(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.
*B22F 1/00* (2006.01)

(45) 공고일자 2007년06월27일
(11) 등록번호 10-0733214
(24) 등록일자 2007년06월21일

| | | | |
|---|---|---|---|
| (21) 출원번호 | 10-2002-7001353 | (65) 공개번호 | 10-2002-0029909 |
| (22) 출원일자 | 2002년01월30일 | (43) 공개일자 | 2002년04월20일 |
| 심사청구일자 | 2005년07월11일 | | |
| 번역문 제출일자 | 2002년01월30일 | | |
| (86) 국제출원번호 | PCT/CA2000/000816 | (87) 국제공개번호 | WO 2001/20050 |
| 국제출원일자 | 2000년07월12일 | 국제공개일자 | 2001년03월22일 |

(81) 지정국 국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬랜드, 일본, 케냐, 키르키즈스탐, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 슬로베니아, 슬로바키아, 타지키스탄, 투르크맨, 터어키, 트리니아드토바고, 우크라이나, 우즈베키스탄, 베트남, 폴란드, 포르투칼, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 아랍에미리트, 코스타리카, 도미니카, 모로코, 탄자니아, 남아프리카, 그라나다, 가나, 감비아, 크로아티아, 인도네시아, 시에라리온, 세르비아 앤 몬테네그로, 짐바브웨, 인도, 우간다,

AP ARIPO특허 : 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 시에라리온, 가나, 감비아, 짐바브웨, 탄자니아, 모잠비크,

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르키즈스탐, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크맨,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스,

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디브와르, 카메룬, 가봉, 기니, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기니 비사우,

(30) 우선권주장 09/363,855 1999년07월30일 미국(US)

(73) 특허권자
퀘백 메탈 파우더스, 리미티드
캐나다 제이3알 4알4, 퀘백, 트래시, 마리-빅토린, 루트 1655

(72) 발명자
마틴가그네
캐나다J3P5P6.퀘백,트레이시,마리-빅토린12675

파올로필립펠리
캐나다JOL1GO,퀘백,델손,씨르세16

알레인트루델
캐나다J3P2N3,퀘백,소렐,체민드파트리오테1269

(74) 대리인 김용호

(56) 선행기술조사문헌
JP06322470

심사관 : 홍성철

전체 청구항 수 : 총 72 항

## (54) 철-흑연 복합 분말 및 이로부터 제조된 소결물

(57) 요약

제1철 매트릭스 내의 탄소 클러스터들을 형성하는 하나의 마이크로구조를 지닌 하나의 철-흑연 복합 분말이 게시되어 있다. 또, 철-흑연 복합 분말의 제조 공정, 이 복합 분말로부터 소결물을 제조하는 하나의 공정 및 이에 의해 제조된 소결물들을 함께 게시한다.

대표도

도 2

## 특허청구의 범위

### 청구항 1.

철-흑연 복합 분말에 있어서,

2 중량% 내지 4.5 중량%의 탄소와 0.05 중량% 내지 2.5 중량%의 실리콘을 포함하며, 제1철 매트릭스에 매입되는 소려(temper) 탄소 클러스터로 구성된 마이크로구조를 가지는 철-흑연 복합 분말 입자들로 구성되며, 상기 탄소 클러스터들의 30% 이상이 상기 제1철 매트릭스 내에 완전히 매입되며,

상기 복합 분말은 액상 소결 및 어닐링을 이용하여 제조되며, 상기 소결은 1155℃ 이상에서 발생되어 개선된 소결 밀도를 성취하며, 상기 어닐링은 개선 횡 파열 강도를 성취하기 위하여 30℃/분 이상의 가열 속도를 이용하고 나서 적절한 탄소 클러스터 성장을 위한 충분한 탄소 확산을 성취하기 위하여 10℃/분 이상의 냉각 속도로 냉각되는 철-흑연 복합 분말.

### 청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 탄소 클러스터들의 50% 이상이 상기 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는 철-흑연 복합 분말.

### 청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 탄소 클러스터들의 70% 이상이 상기 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는 철-흑연 복합 분말.

### 청구항 4.

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 탄소클러스터들이, 페라이트성 매트릭스에 매입되는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 5.

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 3 중량% 내지 4 중량%의 탄소와 0.3 중량% 내지 2 중량%의 실리콘을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 6.

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 300 미크론 미만의 입자 크기를 갖는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 7.

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 하나 이상의 합금 원소를 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 8.

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 망간, 니켈, 몰리브덴, 동, 크롬, 붕소, 인 또는 그 혼합물 중 하나 이상을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 9.

제8항에 있어서, 상기 분말은 망간, 니켈, 몰리브덴, 동, 크롬, 붕소 및 인 중의 하나 이상을 포함하는 합금인 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 10.

제8항에 있어서, 상기 분말은 망간, 니켈, 몰리브덴, 동 크롬, 붕소, 인 중의 하나 이상을 포함하는 혼합물인 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 11.

제9항에 있어서, 2% 미만의 망간을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 12.

제9항에 있어서, 1% 미만의 망간을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 13.

제9항에 있어서, 0.7% 미만의 망간을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 14.

제9항에 있어서, 0.1% 미만의 망간을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 15.

제9항에 있어서, 4% 미만의 니켈을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 16.

제9항에 있어서, 1.5% 미만의 니켈을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 17.

제9항에 있어서, 4% 미만의 몰리브덴을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 18.

제9항에 있어서, 1.5% 미만의 몰리브덴을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 19.

제9항에 있어서, 2% 미만의 크롬을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 20.

제9항에 있어서, 1% 미만의 크롬을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 21.

제9항에 있어서, 3% 미만의 동을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 22.

제10항에 있어서, 1% 미만의 동을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 23.

제9항에 있어서, 0.2% 미만의 붕소를 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 24.

제9항에 있어서, 1% 미만의 인을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 25.

제9항에 있어서, 0.5% 미만의 인을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 26.

제9항에 있어서, 0.15% 미만의 인을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 27.

철-흑연 복합 분말 제조 공정으로서, 상기 분말은 2 중량% 내지 4.5 중량%의 탄소와 0.05 중량% 내지 2.5 중량%의 실리콘을 포함하며, 제1철 매트릭스에 매입되는 소려 탄소 클러스터들로 구성되는 마이크로 구조를 가진 철-흑연 복합 분말 입자들을 포함하는, 상기 탄소 클러스터들의 30% 이상이 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는, 철-흑연 복합 분말을 제조하는 공정에 있어서,

(a) 액상 철을 미립화하여 미립화된 철 분말을 형성하는 단계;

(b) 상기 미립화된 철 분말을 900℃ 이상의 온도로 가열하는 단계;

(c) 상기 분말을 900℃ 이상의 온도로부터 600℃ 이상의 온도로 냉각하는 단계를 포함하는데,

상기 분말은, 상기 분말 입자들의 코어 내의 탄소 클러스터들의 핵 생성이 이루어지기에 충분한 속도로 650℃의 온도로부터 900℃ 이상의 온도로 가열되며, 상기 분말은 10℃/분 보다 빠르지 않은 속도로 냉각되며,

상기 복합 분말은 액상 소결 및 어닐링을 이용하여 제조되며, 상기 소결은 1155℃ 이상에서 발생되어 개선된 소결 밀도를 성취하며, 상기 어닐링은 개선 횡 파열 강도를 성취하기 위하여 30℃/분 이상의 가열 속도를 이용하고 나서 적절한 탄소 클러스터 성장을 위한 충분한 탄소 확산을 성취하기 위하여 10℃/분 이상의 냉각 속도로 냉각되는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 28.

