, 철기 분말에 대해 퀴칭성 향상 등의 효과를 갖는 합금 원소를 첨가하는 것이 실시되고 있다. 예를 들어, 원료분의 단계에서 합금 원소를 첨가한 분말로서, (1) 예합금강분 (pre-alloyed steel powder) 이나 (2) 부분 확산 합금강분 (partially diffusion-alloyed steel powder) 이 알려져 있다.

[0005] (1) 예합금강분은, 미리 합금 원소를 완전히 합금화한 분말이다. 이 예합금강분을 사용함으로써, 합금 원소의 편석을 완전히 방지할 수 있기 때문에, 소결체의 조직이 균일해진다. 그리고 그 결과, 프레스 성형 제품이나 소결 제품으로 했을 때의 기계적 특성을 안정화시킬 수 있다. 그러나, 완전 합금화는 분말의 입자 전체에 걸쳐서 고용 경화를 발생시키기 때문에, 분말의 압축성이 낮고, 그 결과, 프레스 성형 시에 성형 밀도가 상승하기 어렵다는 문제가 있었다.

[0006] (2) 부분 확산 합금강분은, 순 철분이나 예합금강분의 표면에 각 합금 원소 분말을 부분적으로 부착 확산시킨 분말이다. 부분 확산 합금강분은, 합금 원소의 금속 분말 또는 그 산화물 등을, 순 철분이나 예합금강분과 혼합하고, 비산화성 또는 환원성의 분위기하에서 가열하여, 상기 순 철분이나 예합금강분의 표면에 합금 원소 분말을 확산 접합함으로써 제조된다. 부분 확산 합금강분에 의하면, 조직을 비교적 균일하게 할 수 있으므로, 상기 (1) 예합금강분을 사용한 경우와 마찬가지로 제품의 기계적 특성을 안정화시킬 수 있다. 또한, 부분 확산 합금강분은, 그 내부에는 합금 원소를 포함하지 않거나 또는 합금 원소의 양이 적은 부분을 가지고 있기 때문에, (1) 예합금강분에 비해 프레스 성형 시의 압축성이 우수하다.

[0007] 상기 예합금강분이나 부분 확산 합금강분에서 사용되는 기본적인 합금 성분으로는, 퀴칭성을 향상시키는 효과를 갖는 Mo 가 널리 사용되고 있다. 퀴칭성 향상 효과를 갖는 합금 원소로는, Mo 이외에도, Mn, Cr, Si 등이 알려져 있지만, 이들 원소 중에서는 Mo 가 비교적 산화하기 어렵기 때문에, 합금강분의 제조가 용이하기 때문이다. 예를 들어, Mo 를 합금 원소로서 첨가한 용강을 물 아토마이즈법으로 분말로 하고, 통상적인 수소 분위기에서의 마무리 환원을 실시하면, 용이하게 예합금강분을 제조할 수 있다. 또, Mo 산화물을 순 철분이나 합금강분과 혼합하여, 통상적인 수소 분위기에서의 마무리 환원을 실시하면, 용이하게 부분 확산 합금강분을 제조할 수 있다.

[0008] 이와 같이 퀴칭성 향상 효과를 갖는 Mo 를 첨가함으로써, 퀴칭 처리 시에 페라이트의 생성이 억제되고, 베이나이트 또는 마텐자이트가 생성되고, 모상이 변태 강화된다. 또한, Mo 는, 모상에 분배되어 모상을 고용 강화함과 함께, 모상 중에서 미세 탄화물을 형성하여 모상을 석출 강화한다. 또, Mo 는, 가스 침탄성이 양호하고 비립계 산화 원소이기 때문에, 침탄 강화하는 작용도 가지고 있다.

[0009] Mo 를 사용한 합금강분의 예로는, 예를 들어, 특허문헌 1 및 2 를 들 수 있다.

[0010] 특허문헌 1 에서는, 합금 원소로서 Mo 를 함유하는 예합금강분의 표면에, 또한 Mo 를 확산 부착시킨 합금강분이 제안되어 있다.

[0011] 특허문헌 2 에서는, Mo 예합금강분을 사용할 때에, 소결체 강도를 더욱 향상시키기 위해서, 2 회 성형 2 회 소결법을 적용하는 것이 제안되어 있다. 2 회 성형-2 회 소결법에서는, 합금강분을 일단 성형, 예비 소결한

후, 재차, 성형과 본소결이 실시된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 일본 특허 제4371003호
(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 평04-231404호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 그러나, 철기 분말 프레스 성형 제품이나 철기 분말 소결 제품에 대한 고강도화의 요구는 점점 강해지고 있고, 상기한 특허문헌 1 이나 특허문헌 2 에서 제안되어 있는 방법으로는, 이 고강도화의 요구에 충분히 대응할 수 없다. 그 이유는 다음과 같다.
- [0014] 철기 분말 프레스 성형 제품이나 철기 분말 소결 제품을 고강도화하기 위한 하나의 방법은 고밀도화이다. 고밀도화함으로써, 철분립의 재배열이 진행되어 성형품 내부의 공공 체적률이 감소하고, 철분립끼리가 접촉하여 얽히는 면적이 증가하기 때문에, 철기 분말 프레스 성형품이나 철기 분말 소결품의 인장 강도, 충격값, 피로 강도 등의 기계적 특성이 향상된다. 그리고, 철기 분말 소결품이나 철기 분말 프레스 성형품을 고밀도화하기 위해서는, 프레스 성형의 원료가 되는 합금강분의 압축성을 상승시켜, 성형 밀도가 상승하기 쉽게 하면 된다.
- [0015] 그래서, 특허문헌 1 에서는, 부분 확산 합금강분이 이용되고 있다. 앞서 서술한 바와 같이, 부분 확산 합금강분은, 그 입자의 내부에 합금 원소를 포함하지 않거나 또는 합금 원소의 양이 적은 부분 (이하, 「저합금 부분」이라고 한다) 을 가지고 있기 때문에, 예합금강분에 비해 프레스 성형 시의 압축성이 우수하다. 상기 저합금 부분의 비율을 높이면 압축성을 더욱 향상시킬 수 있다고 생각되지만, 퀴칭성 등의 특성을 원하는 범위로 하기 위해서는 어느 정도의 양의 합금 원소를 확산 부착시킬 필요가 있기 때문에, 저합금 부분의 비율을 일정 이상 증가시킬 수는 없고, 따라서, 충분한 압축성을 확보할 수 없다.
- [0016] 또한, 특허문헌 1 의 부분 확산 합금강분에 대해 특허문헌 2 의 2 회 성형-2 회 소결법을 적용하였다고 해도, 1 회째의 소결에서 합금 원소의 확산이 진행되어 버리기 때문에, 2 회째의 성형에서의 압축성이 불충분해지므로, 역시 충분한 압축성을 얻을 수 없다.
- [0017] 본 발명은, 상기 실상을 감안하여 이루어진 것으로, 종래의 부분 확산 합금강분보다 높은 압축성을 갖고, 고성형 밀도를 얻을 수 있는 분말 야금용 혼합분을 제공하는 것을 목적으로 한다. 또, 본 발명은, 상기 분말 야금용 혼합분을 사용한 소결체 및 그 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0018] 본 발명자 등은, 상기 과제를 해결하기 위해서 검토를 실시한 결과, 이하의 지견을 얻었다.
- [0019] 부분 확산 합금강분에 있어서 고압축성이 발현하는 근원은, 그 부분 확산 합금강분을 구성하는 입자의 내부에 존재하는 저합금 부분, 즉, 합금 원소를 포함하지 않거나 또는 합금 원소가 적은 부분이다. 상기 저합금 부분에서는, 합금 원소에 의한 고용 강화가 작아, 프레스 성형 시에 변형이 용이하다. 반대로, 입자의 표면에는 합금 원소가 확산 부착되어 있으므로, 합금 원소 농도가 높아, 변형되기 어렵다.
- [0020] 상기와 같이, 부분 확산 합금강분은, 표면이 변형되기 어렵고 내부가 변형되기 쉬운 성질을 가지고 있다. 이와 같은 입자의 내부 구조를 가지고 있음으로써, 부분 확산 합금강분은 예합금분보다 입자의 재배열이 일어나기 쉽기 때문에, 성형 밀도가 상승하기 쉽다. 그러나, 실제로 합금강분을 성형할 때의 상태를 생각하면 알 수 있는 바와 같이, 입자 간의 간극을 메우고 입자를 재배열시키기 위해서는, 입자의 내부보다 표면이, 주위에 존재하는 입자의 형상에 맞춰 변형할 수 있는 것이 바람직하다.
- [0021] 그러나, 예합금강분 및 부분 확산 합금강분의 어느 것에 있어서도, 입자 표면에는 합금 성분이 포함되기 때문에, 상기와 같은 입자 표면이 부드러운 상태를 실현할 수는 없다.

- [0022] 그래서, 본 발명자들은, 입자 표면을 부드럽게 하는 대신에, Mo 를 함유하지 않는 철기 분말과, Mo 를 함유하는 합금강분을 혼합하여 사용하는 것에 상도하였다. 경도가 낮은, Mo 를 함유하지 않는 철기 분말을 병용함으로써, 통상적인 1 회 성형에 있어서도 프레스 성형 시의 압축성이 상승하고, 또한 2 회 성형-2 회 소결법에 있어서도, 1 회째의 소결에서 합금 원소가 확산되어도 Mo 를 포함하지 않는 부분이 충분히 잔존하기 때문에, 2 회째의 성형에 있어서도 고압축성이 유지된다. 그러나, Mo 를 함유하지 않는 철기 분말의 배합량이 지나치게 적으면 이와 같은 효과가 불충분해지고, 반대로 지나치게 많으면 기계적 특성이 저하한다.
- [0023] 이상의 지견에 근거하여, 압축성과 기계적 특성을 양립시킬 수 있는 조건에 대해 여러 가지 검토를 거듭한 결과, 본 발명에 상도하였다. 즉, 본 발명의 요지 구성은, 다음과 같다.
- [0024] 1. 분말 야금용 혼합분으로서,
- [0025] (a) Si : 0 ~ 0.2 질량% 및 Mn : 0 ~ 0.4 질량% 를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피 불순물인 철기 분말, 및
- [0026] (b) Mo : 0.3 ~ 4.5 질량%, Si : 0 ~ 0.2 질량% 및 Mn : 0 ~ 0.4 질량% 를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피 불순물인 합금강분
- [0027] 을 함유하고,
- [0028] 상기 (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계에 대한 (b) 합금강분의 비율이 50 ~ 90 질량% 이며,
- [0029] 상기 (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계에 대한 Mo 의 비율이 0.20 질량% 이상, 2.20 질량% 미만인, 분말 야금용 혼합분.
- [0030] 2. 상기 (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계에 대한 (b) 합금강분의 비율이 70 ~ 90 질량% 인, 상기 1 에 기재된 분말 야금용 혼합분.
- [0031] 3. 추가로,
- [0032] (c) Cu 분, 및
- [0033] (d) 흑연분
- [0034] 을 함유하고,
- [0035] 상기 (a) 철기 분말, (b) 합금강분, (c) Cu 분, 및 (d) 흑연분의 합계에 대한 (c) Cu 분의 비율이 0.5 ~ 4.0 질량% 이고,
- [0036] 상기 (a) 철기 분말, (b) 합금강분, (c) Cu 분, 및 (d) 흑연분의 합계에 대한 (d) 흑연분의 비율이 0.2 ~ 1.0 질량% 인,
- [0037] 상기 1 또는 2 에 기재된 분말 야금용 혼합분.
- [0038] 4. 추가로,
- [0039] (e) 윤활제
- [0040] 를 함유하고,
- [0041] 상기 (a) 철기 분말, (b) 합금강분, (c) Cu 분, 및 (d) 흑연분의 합계에 대한 (e) 윤활제의 비율이 0.2 ~ 1.5 질량% 인,
- [0042] 상기 3 에 기재된 분말 야금용 혼합분.
- [0043] 5. 상기 1 ~ 4 중 어느 한 항에 기재된 분말 야금용 혼합분을 성형, 소결 한 소결체.
- [0044] 6. 상기 1 ~ 4 중 어느 한 항에 기재된 분말 야금용 혼합분을 성형하고, 소결하여 소결체로 하는, 소결체의 제조 방법.