제27항에 있어서, 상기 냉각 단계는:

(i) 상기 분말을 900℃ 이상의 온도로부터 600℃ 이상의 온도로 냉각시키고 상기 분말을 600℃ 이상의 온도에서 보존하는 단계;

(ii) 상기 분말을 600℃ 이상의 온도로부터 600℃ 이상의 또 다른 온도로 냉각시킨 다음 상기 온도에서 상기 분말을 보존하는 단계;

(iii) 상기 단계 (ii)를 반복하는 단계로부터 선택된 냉각 및 보존 단계의 조합을 포함하는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 29.

제27 또는 제28항에 있어서, 상기 탄소 클러스터들의 50% 이상이 상기 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 30.

제27 또는 제28항에 있어서, 상기 탄소클러스터들의 70% 이상이 상기 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 31.

제27 또는 제28항에 있어서, 상기 미립화된 분말을 1000℃ 이상의 온도로 가열하는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 32.

제27 또는 제28항에 있어서, 상기 분말을 700℃ 이상의 온도로 냉각하는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 33.

제27 또는 제28항에 있어서, 상기 미립화된 철 분말을 850℃와 900℃ 이상 사이의 또는 900℃ 이상의 온도에서 상기 철 분말의 탄화물을 완전히 분해시키는 데 충분한 시간 동안 보존하는 단계를 더 포함하는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 34.

제28항에 있어서,

(1) 상기 분말을 900℃ 이상의 온도로부터 600℃ 미만의 온도로 냉각하는 단계:

(2) 상기 분말을 700℃ 이상의 온도로부터 재가열하는 단계;

(3) 상기 분말을 700℃ 이상의 온도로부터 600℃ 이상의 온도로 냉각하는 단계를 더 포함하는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 35.

제34항에 있어서, 상기 분말을 800℃ 이상의 온도로 재가열하고, 800℃ 이상의 온도로부터 700℃ 이상의 온도로 냉각하는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 36.

제28항에 있어서,

(1) 상기 분말을 900℃ 이상의 온도로부터 600℃ 미만의 온도로 냉각하는 단계;

(2) 상기 분말을 700℃ 이상의 온도로 재가열하는 단계;

(3) 상기 분말을 700℃ 이상의 온도로부터 600℃ 이상의 온도로 냉각하는 단계;

(4) 상기 분말을 600℃ 이상의 온도에서 보존하는 단계;

(5) 상기 단계(ii)와 (iii)을 반복하는 단계.

## 청구항 37.

제36항에 있어서, 상기 분말을 800℃ 이상의 온도로 재가열하고, 800℃ 이상의 온도로부터 700℃ 이상의 온도로 냉각하는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 38.

제27항 또는 제28항에 있어서, 상기 공정 단계들이 산소가 없는 분위기에서 행해지는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 39.

제38항에 있어서, 상기 분위기는 아르곤, 질소, 헬륨, 수소 또는 이들의 혼합물인 철-흑연 복합 분말 제조 공정:

## 청구항 40.

제39항에 있어서, 상기 분위기는 10% 미만의 수소를 함유하는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 41.

제38항에 있어서, 상기 분위기는 진공 분위기인 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 42.

제27 또는 제28항에 있어서, 단계 (c)의 철-흑연 복합 분말은 철-흑연 복합 합금 분말이고, 단계 (a)의 액상 철은 망간, 니켈, 몰리브덴, 동, 크롬, 붕소 및 인 중에서 하나 이상을 포함하는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 43.

제27 또는 제28항에 있어서, 상기 철-흑연 복합 분말은 철-흑연 복합 분말 혼합물이고, 단계 (c)에서 형성된 철-흑연 복합 분말은, 기본적인 합금 원소, 합금 또는 망간, 니켈, 몰리브덴, 동, 크롬, 붕소 및 인중에서 선택한 하나 이상의 합금 원소를 함유하고 있는 화합물과 혼합되어 있는 철-흑연 복합 분말의 제조 공정.

## 청구항 44.

철-흑연 복합 분말의 소결 단계를 포함하는 공정에 의해 제조된 소결물에 있어서,

상기 분말은 2 중량% 내지 4.5 중량%의 탄소와 0.05 중량% 내지 2.5 중량%의 실리콘을 포함하며, 제1철 매트릭스에 매입되는 소려 탄소 클러스터로 구성되는 마이크로 구조를 가진 철-흑연 복합 분말 입자들을 포함하며, 상기 탄소 클러스터들의 30% 이상은 상기 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는 철-흑연 복합 분말을 소결하는 단계를 포함하는 공정에 의해 제조되며,

상기 복합 분말은 액상 소결 및 어닐링을 이용하여 제조되며, 상기 소결은 1155℃ 이상에서 발생되어 개선된 소결 밀도를 성취하며, 상기 어닐링은 개선 횡 파열 강도를 성취하기 위하여 30℃/분 이상의 가열 속도를 이용하고 나서 적절한 탄소 클러스터 성장을 위한 충분한 탄소 확산을 성취하기 위하여 10℃/분 이상의 냉각 속도로 냉각되는 소결물.

## 청구항 45.

1200℃ 미만의 온도에서의 철-흑연 복합 분말을 소결하는 단계를 포함하는 공정에 의해 제조된 충분히 조밀한 소결물에 있어서,

상기 분말은 2 중량% 내지 4.5 중량%의 탄소와 0.05 중량% 내지 2.5 중량%의 실리콘을 함유하며, 제1철 매트릭스에 매입되는 소려 탄소 클러스터들로 구성되는 마이크로구조를 가진 철-흑연 복합 분말 입자들을 포함하는데, 상기 탄소 클러스터들의 30% 이상이 상기 제1철 매트릭스에 완전히 매입되며,

상기 복합 분말은 액상 소결 및 어닐링을 이용하여 제조되며, 상기 소결은 1155℃ 이상에서 발생되어 개선된 소결 밀도를 성취하며, 상기 어닐링은 개선 횡 파열 강도를 성취하기 위하여 30℃/분 이상의 가열 속도를 이용하고 나서 적절한 탄소 클러스터 성장을 위한 충분한 탄소 확산을 성취하기 위하여 10℃/분 이상의 냉각 속도로 냉각되는 소결물.

## 청구항 46.

제44항에 있어서, 액상 소결하는 단계를 더 포함하는 공정에 의해 제조된 소결물.

## 청구항 47.

제44 내지 46항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 소결물은 페라이트, 펄라이트, 오스페라이트, 베이나이트, 마르텐사이트, 오스테나이트, 소려된 마르텐사이트 또는 이들의 혼합물이 포함되는 제1철 매트릭스를 가진 소결물.