발명의 효과

- [0045] 본 발명의 분말 야금용 혼합분은, 종래의 부분 확산 합금강분보다 압축성이 우수하고, 통상적인 1 회 성형-1 회 소결법뿐만 아니라 2 회 성형-2 회 소결법에 있어서도 높은 성형 밀도를 갖는 프레스 성형품을 얻을 수 있다. 또, 본 발명에 의하면, 높은 강도를 갖는 소결체를 얻을 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0046] 본 발명을 실시하는 방법에 대해 구체적으로 설명한다. 또한, 이하의 설명에 있어서의 「%」 표기는, 특별히 기재하지 않는 한 「질량%」를 나타낸다.
- [0047] 본 발명의 일 실시형태에 있어서의 분말 야금용 혼합분 (이하, 간단히 「혼합분」이라고 하는 경우가 있다) 은, (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분을 필수 성분으로서 함유한다.
- [0048] (a) 철기 분말
- [0049] 상기 철기 분말로는, Si : 0 ~ 0.2 % 및 Mn : 0 ~ 0.4 % 를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피 불순물인 철기 금속 분말을 사용한다. 상기 철기 분말은, (b) 합금강분과 혼합함으로써 프레스 성형 시의 압축성을 확보하는 작용을 가지고 있다. 그 때문에, 상기 철기 분말은 가능한 한 부드러운 것이 바람직하다. 철기 분말 중에 Fe 이외의 원소가 함유되어 있으면 압축성 저하의 원인이 되기 때문에, 상기 철기 분말로는, Fe 및 불가피 불순물로 이루어지는 철분 (「순 철분」이라고도 한다) 을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0050] 또한, 일반적인 철기 분말에는 불순물로서 Si 및 Mn 이 함유된다. Si 및 Mn 은 고용 강화에 의해 강도를 향상시키는 효과에 더하여, 퀴칭성 향상 효과를 갖는 원소이다. 그 때문에, Si 및 Mn 이 함유되어 있는 경우, 프레스 성형품을 소결할 때의 냉각 조건이나 퀴칭·템퍼링 등의 조건에 따라서는, 소결체의 강도가 향상되고, 반대로 유리하게 작용하는 경우가 있다. 이상의 이유로부터, 상기 철기 분말은, Si 및 Mn 의 일방 또는 양방을, 이하에 서술하는 범위에서 함유하는 것이 허용된다.
- [0051] Si : 0 ~ 0.2 %
- [0052] Si 는, 퀴칭성 향상, 고용 강화 등에 의해, 강의 강도를 향상시키는 효과를 갖는 원소이다. 그러나, 철기 분말에 있어서의 Si 함유량이 0.2 % 를 초과하면 산화물의 생성이 많아지고, 압축성이 저하함과 함께, 상기 산화물이 소결체에서의 파괴의 기점이 되어, 피로 강도 및 인성을 저하시킨다. 따라서, 철기 분말의 Si 함유량은 0.2 % 이하로 한다. 한편, 상기 서술한 바와 같이, 압축성의 관점에서는 Si 함유량이 낮은 편이 좋고, 따라서, Si 함유량은 0 % 여도 된다. 따라서, 철기 분말의 Si 함유량은 0 % 이상으로 한다.
- [0053] Mn : 0 ~ 0.4 %
- [0054] Mn 도, Si 와 마찬가지로, 퀴칭성 향상, 고용 강화 등에 의해, 강의 강도를 향상시키는 효과를 갖는 원소이다. 그러나, 철기 분말에 있어서의 Mn 함유량이 0.4 % 를 초과하면 산화물의 생성이 많아지고, 압축성이 저하함과 함께, 상기 산화물이 소결체에서의 파괴의 기점이 되어, 피로 강도 및 인성을 저하시킨다. 따라서, 철기 분말의 Mn 함유량은 0.4 % 이하로 한다. 한편, 상기 서술한 바와 같이, 압축성의 관점에서는 Mn 함유량이 낮은 편이 좋고, 따라서, Mn 함유량은 0 % 여도 된다. 따라서, 철기 분말의 Mn 함유량은 0 % 이상으로 한다.
- [0055] 상기 철기 분말에 포함되는 불가피적 불순물 (Si, Mn 을 제외한다) 의 양은 특별히 한정되지 않지만, 합계로 1.0 질량% 이하로 하는 것이 바람직하고, 0.5 질량% 이하로 하는 것이 보다 바람직하며, 0.3 질량% 이하로 하는 것이 더욱 바람직하다. 불가피적 불순물로서 함유되는 원소 중, P 의 함유량은 0.020 % 이하로 하는 것이 바람직하다. S 함유량은, 0.010 % 이하로 하는 것이 바람직하다. O 함유량은, 0.20 % 이하로 하는 것이 바람직하다. N 함유량은, 0.0015 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Al 함유량은 0.001 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Mo 함유량은, 0.010 % 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0056] (b) 합금강분
- [0057] 상기 합금강분으로는, Mo : 0.3 ~ 4.5 % , Si : 0 ~ 0.2 % 및 Mn : 0 ~ 0.4 % 를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피 불순물인 합금강분을 사용한다. 상기 합금강분은, 합금 원소인 Mo 를 공급하는 역할을 가지고 있다. 이 Mo 를 함유하는 (b) 합금강분과, Mo 를 함유하지 않는 (a) 철기 분말을 혼합하여 사용함으로써, 분말의 우수한 압축성과, 소결체의 높은 기계적 강도를 높은 수준으로 양립시킬 수 있다.
- [0058] Mo : 0.3 ~ 4.5 %
- [0059] 앞서 서술한 바와 같이, Mo 는 산화하기 어렵고, Fe 와 동일한 정도로 환원하기 쉽기 때문에, 비교적 용이하게 Mo 를 함유하는 합금강분을 제조할 수 있다. Mo 는, 퀴칭성 향상 효과에 의해 퀴칭 처리 시에 모상을 변태 강화하는 작용에 더하여, 모상에 분배되어 모상을 고용 강화하는 작용, 및 모상 중에서 미세 탄화물을 형성하여

모상을 석출 강화하는 작용을 가지고 있다. 또, Mo 는 침탄성이 양호하고 비립계 산화 원소이기 때문에, 침탄 강화하는 작용도 가지고 있다. 그 때문에, Mo 는 강화 원소로서 매우 유용하다.

[0060] 단, 본 발명에서는, 철기 분말과 합금강분이 혼합하여 사용되므로, 분말 야금용 혼합분 전체로서의 Mo 함유량은 원래의 합금강분보다 낮아진다. 예를 들어, 분말 야금용 혼합분이 철기 분말 및 합금용 분말만으로 이루어지는 경우, 후술하는 바와 같이 합금강분의 비율이 50 ~ 90 % 이기 때문에, 혼합분 전체의 Mo 함유량은 합금강분에 있어서의 Mo 함유량의 1/2 ~ 9/10 이 된다. 이 점을 고려하여, 합금강분의 Mo 함유량은 0.3 % 이상으로 한다. Mo 함유량이 0.3 % 미만이면 상기와 같은 Mo 의 강화 원소로서의 효과를 충분히 얻을 수 없다. 한편, 합금강분의 Mo 함유량이 4.5 % 를 초과하면 인성이 저하한다. 그 때문에, 합금강분의 Mo 함유량은 4.5 % 이하로 한다.

[0061] Mo 이외의 합금 원소는 기본적으로는 사용하지 않기 때문에, 합금강분의 Mo 이외의 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물로 할 수 있다. 또한, 일반적인 합금강분에는 불순물로서 Si 및 Mn 이 함유된다. 앞서도 서술한 바와 같이, Si 및 Mn 은 고용 강화에 의해 강도를 향상시키는 효과에 더하여, 퀴칭성 향상 효과를 갖는 원소이다. 그 때문에, Si 및 Mn 이 함유되어 있는 경우, 프레스 성형품을 소결할 때의 냉각 조건이나 퀴칭·템퍼링 등의 조건에 따라서는, 소결체의 강도가 향상되고, 반대로 유리하게 작용하는 경우가 있다. 이상의 이유로부터, 상기 합금강분은, Si 및 Mn 의 일방 또는 양방을, 이하에 서술하는 범위에서 함유하는 것이 허용된다.

[0062] Si : 0 ~ 0.2 %

[0063] Si 는, 퀴칭성 향상, 고용 강화 등에 의해, 강의 강도를 향상시키는 효과를 갖는 원소이다. 그러나, 합금강분에 있어서의 Si 함유량이 0.2 % 를 초과하면 산화물의 생성이 많아지고, 압축성이 저하함과 함께, 상기 산화물이 소결체에서의 파괴의 기점이 되어, 피로 강도 및 인성을 저하시킨다. 그 때문에, 합금강분의 Si 함유량은 0.2 % 이하로 한다. 한편, 상기 서술한 바와 같이, 압축성의 관점에서는 Si 함유량이 낮은 편이 좋고, 따라서, Si 함유량은 0 % 여도 된다. 따라서, 합금강분의 Si 함유량은 0 % 이상으로 한다.

[0064] Mn : 0 ~ 0.4 %

[0065] Mn 도, Si 와 마찬가지로, 퀴칭성 향상, 고용 강화 등에 의해, 강의 강도를 향상시키는 효과를 갖는 원소이다. 그러나, 합금강분에 있어서의 Mn 함유량이 0.4 % 를 초과하면 산화물의 생성이 많아지고, 압축성이 저하함과 함께, 상기 산화물이 소결체에서의 파괴의 기점이 되어, 피로 강도 및 인성을 저하시킨다. 그 때문에, 합금강분의 Mn 함유량은 0.4 % 이하로 한다. 한편, 상기 서술한 바와 같이, 압축성의 관점에서는 Mn 함유량이 낮은 편이 좋고, 따라서, Mn 함유량은 0 % 여도 된다. 따라서, 합금강분의 Mn 함유량은 0 % 이상으로 한다.

[0066] 상기 합금강분에 함유되는 불가피적 불순물 (Si, Mn 을 제외한다) 의 양은 특별히 한정되지 않지만, 합계로 1.0 질량% 이하로 하는 것이 바람직하고, 0.5 질량% 이하로 하는 것이 보다 바람직하며, 0.3 질량% 이하로 하는 것이 더욱 바람직하다. 불가피적 불순물로서 함유되는 원소 중, P 의 함유량은 0.020 % 이하로 하는 것이 바람직하다. S 함유량은, 0.010 % 이하로 하는 것이 바람직하다. O 함유량은, 0.20 % 이하로 하는 것이 바람직하다. N 함유량은, 0.0015 % 이하로 하는 것이 바람직하다. Al 함유량은 0.001 % 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0067] 상기 합금강분으로는, 특별히 한정되는 일 없이, 상기 성분 조성을 갖는 것이면 임의의 것을 사용할 수 있다. 예를 들어, 상기 합금강분은, 예합금강분 및 부분 확산 합금강분의 일방 또는 양방으로 할 수 있다. 또, 상기 부분 확산 합금강분으로는, 철분 (순 철분) 의 표면에 합금 원소를 확산 부착시킨 것, 및 예합금강분의 표면에 합금 원소를 확산 부착시킨 것의 일방 또는 양방을 사용할 수 있다.

[0068] 합금강분의 비율 : 50 ~ 90 %

[0069] (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계 질량에 대한 (b) 합금강분의 질량의 비율 (이하, 간단히 「합금강분의 비율」이라고 한다) 은, 50 ~ 90 % 로 한다. 합금강분의 비율이 50 % 미만, 즉 철기 분말의 비율이 50 % 를 초과하면, 소결체 내부에서 강도가 낮은 철기 분말 부분이 연결되고, 소결체가 응력을 받았을 때에 강도가 낮은 부분을 균열이 진전하여, 파단에 이르기 쉬워진다. 그 때문에, 합금강분의 비율을 50 % 이상으로 한다. 한편, 합금강분의 비율이 90 % 를 초과하면, 즉 철기 분말의 비율이 10 % 미만이 되면, 압축성에 기여하는 부드러운 부분이 적어져 버리게 되어, 혼합분 전체의 압축성이 부족하다. 따라서, 합금강분의 비율을 90 % 이하로 한다. 또한, 상기 합금강분의 비율이 80 % 정도일 때에 소결체의 인장 강도가 최대가

되는 경향이 있는 점에서, 상기 합금강분의 비율은 70 ~ 90 % 로 하는 것이 바람직하다.