## 청구항 48.

제44항 내지 제46항 중 어느 한 항에 있어서,

오스페라이트 매트릭스에 매입되는 탄소 클러스터들로 구성되는 마이크로 구조를 가지고 있으며,

(a) 상기 소결물을 825℃ 내지 950℃ 범위의 온도로 가열하는 단계;

(b) 상기 소결물을 150℃ 내지 450℃ 범위의 온도로 냉각시키는 단계;

(c) 상기 소결물을 15분 내지 60분 동안, 150℃에서 450℃ 범위의 온도에서 보존시키는 단계를 더 포함하는 공정에 의해 제조되는 소결물.

## 청구항 49.

제44항 내지 제46항 중 어느 한 항에 있어서, 망간, 니켈, 몰리브덴, 동, 크롬, 붕소 및 인중에서 하나 이상을 포함하는 소결물.

## 청구항 50.

2 중량% 내지 4.5 중량%의 탄소와 0.05 중량% 내지 2.5 중량%의 실리콘을 포함하고 제1철 매트릭스에 매입되는 소려 탄소 클러스터들로 구성되는 마이크로 구조를 가진 복합 분말 입자들을 포함하는 철-흑연 복합 분말로서, 상기 탄소 클러스터들의 30% 이상이 상기 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는, 철-흑연 복합 분말에 있어서,

(a) 탄소와 실리콘이 함유된 액상 철을 미립화해서 미립화된 철 분말을 형성하는 단계;

(b) 상기 미립화된 철분말을 900℃ 이상의 온도로 가열하는 단계;

(c) 상기 분말을 900℃ 이상의 온도로부터 700℃ 이상의 온도로 냉각하는 단계를 포함하는 공정에 의해 제조되는데,

상기 분말은 상기 분말 입자의 코어 내의 탄소 클러스터의 핵생성을 이루도록 하는데 충분한 속도로 900℃ 이상의 온도로 가열되고 10℃/분 이하의 속도로 냉각되며,

상기 복합 분말은 액상 소결 및 어닐링을 이용하여 제조되며, 상기 소결은 1155℃ 이상에서 발생되어 개선된 소결 밀도를 성취하며, 상기 어닐링은 개선 횡 파열 강도를 성취하기 위하여 30℃/분 이상의 가열 속도를 이용하고 나서 적절한 탄소 클러스터 성장을 위한 충분한 탄소 확산을 성취하기 위하여 10℃/분 이상의 냉각 속도로 냉각되는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 51.

제50항에 있어서, 상기 탄소 클러스터들의 50% 이상이 상기 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 52.

제50항에 있어서, 상기 탄소 클러스터들의 70% 이상이 상기 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 53.

제50항 내지 제52항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 탄소 클러스터들이 페라이트성 매트릭스에 매입되는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 54.

제50항 내지 제52항 중 어느 한 항에 있어서, 300미크론 미만의 입자 크기를 가진 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 55.

제50 내지 제52항 중 어느 한 항에 있어서, 3 중량% 내지 4 중량%의 탄소와 0.3 중량% 내지 2 중량%의 실리콘을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 56.

제50항 내지 제52항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 입자들이 3.2 중량% 내지 3.7 중량%의 탄소와 0.8 중량% 내지 1.3 중량%의 실리콘으로 구성되는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 57.

제50항 내지 52항 중 어느 한 항에 있어서, 3.5 중량% 내지 3.7 중량%의 탄소와 0.8 중량% 내지 1.0 중량%의 실리콘을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 58.

제50항 내지 52항 중 어느 한 항에 있어서, 하나 이상의 합금 원소를 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 59.

제50항 내지 제52항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 액상 철은 망간, 니켈, 몰리브덴, 동, 크롬 및 인중에서 하나 이상을 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 60.

제50항 내지 제52항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 분말은 냉각된 분말을 하나 이상의 합금분말과 혼합하는 단계를 더 포함하는 공저에 의해 제조되며, 상기 합금은 망간, 니켈, 몰리브덴, 동, 크롬, 붕소 및 인으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 합금 원소를 포함하는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 61.

철-흑연 복합 분말의 제조 공정으로서, 3.2 중량% 내지 3.7 중량%의 탄소와 0.8 중량% 내지 1.3 중량%의 실리콘을 포함하고 제1철 매트릭스에 매입되는 소려 탄소 클러스터들로 구성되는 마이크로 구조를 가진 분말 입자들을 포함하는 철-흑연 복합 분말의 제조 공정으로서, 상기 탄소 클러스터들의 30% 이상이 상기 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는, 철-흑연 복합 분말 제조 공정에 있어서,

(a) 액상 철을 미립화해서 미립화된 철 분말을 형성하는 단계;

(b) 상기 미립화된 철 분말을 1000℃ 이상의 온도로 가열하는 단계;

(c) 상기 분말을 1000℃ 이상의 온도로부터 700℃ 이상의 온도로 냉각시키는 단계를 포함하는데,

상기 분말은 30℃/분 이상의 속도로 650℃ 이상의 온도로부터 1000℃이상의 온도로 가열하고, 850℃와 1000℃ 이상의 사이의 온도, 또는 1000℃ 이상의 온도에서 5분 내지 16시간 동안 보존된 다음, 10℃/분의 속도로 냉각하며,

상기 복합 분말은 액상 소결 및 어닐링을 이용하여 제조되며, 상기 소결은 1155℃ 이상에서 발생되어 개선된 소결 밀도를 성취하며, 상기 어닐링은 개선 횡 파열 강도를 성취하기 위하여 30℃/분 이상의 가열 속도를 이용하고 나서 적절한 탄소 클러스터 성장을 위한 충분한 탄소 확산을 성취하기 위하여 10℃/분 이상의 냉각 속도로 냉각되는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 62.

3.2 중량% 내지 3.7 중량%의 탄소와 0.8 중량% 내지 1.3 중량%의 실리콘을 포함하고 제1철 매트릭스에 매입되는 소려 탄소 클러스터들로 구성되는 마이크로 구조를 가진 분말 입자들을 포함하는 철-흑연 복합 분말 제조 공정으로서, 상기 탄소 클러스터들의 30% 이상이 상기 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는 철-흑연 복합 분말 제조 공정에 있어서,

(a) 액상 철을 미립화해서 미립화된 상태의 철 분말을 형성하는 단계;

(b) 상기 미립화된 철 분말을 1000℃ 이상의 온도로 가열하는 단계;

(c) 상기 분말을 1000℃ 이상의 온도로부터 700℃ 이상의 온도로 냉각시키는 단계를 포함하는데,

상기 냉각 단계는:

(i) 상기 분말을 1000℃ 이상의 온도로부터 700℃ 이상의 온도로 냉각시키고 700℃ 이상 온도에서 상기 분말을 보존시키는 단계;

(ii) 700℃ 이상의 온도로부터 700℃ 이상의 또 다른 온도로 상기 분말을 냉각시키고, 700℃ 이상의 온도로 보존시키는 단계;

(iii) 상기 단계 (ii)를 반복하는 단계로부터 선택된 냉각 및 유지 단계의 조합을 포함하며,

상기 분말은 30℃/분 이상의 속도로, 650℃ 이상의 온도로부터 1000℃ 이상의 온도로 가열되며, 1000℃ 이상의 온도에서 5분 내지 16시간 동안 보존한 다음, 10℃/분 이하 속도로 냉각되며,

상기 복합 분말은 액상 소결 및 어닐링을 이용하여 제조되며, 상기 소결은 1155℃ 이상에서 발생되어 개선된 소결 밀도를 성취하며, 상기 어닐링은 개선 횡 파열 강도를 성취하기 위하여 30℃/분 이상의 가열 속도를 이용하고 나서 적절한 탄소 클러스터 성장을 위한 충분한 탄소 확산을 성취하기 위하여 10℃/분 이상의 냉각 속도로 냉각되는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 63.

제61항 또는 62항에 있어서, 상기 탄소 클러스터들의 50% 이상이 상기 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 64.

제61항 또는 62항에 있어서, 상기 탄소 클러스터들의 70% 이상이 상기 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 65.

제61항 또는 제62항에 있어서,

(1) 상기 분말을 1000℃ 이상의 온도로부터 600℃ 미만의 온도로 냉각하는 단계;

(2) 상기 분말을 800℃ 이상의 온도로 재가열하는 단계;

(3) 상기 분말을 800℃ 이상의 온도로부터 700℃ 이상의 온도로 냉각하는 단계를 더 포함하는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 66.

제65항에 있어서,

(1) 상기 분말을 1000℃ 이상의 온도로부터 600℃ 미만의 온도로 냉각하는 단계;

(2) 상기 분말을 800℃ 이상의 온도로 재가열하는 단계;

(3) 상기 분말을 800℃ 이상의 온도로부터 700℃ 이상의 온도로 냉각하는 단계;

(4) 상기 분말을 700℃ 이상의 온도에서 보존하는 단계;

(5) 상기 단계 (ii)와 (iii)를 반복하는 단계를 더 포함하는 철-흑연 복합 분말 제조 공정.

## 청구항 67.

제61항 또는 제62항에 있어서, 상기 공정 단계는 산소가 없는 분위기에서 실행되는 철-흑연 복합 분말의 제조 공정.

## 청구항 68.

제61항 또는 62항에 따라 철-흑연 복합 분말을 소결하는 단계를 포함하는 공정에 의해 제조되는 소결물.

## 청구항 69.

3.2 중량% 내지 3.7 중량%의 탄소와 0.8 중량% 내지 1.3 중량%의 실리콘을 포함하며, 제1철 매트릭스에 매입되는 소려 탄소 클러스터들로 구성되는 마이크로 구조를 가진 복합 분말 입자들을 포함하는 철-흑연 복합 분말로서, 상기 탄소 클러스터들의 30% 이상이 상기 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는, 철-흑연 복합 분말에 있어서,

(a) 탄소와 실리콘이 함유된 액상 철을 미립화해서 미립화된 철 분말을 형성하는 단계;

(b) 상기 미립화된 철 분말을 1000℃ 이상의 온도로 가열하는 단계;

(c) 상기 분말을 1000℃ 이상의 온도로부터 700℃ 이상의 온도로 냉각시키는 단계를 포함하는 공정에 의해 제조되며,

상기 분말은 30℃/분 이상의 속도로 650℃의 온도로부터 1000℃ 이상의 온도로 가열되며, 5분 내지 16시간 동안 1000℃ 이상의 온도에서 보존하고, 10℃/분 이하의 속도로 냉각되며,

상기 복합 분말은 액상 소결 및 어닐링을 이용하여 제조되며, 상기 소결은 1155℃ 이상에서 발생되어 개선된 소결 밀도를 성취하며, 상기 어닐링은 개선 횡 파열 강도를 성취하기 위하여 30℃/분 이상의 가열 속도를 이용하고 나서 적절한 탄소 클러스터 성장을 위한 충분한 탄소 확산을 성취하기 위하여 10℃/분 이상의 냉각 속도로 냉각되는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 70.

제69항에 있어서, 상기 탄소 클러스터들의 50% 이상이 제1철 매트릭스내에 완전히 매입되는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 71.

제69항에 있어서, 상기 탄소 클러스터들의 70% 이상이 제1철 매트릭스내에 완전히 매입되는 철-흑연 복합 분말.

## 청구항 72.

제69항에 있어서, 3.5 중량% 내지 3.7 중량%의 탄소와 0.8 중량% 내지 1.0 중량%의 실리콘을 포함하는 철-흑연 복합 분말

## 청구항 73.

삭제

명세서

### 기술분야

본 발명은 우수한 기계적 특성과 피삭성을 지닌 구조용 부품의 생산에 이용되는 금속 분말에 관한 것이다. 본 발명은 특히 철-흑연 복합 분말, 이의 제조공정 그리고 이로부터 분말야금 제조기술을 이용하여 부품들을 형성하는 공정에 관한 것이다.

### 배경기술

종래에는, 금속 부품은 액상 금속을 주조하거나, 하나의 고형물을 하나의 특정 형상이나 형태로 성형 또는 기계가공함으로써 제작될 수 있었다. 가단 철은 우수한 피삭성, 인성, 연성, 내식성, 경도, 자기적 특성 및 균질성으로 인해 금속 부품 제작용으로 특히 유용한 재료이다. 이러한 특성들은 하나의 제1철 매트릭스(ferrous matrix)에 매입(埋入)되어 있는 탄소 클러스터(clusters)들을 포함하는 철의 금속학적 마이크로구조에서 발생한다. 그러나 가단철(malleable iron)은 주철의 하나이다.

삭제

값싸고 가벼운 기계 부품에 대한 점증하는 수요로 인해, 분말 야금(P/M) 제조 기술이 종래의 제조 관행을 대치해가고 있다. 분말 야금에서는, 금속 분말 원료를 프레스 성형한 다음, 소결을 거치게 될 하나의 압분체(green compact)로 프레스 성형한다. 소결된 몸체는 다시 압인가공, 단조, 열처리 및 때때로, 절삭 또는 기계가공 처리를 거쳐 최종 금속제품을 생성할 수 있다. 예를 들어, 미국 특허번호 제5,628,045호에서는 하나의 오스테나이트 및/또는 베이나이트 매트릭스를 갖는 소결 부품들을 소결물에 대한 선택적인 냉각(추가적인 열처리)에 의해 소결 부품을 형성하는 공정을 게시하고 있다. 따라서, 이 공정에 사용되는 금속 분말 원료는 몇 가지 중요한 특성을 지녀야 한다. 금속 원료는 프레스 성형에 적합해야 하므로, 수용 가능한 경도(hardness)와 압축성(compressability)을 지녀야 한다. 분말의 경도는 분말의 압축성에 직접적인 영향을 미친다 - 경도가 낮으면 압축성이 우수하다. 또, 금속 원료로부터 제조된 고형 금속 제품은 유용하게는, 기계적 강도, 인성 및 피삭성을 지녀야 한다. 그래서, 이들 제품을 제조하는데 사용되는 금속 원료는 양호한 열처리 특성, 즉 양호한 소결성과 경화성을 지녀야 한다.