- [0070] Mo 의 비율 : 0.20 % 이상, 2.20 % 미만
- [0071] 상기 (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계 질량에 대한 Mo 의 질량의 비율 (이하, 간단히 「Mo 의 비율」이라고 한다) 이 0.20 % 미만이면, Mo 가 갖는 강화 원소로서의 효과가 불충분해진다. 그 때문에, Mo 의 비율은 0.20 % 이상으로 한다. 한편, Mo 의 과도한 첨가는 합금 비용의 상승을 초래하므로, Mo 의 비율은 2.20 % 미만으로 한다.
- [0072] 본 발명의 일 실시형태에 있어서의 분말 야금용 혼합분은, (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분만으로 이루어지는 것 (철기 분말 + 합금강분 : 100 %) 으로 할 수 있지만, 임의의 다른 성분을 함유할 수도 있다. 그때, 분말 야금용 혼합분의 전체 질량에 대한, (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계 질량의 비율은, 특별히 한정되지 않고, 임의의 값으로 할 수 있다. 그러나, 상기 비율을 높임으로써, 소결체의 기계적 특성을 더욱 향상시킬 수 있다. 그 때문에, 분말 야금용 혼합분의 전체 질량에 대한, (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계 질량의 비율을 90 % 이상으로 하는 것이 바람직하고, 95 % 로 하는 것이 보다 바람직하다. 한편, 상기 비율의 상한은 특별히 한정되지 않고, 100 % 여도 된다.
- [0073] 본 발명의 일 실시형태에 있어서는, 상기 분말 야금용 혼합분에, 추가로 (c) Cu 분 및 (d) 흑연분을 첨가할 수 있다. Cu 분 및 흑연분을 첨가함으로써, 소결체의 강도를 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0074] (c) Cu 분
- [0075] Cu 는, 철기 분말의 고용 강화 및 퀴칭성 향상을 촉진하고, 소결체의 강도를 높이는 작용을 갖는 원소이다. Cu 분의 첨가량이 0.5 % 미만에서는, 상기 작용을 충분히 얻을 수 없기 때문에, Cu 분을 사용하는 경우, Cu 분의 첨가량을 0.5 % 이상으로 한다. Cu 분의 첨가량은 1.0 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, Cu 분의 첨가량이 4.0 % 를 초과하면, 소결 부품의 강도 향상 효과가 포화할 뿐만 아니라, 오히려 소결 밀도의 저하를 초래한다. 그 때문에, Cu 분의 첨가량을 4.0 % 이하로 한다. Cu 분의 첨가량은 3.0 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, 여기서 「Cu 분의 첨가량」이란, (a) 철기 분말, (b) 합금강분, (c) Cu 분, 및 (d) 흑연분의 합계 질량에 대한 (c) Cu 분의 질량의 비율로 한다.
- [0076] (d) 흑연분
- [0077] 흑연 (그래파이트) 은, 강도를 높이기 위해서 유효한 성분이다. 흑연분의 첨가량이 0.2 % 미만에서는, 상기 효과를 충분히 얻을 수 없다. 그 때문에, 흑연분을 사용하는 경우, 흑연분의 첨가량을 0.2 % 이상으로 한다. 흑연분의 첨가량은 0.3 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, 흑연분의 첨가량이 1.0 % 를 초과하면, 가공석에 의한 시멘타이트의 석출량이 증가하여 강도의 저하를 초래한다. 그 때문에, 흑연분의 첨가량을 1.0 % 이하로 한다. 흑연분의 첨가량은 0.8 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, 여기서 「흑연분의 첨가량」이란, (a) 철기 분말, (b) 합금강분, (c) Cu 분, 및 (d) 흑연분의 합계 질량에 대한 (d) 흑연분의 질량의 비율로 한다.
- [0078] 본 발명의 일 실시형태에 있어서는, 상기 분말 야금용 혼합분에, 추가로 (e) 윤활제를 첨가할 수 있다. 윤활제를 첨가함으로써, 분말 야금용 혼합분을 프레스 성형할 때의 마찰을 저감하여 금형의 수명을 늘리고, 또, 성형체의 밀도를 더욱 높일 수 있다.
- [0079] (e) 윤활제
- [0080] 윤활제의 첨가량이 0.2 % 미만에서는, 상기 효과가 나타나기 어렵다. 그 때문에, 윤활제를 사용하는 경우, 상기 윤활제의 첨가량을 0.2 % 이상으로 한다. 윤활제의 첨가량은 0.3 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, 윤활제의 첨가량이 1.5 % 를 초과하면, 혼합분 중의 비금속 부분이 증가하여 성형 밀도가 상승하기 어려워지고, 강도가 저하한다. 그 때문에, 윤활제의 첨가량을 1.5 % 이하로 한다. 윤활제의 첨가량은 1.2 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, 여기서 「윤활제의 첨가량」이란, (a) 철기 분말, (b) 합금강분, (c) Cu 분, 및 (d) 흑연분의 합계 질량에 대한 (e) 윤활제의 질량의 비율로 한다.
- [0081] 상기 윤활제로는, 특별히 한정되는 일 없이 임의의 것을 사용할 수 있다. 상기 윤활제로는, 예를 들어, 지방산, 지방산 아미드, 지방산 비스아미드, 및 금속 비누로 이루어지는 군에서 선택되는 1 또는 2 이상을 사용할 수 있다. 그 중에서도, 스테아르산리튬, 스테아르산아연 등의 금속 비누, 또는 에틸렌비스스테아로아미드 등의 아미드계 윤활제를 사용하는 것이 바람직하다.

- [0082] 또한, 혼합분에 윤활제를 첨가·혼합하는 방법 이외에, 금형에 직접 윤활제를 도포하는 방법도 사용할 수 있고, 또, 양자를 조합하는 방법도 사용할 수 있다.
- [0083] 본 발명의 일 실시형태에 있어서는, 상기 분말 야금용 혼합분을 사용하여 소결체를 제조할 수 있다. 상기 소결체의 제조 방법은 특별히 한정되지 않고, 임의의 방법으로 제조할 수 있지만, 통상은, 분말 야금에 있어서의 통상적인 방법에 따라, 분말 야금용 혼합분을 프레스 성형하여 성형체로 하고, 이어서, 소결하면 된다.
- [0084] 상기 성형체의 밀도 (「성형 밀도」라고 하는 경우가 있다) 는, 특별히 한정되지 않지만, 충분한 기계적 특성 (인성 등) 을 확보한다는 관점에서는, 7.00 Mg/m³ 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 소결체에 요구되는 인장 강도는 그 용도 등에 따라서도 상이하지만, 인장 강도 : 500 MPa 이상인 것이 바람직하다.
- [0085] 실시예
- [0086] (실시예 1)
- [0087] Si 및 Mn 을, 불가피 불순물로서만 함유하는 철기 분말 및 합금강분을 사용하여 분말 야금용 혼합분을 제조하고, 그 성능을 평가하였다. 구체적인 순서는 이하와 같다.
- [0088] (a) 철기 분말은, 물 아토마이즈법으로 제조한 철분에 대해, 탈탄 및 탈산을 위하여, 수소 분위기에서 900 ℃ 에서 60 분간의 마무리 환원 처리를 실시하고, 얻어진 케이크를 해쇄함으로써 제조하였다. 얻어진 철기 분말의 성분 조성을 표 1 에 나타낸다. 또한, 표 1 에 나타낸 각 원소는, 모두 철기 분말 중에 불가피 불순물로서 함유되어 있는 것이다.
- [0089] (b) 합금강분으로는, 예합금강분과 복합형 합금강분의 2 종류를 사용하였다. 예합금강분은, 물 아토마이즈에 제공하는 용탕으로서 Mo 를 함유하는 것을 사용한 점 이외에는 상기 철기 분말과 동일한 방법으로 제조하였다. 이로써, 합금 원소로서의 Mo 가 모두 예합금으로서 첨가된 합금강분을 얻었다. 얻어진 합금강분의 성분 조성을 표 1 에 나타냈다.
- [0090] 복합형 합금강분은, 상기 예합금강분과 동일한 방법에 의해, 1.5 질량% 의 Mo 를 함유하는 예합금강분을 제조하고, 얻어진 예합금강분의 표면에 또한 Mo 를 확산 부착시킴으로써 제조하였다. 상기 확산 부착에 있어서는, 상기 예합금강분을, 0.4 질량%, 0.7 질량%, 1.0 질량%, 1.4 질량%, 2.3 질량%, 5.4 질량% 의 Mo 함유량에 상당하는 MoO₃ 분과, 각각 혼합하고, 수소 분위기에서 900 ℃ 에서 60 분간 열처리하였다. 상기 열처리에 의해, 예합금강분을 탈탄·탈산함과 함께, MoO₃ 의 환원에 의해 생성되는 Mo 를 예합금강분에 확산 부착시켰다. 상기 처리에 의해 얻은 케이크를 해쇄함으로써, 예합금강분의 표면에 Mo 가 확산 부착된 복합형 합금강분으로 하였다. 얻어진 복합형 합금강분의 성분 조성을 표 1 에 아울러 나타냈다.
- [0091] 다음으로, 얻어진 (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분을, 표 2 에 나타내는 조합과 비율로, V 형 믹서에 의해 15 분간 혼합하여, 철기 분말과 합금강분의 혼합분을 얻었다. 또한, (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 혼합 비율은, 상기 (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계에 대한 Mo 의 비율이 0.3 질량% 및 2.0 질량% 가 되는 것을 의도한 것이고, Mo 의 비율의 계산값을 표 2 에 아울러 나타내고 있다.
- [0092] 이어서, 상기 철기 분말과 합금강분의 혼합분에, 추가로 Cu 분, 흑연분, Wax 계 윤활제 분말을, 표 2 에 나타낸 비율로 첨가하고, V 형 믹서에 의해 15 분간 혼합하여 분말 야금용 혼합분을 얻었다. 또한, No.1 ~ 3 에 있어서는, Cu 분 및 흑연분을 사용하지 않고, 윤활제만을 첨가하였다.
- [0093] 얻어진 분말 야금용 혼합분의 특성을, 이하의 순서로 평가하였다.
- [0094] · 프레스 성형체의 밀도
- [0095] 분말 야금용 혼합분의 각각을 사용하여, 시험편으로서의 프레스 성형체를 제작하고, 그 밀도를 평가하였다. 상기 프레스 성형체는, 외경 38 mmφ × 내경 25 mmφ × 높이 10 mm 의 링상으로 하고, 성형 압력은 686 MPa 로 하였다. 얻어진 성형체의 중량을 측정하고, 치수로부터 산출되는 체적으로 나눔으로써 밀도를 구하였다. 결과는 표 2 에 나타낸 바와 같았다.
- [0096] · 소결체의 인장 강도
- [0097] 분말 야금용 혼합분의 각각으로부터 인장 시험편으로서의 소결체를 제작하고, 인장 강도를 측정하였다. 상기 인장 시험편은, 분말 야금용 혼합분을, 폭 5.8 mm × 높이 5 mm 의 평행부를 갖는 인장 시험편으로 성형하고, RX 가스 분위기에서 1130 ℃ 에서 20 분간의 소결 처리를 실시하여 제작하였다. 결과를 표 2 에