몇 명의 연구자가 분말 야금 제조에 유용하고, 높은 흑연 함량과 가단 철의 마이크로구조를 지닌 소결품을 제공할 수 있는 분말을 제조하고자 하였다. 예를 들면, Yang(1998년 6월 1일, 분말 야금학 및 입자 재료에 관한 국제회의에서 발표)은 붕소와 유황을 함유하는 분말야금 제1철 합금으로 구성된 하나의 압분체의 흑연화에 의해 제조된 소결강을 게시하였다. 이 소결강은 하나의 페라이트성 매트릭스(ferritic matrix)를 지니고 있었으며, 여기서 흑연은 소결물의 기공들(pores)안에 침전(precipitate)되었다. 생성된 그 흑연의 형상이 흑연이 침전되어 있던 기공들의 형상에 따르기 때문에, 이 흑연은 이른바 자유형(free-form) 흑연이었다.

삭제

Uenosono(1997년 6월 29일-7월 2일, 일리노이주, 시카고에서 있었던 분말 야금학 및 입자 재료들에 관한 국제회에서 발표)는 Yang의 경우와 유사하게 붕소 및 유황을 함유하며 기공 사이트(site)에 증착된 흑연을 가지는 하나의 소결강을 게시하였다.

Shivanath(미국 특허번호 제5,656,787호)는 하나의 탄소/철 혼합물을 사용한 소결물들의 형성법을 게시하였다. 이 경우에, 혼합물은 비교적 큰 합금철(ferro alloy) 입자들에 의해 형성된 공극 내에 분산되는 비교적 작은 탄소 입자들로 구성된다.

Overcoglu(1998. 국제 분말 야금학 학술지)는 철-탄소 분말 복합 합금을 형성하기 위한 철 분말과 흑연분말의 마멸식 밀링(attrition milling)을 게시하였다. 철-흑연 분말 혼합물을 장기간 동안 밀링하면 흑연이 점차적으로 사라지게 된다. 20시간 동안 밀링한 후 얻은 분말의 X-선 회절 스펙트럼을 통해 분말 입자들이 α-Fe만을 함유한다는 것을 알 수 있었다.

그러나, 이들 방법은 금속학적 마이크로구조나 가단 철의 바람직한 특성을 지닌 분말야금학적 분말을 생성할 수 없다. 더욱이, 이러한 방법들은 그러한 분말을 양산할 효율적인 제조법이 되지 못한다. 따라서, 가단 철의 장점을 제공하고 분말 야금 제조 기술 사용하여 소결물을 생성하는데 이용될 수 있는 철-흑연 복합 분말을 제공하는 것이 바람직하다.

## 발명의 상세한 설명

본 발명은 하나의 제1철 매트릭스에서 탄소 클러스터를 포함하는 마이크로구조를 지닌 신규한 철-흑연 복합 분말에 관한 것이다. 본 발명의 또 다른 실시예는 다음 단계:

(a) 액상 철을 미립화(atomize)하여 미립화된 철 분말을 형성하는 단계;

(b) 미립화된 철 분말을 하나의 제 1 단계 흑연화 온도로 가열하는 단계; 및

(c) 상기 분말의 제 1 단계 흑연화 온도로부터 제 2 단계 흑연화 온도로 냉각시키는 단계를 포함하는 이러한 철-흑연 복합 분말의 제조 공정에 관한 것이다.

본 발명은 또한 본 발명의 철-흑연 복합 분말을 소결하는 공정에 의해 제조되는 소결물에 관한 것이다. 또 다른 실시예에서, 본 발명은 본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말로부터 생성되고, 소결후 처리를 받는 소결물에 관한 것이다.

본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말은 하나의 제1철 매트릭스에 탄소 클러스터들이 포함되는 마이크로구조를 지닌 철-흑연 복합 분말 입자들로 구성되며, 이 경우, 동 탄소 클러스터들이 입자의 표면에 국소화되거나 입자에 매입될 수 있다. 본 발명의 하나의 바람직한 실시예에서, 철-흑연 복합 분말은 하나의 제1철 매트릭스에 매입되는 탄소 클러스터들로 형성된 하나의 마이크로구조를 지닌 복합 분말 입자들을 포함하고 있다.

복합 분말 입자들에 존재하는 탄소 클러스터들의 최소 30%가 제1철 매트릭스에 매입되는 것이 유용하다. 즉, 복합 분말 입자들에 존재하는 탄소 클러스터들의 70% 또는 그 미만은 그 입자들의 표면에 위치해 있으면 된다. 바람직한 형태는 탄소 클러스터들의 최소 50%가 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는 것이다. 탄소 클러스터들의 최소 60%가 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는 것이 더 바람직하고, 탄소 클러스터들의 최소 70%가 제1철 매트릭스에 완전하게 매입되는 것이 가장 바람직하다. 복합 분말의 제1철 매트릭스는 페라이트, 펄라이트, 오스페라이트(ausferrite), 베이나이트(bainite), 마르텐사이트(martensite), 오스테나이트(austenite), 유리 시멘타이트(free cementite), 소려(tempered) 마르텐사이트 또는 이들의 혼합물로 구성될 수 있다. 본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말이 실질적으로 페라이트성인 매트릭스(최소 60%의 페라이트)에 매입되는 탄소 클러스터들을 포함하는 하나의 마이크로구조를 지니는 것이 바람직하다. 본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말이 페라이트성과 펄라이트성의 혼합 매트릭스(최소 80%의 페라이트)에 매입되는 탄소 클러스터들로 이루어지는 마이크로구조를 지니는 것이 더 바람직하다. 본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말이 완전히 페라이트성의 매트릭스에 매입되는 탄소 클러스터를 포함하는 마이크로구조를 지니는 것이 가장 바람직하다. 따라서, 본 발명의 선택적인 여러 실시예에서는 철-흑연 복합 분말이 가단철의 금속학적 마이크로구조를 지닌다. 즉, 이 철-흑연 복합 분말은 가단철을 소형화한 한 형태이다.

본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말은 약 2 중량%에서 약 4.5 중량%의 탄소와 약 0.05 중량%에서 약 2.5 중량%의 실리콘으로 구성되는 철-탄소-실리콘 합금이다.

상기 복합 분말이 약 3중량%에서 4중량%의 탄소와 약 0.1중량%에서 2중량%의 실리콘으로 이루어지는 것이 바람직하다. 선택적인 실시예의 경우, 상기 복합 분말이 약 3중량%에서 4중량%의 탄소와 약 0.3중량%에서 약 2중량%의 실리콘을 포함한다. 제1철 매트릭스에 매입되는 탄소 클러스터들을 포함하는 마이크로구조를 지니는, 본 발명에 따른 전형적인 철-흑연 복합 분말의 경우, 약 3.2%에서 약 3.7%의 탄소와 약 0.8중량%에서 약 1.3중량%의 실리콘을 포함하고 있다. 본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말들이 약 3.5중량%에서 약 3.7중량%의 탄소와 약 0.8중량%에서 약 1.0중량%의 실리콘으로 이루어지며, 제1철 매트릭스에 매입되는 탄소 클러스터들을 포함하는 것이 더 바람직하다. 본 발명에 따른 복합 철분말 및/또는 그 결과 생성되는 소결물에는 본 기술분야에서 통상적으로 사용되는, 최소한 하나의 다른 합금 원소가 포함되어 있어

도 된다. 반드시 이에 한정되는 것은 아니지만, 전형적인 합금 원소에 포함되는 것으로는 망간, 니켈, 몰리브덴, 동, 크롬, 붕소, 인 또는 이들의 혼합물이 있다. 본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말은 미립화되기 전에 액상 철(liquid iron) 내에 최소한 하나의 복합 합금분말이 존재하는 하나의 복합 합금 분말이어도 된다.