아울러 나타냈다.

[0098]

표 2 에 나타낸 결과로부터, 철기 분말의 혼합 비율이 증가함과 함께, 성형 밀도는 증가하고, 인장 강도는 일단 증가한 후 감소하는 경향이 확인된다. 그리고, 본 발명의 조건을 만족하는 실시예에서는, 7.00 Mg/m³ 이상의 성형 밀도 및 500 MPa 이상의 인장 강도가 얻어지고 있다. 이에 대하여, 철기 분말의 혼합 비율이 0 질량% 인 경우, 혼합분 Mo 함유량이 0.30 질량% 인 때에는 인장 강도가 500 MPa 에 도달하여 있지 않고, 혼합분 Mo 함유량이 1.91 질량% 인 때에는 성형 밀도가 7.00 Mg/m³ 에 도달하여 있지 않다. 또, 순 철분의 혼합 비율이 70 질량% 이상인 경우, 혼합분 Mo 함유량이 0.31 질량% 및 2.06 질량% 어느 것일 때도 인장 강도가 500 MPa 에 도달하여 있지 않다.

표 1

종류	기호	합금강분의 종류	성분 (질량%)*									
			C	Si	Mn	P	S	O	N	Al	Mo	
(a) 철기 분말	a-1	-	0.003	0.012	0.02	0.009	0.005	0.18	0.0009	<0.001	0.004	
	a-2	-	0.003	0.013	0.03	0.011	0.006	0.16	0.0010	<0.001	0.005	
(b) 합금강분	b-01	예합금강분	0.002	0.012	0.03	0.012	0.005	0.16	0.0006	<0.001	0.30	
	b-02	예합금강분	0.002	0.013	0.04	0.013	0.003	0.16	0.0007	<0.001	0.33	
	b-03	예합금강분	0.003	0.012	0.02	0.013	0.004	0.17	0.0006	<0.001	0.39	
	b-04	예합금강분	0.002	0.012	0.03	0.012	0.005	0.16	0.0005	<0.001	0.43	
	b-05	예합금강분	0.003	0.013	0.02	0.011	0.004	0.16	0.0005	<0.001	0.60	
	b-06	예합금강분	0.003	0.014	0.04	0.013	0.004	0.17	0.0006	<0.001	1.02	
	b-11	복합형 합금강분	0.003	0.015	0.03	0.014	0.006	0.16	0.0006	<0.001	1.91	
	b-12	복합형 합금강분	0.002	0.014	0.04	0.013	0.007	0.16	0.0007	<0.001	2.21	
	b-13	복합형 합금강분	0.003	0.013	0.03	0.013	0.006	0.16	0.0006	<0.001	2.54	
	b-14	복합형 합금강분	0.002	0.014	0.03	0.014	0.006	0.17	0.0007	<0.001	2.88	
b-15	복합형 합금강분	0.003	0.013	0.03	0.014	0.006	0.17	0.0006	<0.001	3.81		
b-16	복합형 합금강분	0.002	0.014	0.04	0.014	0.007	0.16	0.0005	<0.001	6.86		

* 잔부는 Fe 및 다른 불가피 불소물

[0099]

표 2

No.	분말 야금용 혼합분의 배합						평가 결과		구분		
	(a)철기 분말		(b)합금강분		Mo의 비율 *1 (질량%)	(c)Cu분 첨가량 *2 (질량%)	(d)흑연분 첨가량 *2 (질량%)	(e)윤활제 첨가량 *2 (질량%)		성형체의 밀도 (Mg/m ³)	소결체의 인장 강도 (MPa)
	종류	첨가량 *1 (질량%)	종류	첨가량 *1 (질량%)							
1		0	b-01	100	0.30	0.0	0.0	0.5	7.18	438	비교예
2	a-1	20	b-03	80	0.31	0.0	0.0	0.5	7.21	510	본 발명에
3		30	b-04	70	0.30	0.0	0.0	0.5	7.22	505	본 발명에
4		70	b-06	30	0.31	0.0	0.0	0.5	7.24	436	비교예
5		0	b-01	100	0.30	2.0	0.7	0.5	7.13	452	비교예
6	a-1	10	b-02	90	0.30	2.0	0.7	0.5	7.17	501	본 발명에
7		20	b-03	80	0.31	2.0	0.7	0.5	7.18	532	본 발명에
8		30	b-04	70	0.30	2.0	0.7	0.5	7.18	527	본 발명에
9		50	b-05	50	0.30	2.0	0.7	0.5	7.19	513	본 발명에
10		70	b-06	30	0.31	2.0	0.7	0.5	7.20	453	비교예
11	a-2	0	b-11	100	1.91	2.0	0.7	0.5	6.93	587	비교예
12		10	b-12	90	1.99	2.0	0.7	0.5	7.02	608	본 발명에
13		20	b-13	80	2.03	2.0	0.7	0.5	7.07	630	본 발명에
14		30	b-14	70	2.02	2.0	0.7	0.5	7.10	622	본 발명에
15		50	b-15	50	1.91	2.0	0.7	0.5	7.14	596	본 발명에
16		70	b-16	30	2.06	2.0	0.7	0.5	7.18	491	비교예

*1 (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계에 대한 비율

*2 (a) 철기 분말, (b) 합금강분, (c) Cu 분, 및 (d) 흑연분의 합계에 대한 비율

[0100]

[0101] (실시예 2)

[0102] Mn 을 함유하는 철기 분말 및 합금강분을 사용한 점 이외에는 실시예 1 과 동일한 방법으로 분말 야금용 혼합분을 제조하고, 그 성능을 평가하였다. 사용한 철기 분말 및 합금강분의 조성을 표 3 에, 각 성분의 배합 비율과 평가 결과를 표 4 에 나타낸다.