기본적인 형태인 최소한 하나의 합금 원소, 또는 최소한 하나의 합금이나 하나의 액상 철과 함께 그 합금 원소들 중의 최소한 하나를 함유하는 화합물을 용해함으로서 본 발명에 유용한 하나의 액상 철 합금을 제조할 수 있다. 대안적으로, 본 발명의 철-흑연 복합 분말이 복합 분말 혼합물이어도 되며, 여기서, 원소 형태인 최소한 하나의 합금 원소 또는 최소한 하나의 합금이나 합금 원소들 중 최소한 하나를 함유하는 화합물이 흑연화된 복합 분말과 혼합되어, 복합 분말 혼합물을 형성한다.

기본적인 합금 원소들, 합금 및/또는 액상 철과 합금하거나 철-흑연 분말과 혼합하여 상술된 분말 합금 또는 분말 혼합물을 제공하는데 유용한 화합물들은 본 기술분야에 잘 알려져 있다. 적합한 기본적인 합금 원소(예를 들면, $Cu^0$), 적합한 합금(예로, 인철과 같은 합금철), 또는 본 발명에 따른 분말 합금 및/또는 분말 혼합물을 제공할 수 있는 필요한 합금 원소를 함유하면서 필요한 본질적인 복합물을 지니고 있는 적합한 화합물(예로, 질화 붕소)을 선택하는 것은 당업자게 수행할 수 있는 것으로 간주된다.

본 발명에 따른 복합 철 분말 및/또는 그에 따른 소결물은 약 2% 미만의 망간, 약 4% 미만의 니켈, 약 4% 미만의 몰리브덴, 약 2% 미만의 크롬, 약 0.2% 미만의 붕소, 약 1% 미만의 인 그리고/ 또는 약 3% 미만의 동을 함유하고 있어도 된다. 복합 분말이 동을 함유하는 합금일 경우에, 그 분말에 1% 미만의 동이 함유되어 있는 것이 바람직하고, 복합 분말이 동을 함유하는 혼합물일 경우에, 그 복합 분말 혼합물에 3% 미만의 동이 함유되어 있는 것이 바람직하다. 또 다른 대안으로는, 그 복합 분말 및/또는 소결물에 약 1% 미만의 망간, 약 1.5% 미만의 니켈, 약 1.5% 미만의 몰리브덴, 약 1% 미만의 크롬, 및/또는 약 0.5% 미만의 인을 함유하는 것이다. 본 발명에 있어서의 복합 철 분말과/또는 생성된 소결물에 위에서 열거한 어떤 원소가 함유되어 있어도 되지만, 약 0.7% 미만의 망간 및/또는 약 0.15% 미만의 인을 함유하고 있어도 된다. 또 따른 실시예에서는, 본 발명에 따른 복합 철 분말 및/또는 생성된 소결물에 위에서 열거한 어떤 원소들이 함유되어 있어도 되고, 약 0.1% 미만의 망간이 포함되어 있어도 된다.

제1철 매트릭스에 매입되는 탄소 클러스터를 포함하는 마이크로구조를 지닌, 본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말은 다음 단계:

(a) 액상 철을 미립화하여 미립화된 철 분말을 형성하는 단계;

(b) 미립화된 철 분말을 제 1 단계 흑연화 온도로 가열하는 단계; 및

(c) 상기 분말을 상기 제 1 단계 흑연화 온도로부터 제 2 단계 흑연화 온도로 냉각시키는 단계로 이루어지는 공정에 의하여 제조될 수 있다.

본 발명에 따른 공정으로 제조된 철-흑연 복합 분말의 제1철 매트릭스(ferrous matrix)는 페라이트, 펄라이트, 오스페라이트, 베이나이트, 마르텐사이트, 오스텐사이트, 유리 시멘타이트(free cementite), 소려 마르텐사이트나 이들의 혼합물이어도 된다. 이 방법으로 제조된 이 철-흑연 복합 분말이 본질적으로(최소 60%) 페라이트성인 매트릭스(substantially ferritic matrix)에 매입되는 탄소 클러스터를 포함하는 하나의 마이크로 구조를 지니는 것이 바람직하고, 하나의 페라이트성 및 펄라이트성 매트릭스(최소 80%의 페라이트)에 매입되는 탄소 클러스터를 포함하는 하나의 마이크로 구조를 지니는 것이 더 바람직하며, 하나의 완전한 페라이트성인 매트릭스에 매입되는 탄소 클러스터를 포함하는 하나의 마이크로 구조를 지니는 것이 가장 바람직하다.

이 공정의 첫 단계는 액상 철을 미립화하여 철 분말을 생성하는 작업이 포함된다. 유용하게도, 본 발명의 공정은 분말의 각각의 미립화된 입자가 균일한 화학 조성물으로 이루어지는 철 분말을 제공한다. 최소한 탄소와 실리콘을 함유하는 하나의 액상 철 합금을 미립화하면, 분말의 각 입자에는 동일한, 또는 실질적으로 동일한 농도의 탄소와 실리콘이 함유되는 하나의 철 분말이 제공된다. 미립화 공정은 물-미립화(water-atomization)나 가스-미립화(gas-atomization) 기법을 이용해서 실현할 수 있다. 약 300 미크론 미만의 중간 크기 입자를 갖는 불규칙한 형상의 입자, 및 하나의 준안정적인 탄화철과 오스테나이트(종종 마르텐사이트도 포함됨)의 마이크로 구조를 지닌 철 분말을 제공하는데 물-미립화를 이용하는 것이 바람직하다.

이 철 분말 입자들은 하나의 오스테나이트 매트릭스에 있는 준안정적인 탄화철을 포함하는 하나의 마이크로구조를 지니는데, 이는 액상 철이 해당 미립화 공정에서 순간적으로 응고되면서 일어난다. 미립화된 입자들의 마이크로 구조는 화학 조성에 따라 결정된다(그 외의 모든 미립화 파라미터가 고정적일 때). 예를 들면, 탄소 농도가 낮은 철 분말의 미립화된 입자들은 전형적으로 오스테나이트는 많고 괴상의(massive) 탄화물 망 구조는 적은 상태의 마이크로구조를 갖는다. 탄소의 농도가 높은 철 분말은 대량의 탄화물 망 구조 및 보다 적은 수량의 오스테나이트를 갖는 하나의 마이크로구조를 지니는데, 이는 흑연화 처리를 촉진한다.