[0103] 표 4 에 나타난 결과로부터 알 수 있는 바와 같이, 실시예 1 의 경우와 마찬가지로, 철기 분말의 혼합 비율이 증가함과 함께, 성형 밀도가 증가하고, 인장 강도는 일단 증가한 후 감소한다. 그리고, 본 발명의 조건을 만족하는 실시예에서는, 7.00 Mg/m³ 이상의 성형 밀도 및 500 MPa 이상의 인장 강도가 얻어지고 있다.

표 3

종류	기호	함금강분의 종류	성분 (질량%) *												
			C	Si	Mn	P	S	O	N	Al	Mo				
(a) 열기 분말	a-3	-	0.002	0.012	0.22	0.011	0.004	0.16	0.0005	<0.001	0.003				
	a-4	-	0.003	0.015	0.15	0.010	0.004	0.16	0.0009	<0.001	0.004				
	b-21	예합금강분	0.003	0.012	0.21	0.012	0.004	0.18	0.0006	<0.001	0.30				
	b-22	예합금강분	0.003	0.013	0.21	0.011	0.006	0.16	0.0007	<0.001	0.34				
(b) 합금강분	b-23	예합금강분	0.004	0.013	0.22	0.013	0.006	0.17	0.0007	<0.001	0.39				
	b-24	예합금강분	0.003	0.014	0.22	0.012	0.005	0.17	0.0007	<0.001	0.45				
	b-25	예합금강분	0.002	0.012	0.22	0.012	0.005	0.16	0.0006	<0.001	0.57				
	b-26	예합금강분	0.003	0.014	0.21	0.013	0.004	0.17	0.0007	<0.001	0.57				
	b-31	복합형 합금강분	0.004	0.010	0.20	0.014	0.006	0.16	0.0005	<0.001	0.30				
	b-32	복합형 합금강분	0.003	0.011	0.19	0.014	0.005	0.16	0.0004	<0.001	0.33				
	b-33	복합형 합금강분	0.003	0.013	0.20	0.015	0.005	0.17	0.0006	<0.001	0.38				
	b-34	복합형 합금강분	0.003	0.011	0.20	0.013	0.005	0.16	0.0004	<0.001	0.42				
	b-35	복합형 합금강분	0.005	0.010	0.21	0.015	0.006	0.16	0.0004	<0.001	0.62				
	b-36	복합형 합금강분	0.004	0.010	0.21	0.013	0.005	0.17	0.0004	<0.001	1.04				
	b-41	예합금강분	0.005	0.014	0.20	0.015	0.005	0.16	0.0005	<0.001	0.49				
	b-42	예합금강분	0.003	0.014	0.20	0.016	0.004	0.16	0.0006	<0.001	0.58				
	b-43	예합금강분	0.002	0.014	0.19	0.015	0.005	0.18	0.0007	<0.001	0.64				
	b-44	예합금강분	0.004	0.013	0.19	0.015	0.005	0.17	0.0006	<0.001	0.71				
	b-45	예합금강분	0.004	0.015	0.19	0.014	0.004	0.18	0.0007	<0.001	1.02				
	b-46	예합금강분	0.005	0.013	0.20	0.016	0.004	0.17	0.0007	<0.001	1.63				
	b-51	예합금강분	0.003	0.010	0.19	0.014	0.003	0.16	0.0008	<0.001	1.05				
	b-52	예합금강분	0.002	0.011	0.21	0.013	0.004	0.17	0.0007	<0.001	1.15				
b-53	예합금강분	0.003	0.012	0.21	0.014	0.005	0.16	0.0006	<0.001	1.38					
b-54	예합금강분	0.002	0.011	0.22	0.014	0.003	0.16	0.0006	<0.001	1.58					
b-55	예합금강분	0.004	0.010	0.20	0.014	0.002	0.16	0.0008	<0.001	2.23					
b-56	예합금강분	0.003	0.013	0.20	0.013	0.004	0.16	0.0005	<0.001	3.52					
b-51	복합형 합금강분	0.003	0.016	0.20	0.014	0.006	0.16	0.0006	<0.001	2.11					
b-62	복합형 합금강분	0.003	0.015	0.20	0.015	0.006	0.16	0.0007	<0.001	2.29					
b-63	복합형 합금강분	0.003	0.014	0.21	0.014	0.007	0.17	0.0007	<0.001	2.64					
b-64	복합형 합금강분	0.004	0.016	0.20	0.015	0.005	0.16	0.0005	<0.001	3.06					
b-65	복합형 합금강분	0.003	0.016	0.21	0.014	0.005	0.16	0.0006	<0.001	4.31					
b-66	복합형 합금강분	0.003	0.015	0.20	0.013	0.007	0.16	0.0005	<0.001	7.03					

* 잔부는 Fe 및 다른 불기피 불순물

표 4

No.	분말 야금용 혼합분의 배합				평가 결과			구분	
	(a) 철기 분말 중량량 *1 (질량%)	(b) 합금강분 중량량 *1 (질량%)	Mo 의 비율 *1 (질량%)	(c) Cu 분 중량량 *2 (질량%)	(d) 흑연분 중량량 *2 (질량%)	(e) 용탈제 중량량 *2 (질량%)	성형체의 밀도 (Mg/m ³)		소결체의 인장 강도 (MPa)
16	0	100	0.30	2.0	0.7	0.5	7.12	463	비교예
17	10	90	0.31	2.0	0.7	0.5	7.15	508	본 발명에
18	20	80	0.31	2.0	0.7	0.5	7.17	548	본 발명에
19	30	70	0.32	2.0	0.7	0.5	7.18	541	본 발명에
20	50	50	0.29	2.0	0.7	0.5	7.18	534	본 발명에
21	70	30	0.29	2.0	0.7	0.5	7.18	458	비교예
22	0	100	0.30	2.0	0.7	0.5	7.13	477	비교예
23	10	90	0.30	2.0	0.7	0.5	7.15	532	본 발명에
24	20	80	0.30	2.0	0.7	0.5	7.16	556	본 발명에
25	30	70	0.30	2.0	0.7	0.5	7.17	554	본 발명에
26	50	50	0.31	2.0	0.7	0.5	7.18	549	본 발명에
27	70	30	0.31	2.0	0.7	0.5	7.19	463	비교예
28	0	100	0.49	2.0	0.7	0.5	7.10	494	비교예
29	10	90	0.52	2.0	0.7	0.5	7.12	546	본 발명에
30	20	80	0.51	2.0	0.7	0.5	7.13	572	본 발명에
31	30	70	0.50	2.0	0.7	0.5	7.14	567	본 발명에
32	50	50	0.51	2.0	0.7	0.5	7.15	551	본 발명에
33	70	30	0.49	2.0	0.7	0.5	7.16	472	비교예
34	0	100	1.05	2.0	0.7	0.5	6.98	529	비교예
35	10	90	1.04	2.0	0.7	0.5	7.06	563	본 발명에
36	20	80	1.10	2.0	0.7	0.5	7.11	583	본 발명에
37	30	70	1.11	2.0	0.7	0.5	7.13	578	본 발명에
38	50	50	1.12	2.0	0.7	0.5	7.16	557	본 발명에
39	70	30	1.06	2.0	0.7	0.5	7.18	485	비교예
40	0	100	2.11	2.0	0.7	0.5	6.92	593	비교예
41	10	90	2.06	2.0	0.7	0.5	7.00	617	본 발명에
42	20	80	2.11	2.0	0.7	0.5	7.06	634	본 발명에
43	30	70	2.14	2.0	0.7	0.5	7.09	628	본 발명에
44	50	50	2.16	2.0	0.7	0.5	7.14	600	본 발명에
45	70	30	2.11	2.0	0.7	0.5	7.17	496	비교예

*1 (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 함계에 대한 비율
*2 (a) 철기 분말, (b) 합금강분, (c) Cu 분, 및 (d) 흑연분의 함계에 대한 비율

[0105]

[0106] (실시예 3)

[0107] Si 및 Mn 을 함유하는 철기 분말 및 합금강분을 사용한 점 이외에는 실시예 1 과 동일한 방법으로 분말 야금용 혼합분을 제조하고, 그 성능을 평가하였다. 사용한 철기 분말 및 합금강분의 조성을 표 5 에, 각 성분의 배합 비율과 평가 결과를 표 6 에 나타낸다.

[0108] 표 6 에 나타낸 결과로부터 알 수 있는 바와 같이, 실시예 1, 2 의 경우와 마찬가지로, 철기 분말의 혼합 비율이 증가함과 함께, 성형 밀도가 증가하고, 인장 강도는 일단 증가한 후 감소한다. 그리고, 본 발명의 조건을 만족하는 실시예에서는, 7.00 Mg/m³ 이상의 성형 밀도 및 500 MPa 이상의 인장 강도가 얻어지고 있다. 또, Si 및 Mn 의 일방 또는 양방을 함유하는 원료 분말을 사용한 실시예 2, 3 에서는, 높은 성형체의 밀도를 유

지한 채, 실시예 1 에 비해 소결체의 인장 강도가 향상되어 있는 것을 알 수 있다. 이 점에서, 강도를 증시 하는 경우에는, Si 및 Mn 의 일방 또는 양방을 첨가하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

표 5

종류	기호	합금강분의 종류	성분 (질량%) *									
			C	Si	Mn	P	S	O	N	Al	Mo	
(a) 철기 분말	a-5	-	0.003	0.19	0.38	0.012	0.005	0.16	0.0004	<0.001	0.004	
	a-6	-	0.002	0.18	0.40	0.012	0.004	0.16	0.0005	<0.001	0.004	
(b) 합금강분	b-71	예합금강분	0.004	0.20	0.38	0.013	0.005	0.16	0.0006	<0.001	0.30	
	b-72	예합금강분	0.004	0.19	0.40	0.013	0.005	0.16	0.0006	<0.001	0.32	
	b-73	예합금강분	0.004	0.19	0.39	0.015	0.006	0.17	0.0006	<0.001	0.37	
	b-74	예합금강분	0.003	0.20	0.40	0.014	0.005	0.16	0.0005	<0.001	0.46	
	b-75	예합금강분	0.003	0.20	0.38	0.013	0.005	0.16	0.0006	<0.001	0.57	
	b-76	예합금강분	0.003	0.18	0.39	0.014	0.004	0.16	0.0006	<0.001	1.02	
	b-81	복합형 합금강분	0.005	0.20	0.38	0.016	0.006	0.17	0.0005	<0.001	1.91	
	b-82	복합형 합금강분	0.005	0.18	0.39	0.015	0.006	0.17	0.0004	<0.001	2.21	
	b-83	복합형 합금강분	0.003	0.18	0.38	0.015	0.006	0.18	0.0005	<0.001	2.65	
	b-84	복합형 합금강분	0.005	0.18	0.39	0.016	0.007	0.18	0.0004	<0.001	2.88	
	b-85	복합형 합금강분	0.004	0.20	0.38	0.016	0.007	0.18	0.0005	<0.001	3.81	
	b-86	복합형 합금강분	0.004	0.18	0.40	0.015	0.006	0.18	0.0004	<0.001	6.88	

* 잔부는 Fe 및 다른 불가피 불순물

표 6

No.	본만 아금용 혼합분의 배합						평가 결과			구분		
	(a) 철기 분말		(b) 철기 분말		Mo의 비율 *1 (질량%)	(c) Cu분 철기량 *2 (질량%)	(d) 흑연분 철기량 *2 (질량%)	(e) 윤활제 철기량 *2 (질량%)	성형체의 밀도 (Mg/m ³)		소결체의 인장 강도 (MPa)	
	종류	철기량 *1 (질량%)	종류	철기량 *1 (질량%)								
46		0	100	b-71	100	0.30	2.0	0.7	0.5	7.10	465	비교예
47		10	90	b-72	90	0.29	2.0	0.7	0.5	7.14	524	본 발명에
48	a-5	20	80	b-73	80	0.30	2.0	0.7	0.5	7.15	557	본 발명에
49		30	70	b-74	70	0.32	2.0	0.7	0.5	7.16	555	본 발명에
50		50	50	b-75	50	0.29	0.31	2.0	0.7	0.5	7.17	548
51		70	30	b-76	30	0.31	2.0	0.7	0.5	7.17	472	비교예
52		0	100	b-81	100	1.91	2.0	0.7	0.5	6.91	602	비교예
53	a-6	10	90	b-82	90	1.99	2.0	0.7	0.5	7.01	622	본 발명에
54		20	80	b-83	80	2.12	2.0	0.7	0.5	7.05	640	본 발명에
55		30	70	b-84	70	2.02	2.0	0.7	0.5	7.08	634	본 발명에
56		50	50	b-85	50	1.91	2.0	0.7	0.5	7.12	615	본 발명에
57		70	30	b-86	30	2.06	2.0	0.7	0.5	7.17	498	비교예

*1 (a) 철기 분말 및 (b) 합금강분의 합계에 대한 비율

*2 (a) 철기 분말, (b) 합금강분, (c) Cu 분, 및 (d) 흑연분의 합계에 대한 비율

[0110]