그 다음에는 이 미립화된 철 분말을 제 1 단계 흑연화 공정과 제 2 단계 흑연화 공정으로 구성되는 흑연화 공정을 거치도록 한다. 이들 공정에서 두 가지의 뚜렷한 변형(transformation)이 일어난다. 제 1 변형은 철 분말에 존재하는 탄화물의 분해와 흑연(탄소 클러스터)의 핵 생성 및 성장이다. 제 2 변형은 분말의 철 구조의 변형과 탄소 클러스터의 점진적인 성장이다.

제 1 단계 흑연화 공정은 탄화물의 분해, 및 과포화된 오스테나이트에 존재하는 과다한 탄소에 의한 탄소 클러스터들의 핵생성과 성장을 위해 탄소가 공급되는 하나의 가열 처리 공정이다. 이 공정은 철 분말을 제 1 단계 흑연화 온도로 가열하는 공정을 포함하는 것으로, 이 온도는 약 900℃ 보다는 높고 해당 분말의 융점보다는 낮다. 철 분말을 1,000℃ 이상의 온도로 가열하는 것이 바람직하다.

이 가열 처리 공정은 두 단계, 즉 탄소클러스터의 핵 생성(국부화)이 일어나는 하나의 가열 단계, 및 탄화물의 분해가 완료되는 하나의 선택적 보존 단계로 구성된다. 이 경우, 가열 단계에서 약 650℃의 온도로부터 약 900℃ 이상까지, 더 바람직하게는 약 1,000℃까지, 가열 속도를 조절하면, 생성된 분말 입자들(예로서, 매입되는 것과 표면에 있는 것)에 있는 탄소 클러스터들의 국소화 상태가 조절된다.

본 발명의 바람직한 실시형태는 철-흑연 분말을 약 650℃로부터 약 900℃ 이상까지 가열하는 것인데, 이 경우 가열 속도를 잘 조절해서 탄소 클러스터들의 최소 30%가 입자들에서 국소화되도록, 즉 복합 분말 입자들에 형성된 탄소 클러스터들의 최소 30%가 제1철 매트릭스에 완전히 매입되도록 하면 된다.

철-흑연 분말을 약 650℃로부터 약 900℃ 이상으로 가열하되, 최소 50%의 탄소 클러스터들이 제1철 매트릭스에 완전히 매입된 상태가 될 수 있는 속도로 가열하는 것이 바람직하고, 최소 60%의 탄소클러스터들이 제1철 매트릭스에 매입될 수 있는 속도로 철-흑연 분말을 약 650℃로부터 약 900℃ 이상까지 가열하는 것이 더 바람직하며, 최소 70%의 탄소클러스터들이 제1철 매트릭스에 매입된 상태가 될 수 있는 속도로 철-흑연 분말을 약 650℃로부터 약 900℃ 이상까지 가열하는 것이 가장 바람직하다.

철 분말의 온도가 약 850℃와 제 1 단계 흑연화 온도 사이의 온도에 도달하고 나면, 철 분말에 존재하는 탄화물이 효과적으로 분해될 수 있는 충분한 시간 동안 그 온도 범위 내에서, 또는 제 1 단계 흑연화 온도에서 분말을 보존해도 된다(보존 단계). 제 1 단계 흑연화 처리 중에 탄화물의 완전한 분해가 이루어질 수 있는 방법으로 철-흑연 분말을 처리하는 것이 바람직하다.

그러나, 탄화물의 잔류분(최대 약 10%)을 함유하고 있는 철-흑연 복합 분말은 본 발명의 범위 내에 포함되는 것으로서, 여기서 언급하는, 충분히 농밀한 (fully dense), 또는 실질적으로 충분히 농밀한(substantially fully dense) 소결물의 제조에 유용하다. 원하는 정도의 탄화물 분해가 성취되면, 철 분말 시료는 제 2 단계 흑연화 공정을 거쳐도 된다.

철-흑연 복합 분말 시료의 화학 조성에 따라서 가열 공정을 조절하고, 철 분말 입자들의 코어에서 탄소 클러스터들의 핵생성(nucleation)이 이루어지는데 충분한 속도로 분말을 약 650℃의 온도로부터 약 900℃ 이상의 제 1 단계 흑연화 온도로, 더 바람직하게는, 약 1000℃ 이상의 온도로 가열할 수 있는 구조를 미립화된 상태의 분말이 지니고 있으며, 분말 내의 탄화물의 완전한 분해가 이루어지는데 충분한 정도의 시간 동안 분말 시료를 약 850℃와 약 900℃(1000℃ 이상이 바람직함)의 사이의 온도에서, 또는 900℃ 이상(1000℃ 이상이 바람직함)의 온도에서 임의로 보존하는 것이 바람직하다.

예를 들어, 약 3.2중량%에서 약 3.7중량%의 탄소와 약 0.8중량%에서 약 1.0중량%의 실리콘, 더 바람직하게는 약 3.5중량%에서 약 3.7중량%의 탄소와 약 0.8중량%에서 약 1.0중량%의 실리콘을 함유하는 하나의 철-흑연 복합 분말을 약 650℃의 온도에서 약 900℃ 이상(1000℃ 이상이 바람직함)으로 약 30℃/분 이상의 속도에서 가열함으로써 분말 입자 코어 안의 탄소 클러스터들의 30% 이상의 침전/핵생성을 성취해도 된다.

즉, 약 30℃/분 이상의 속도로 가열하면, 분말 입자들에 존재하는 탄소 클러스터들의 30% 이상이 제1철 매트릭스에 완전히 매입되는 하나의 철-흑연 복합 분말이 제공된다. 그러한 분말의 경우, 약 30℃/분 미만의 가열 속도를 적용하면 탄소 클러스터들의 70% 이상의 국소화/핵 생성이 분말 입자들의 표면에서 이루어진다. 철 분말 시료가 약 900℃ 이상(1000℃ 이상이 바람직함)의 제 1 단계 흑연화 온도에 도달하고 나면, 철 분말에 있는 탄화물의 분해가 완료되도록 철 분말을 제 1 단계 흑연화 온도에서 약 5분에서 약 16시간 동안 보존해도 된다.

제 2 단계 흑연화는 제 1 단계 흑연화 온도로부터 제 2단계 흑연화 온도로의 제어된 냉각과정(controlled cooling)이 포함되는데, 이 기간에 탄소 클러스터들의 성장을 위한 분말 내의 철의 구조변형과 핵 생성 사이트들로의 탄소 확산(diffusion)이 일어난다. 특히, 본 발명에 따른 제 2 단계 흑연화는 700℃ 이상의 온도로부터(약 800℃ 미만이고, 700℃ 이상이 바람직함) 제 2 단계 흑연화 온도로의 제어된 냉각 공정이 포함된다.

본 발명에 따른 처리 공정의 경우, 탄소 클러스터의 성장을 보장하기 위한 핵 생성 사이트로의 탄소 확산이 이루어지는데 충분한 전반적인 속도로 분말을 적합한 하나의 제 2 단계 흑연화 온도로 냉각시킴으로써, 분말에서의 철 구조의 변형(예를 들면, 오스테나이트로부터 페라이트로, 오스테나이트로부터 펄라이트로, 그리고 펄라이트로부터 페라이트로의 변형으로 이루어지는, 실질적 페라이트 특성의 마이크로구조로의 변형) 분위기가 제공되면서, 제1철 매트릭스에 매입되는 탄소클러스터를 포함하는 하나의 마이크로구조를 지닌 복합 분말을 형성하게 된다.

이렇게 형성된 복합 철 분말은 실온으로, 또는 앞으로의 취급(예를 들어, 소결물, 포장물 등으로의 가공처리)에 적합한 임의의 온도로 냉각시킬 수 있다. 제 2 단계 흑연화 공정의 제어된 냉각은 지속적인 냉각처리(예로서, 분말을 컨베이어벨트에 적재해서 차별화해서 가열한 오븐으로, 또는 위치적으로 서로 접해 있으면서, 순차적으로 낮아지는 온도로 가열되는, 오븐들을 통과시켜서), 또는 분리된 냉각 및 보존 단계로 구성되는 단계별 냉각 공정(예로서, 분말을 단일 오븐에 담고 오븐의 온도를 단계별로 감소시킴으로써 행하는 방법)이 된다. 오븐의 각 부분별 온도 차이, 오븐들 사이의 차이, 또는 한 오븐의 설정 온도 상의 차이 때문에 희망하는 전체적인 냉각 속도보다 빠른 속도로 분말이 일시적으로 냉각될 수 있다.

그러나 도 1에 도시된 바와 같이, 신속한 냉각처리 구간(intervals of rapid cooling) 다음에 냉각처리를 하지 않는 구간(intervals of no cooling)(예를 들면, 철을 선택된 온도에서 보존하는 것)을 혼합한 냉각 처리공정을 이용하여 전체적으로 적합한 냉각 속도를 유지할 수 있다.

예를 들어, 약 3.2중량%에서 약 3.7중량%의 탄소와 약 0.8중량%에서 약 1.3중량%의 실리콘, 더 바람직하게는, 약 3.5중량%에서 약 3.7중량%의 탄소와 약 0.8중량%에서 약 1.0중량%의 실리콘을 함유하는 분말을 700℃ 이상의 온도로부터(더 바람직하게는, 약 800℃ 미만의 온도로부터) 최대 10℃/분의 전체적인 냉각 속도로 제 2 단계 흑연화 온도로 냉각시켜, 분말 입자들에서의 철 구조의 변형, 탄소의 확산 및 탄소 클러스터들의 성장을 실현해도 된다.

그러한 분말의 경우, 약 10℃/분 보다 빠른 속도로 냉각하면 오스테나이트로부터 페라이트로의 변형을 위한 충분한 시간이 제공되지 않는다. 즉, 탄소의 일부가 제1철 매트릭스에 남게 되어, 탄소 클러스터들의 성장은 미완 상태가 된다.

약 600℃ 이상의 온도는 제 2 단계 흑연화 온도에 적합하지만, 상기 온도는 분말 내의 합금 원소의 존재 여부 또는 합금 원소들의 농도에 따라 달라질 수 있다. 제 2 단계 흑연화 온도는 650℃ 이상인 것이 바람직하고, 최소 약 700℃ 인 것이 더 바람직하다. 본 발명에 따른 복합 분말 내에 있는 합금 원소들의 존재 및/또는 농도가 제어되는 냉각 온도(제 2 단계 흑연화 온도)에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 제 2 단계 흑연화 온도로부터 실온으로 냉각된 후에, 그로부터 생성된 복합 분말의 제1철 매트릭스에도 영향을 미칠 수 있다는 것을 당업자들은 인지할 것이다.

예를 들어, 약 3.2중량%에서 약 3.7중량%의 탄소와 약 0.8중량%에서 약 1.3중량%의 실리콘, 더 바람직하게는, 약 3.5중량%에서 약 3.7중량%의 탄소와 약 0.8중량%에서 약 1.0중량%의 실리콘를 함유하는 분말의 경우, 제 2 단계 흑연화 온도는 약 700℃보다 높으며, 전체적인 냉각속도는 최고 약 10℃/분, 더 바람직하게는, 최고 약 4℃/분이다. 본원의 교시를 고려시, 당업자들이 원하는 제1철 매트릭스에 매입되는 탄소 클러스터들을 포함하는 하나의 마이크로구조를 가진 복합 철 분말을 얻기 위해, 철 분말 내의 합금 원소들의 특성 및 농도에 따라 제 2 단계 흑연화 온도를 수정하는 것이 고려된다.

제 2 단계 흑연화 공정은 제 1 단계 흑연화 공정이 끝난 직후에, 또는 추후에 별도의 공정으로 행할 수 있다. 예를 들어, 철 분말의 온도를 약 900℃ 이상의 제 1 단계 흑연화 온도로부터 하나의 제 2단계 흑연화 온도로 바로 감소시키는 것인데, 이 경우, 700℃ 이상의 온도로부터, 더 바람직하게는, 최하 약 800℃의 온도로부터, 제 2 단계 흑연화 온도로의 냉각 속도가 핵 생성 사이트들을 향한 탄소의 확산이 이루어질 만큼 충분해서 탄소 클러스터들의 성장이 보장되면서, 분말 내의 철 구조 변형이 가능해 질 수 있는 형태로 제 2 단계 흑연화 공정의 제어된 냉각을 실현해도 된다.

대안으로는, 철 시료를 재가열하는 방식으로 제 2 단계 흑연화 처리공정을 개별적인 단계로서 실시하는 경우를 들 수 있다. 예를 들면, 철 분말 시료를 먼저 약 900℃ 이상의 제 1 단계 흑연화 온도로 가열했다가, 약 600℃ 미만의 온도로 냉각시키고(예를 들어, 실온), 최소 700℃ 이상으로 재가열한 다음, 제 2단계 흑연화 공정의 제어된 냉각 처리를 거치게 하는 것인데, 이 경우, 700℃ 이상의 온도로부터 제 2 단계 흑연화 온도로의 해당 철 분말의 냉각 속도가 핵 생성 사이트들을 향한 탄소 확산이 이루어질 만큼 충분한 정도여서, 탄소 클러스터들의 성장이 보장되고 분말 내의 철구조 변형이 가능해진다. 바람직하게는, 펄라이트로부터 오스테나이트로의 확실하고 빠른 변형을 보장하기 위해 철 분말을 약 800℃ 이상의 온도로 재가열해도 된다.

따라서, 어떤 제1철 매트릭스에 매입되는 탄소 클러스터를 포함하는 마이크로 구조를 지닌 입자들로 이루어진 철-흑연 복합 분말은 다음 단계:

(a) 미립화된 철 분말을 약 900℃ 이상의 온도로 가열하는 단계; 및

(b) 약 900℃ 이상의 온도로부터 약 600℃ 이상의 온도로 분말을 냉각시키는 단계를 포함하는 지속적 냉각 공정을 이용하여 미립화된 철 분말로부터 제조될 수 있다.

이 공정에서, 분말 입자들의 코어(core) 내의 탄소 클러스터들의 핵 생성이 가능해질 정도의 속도로 약 650℃ 온도 내지 약 900℃ 이상의 온도로 분말을 가열하고, 분말 내 탄화물의 바람직한 분해 정도를 성취하는데 충분한 시간 동안 약 850℃와 약 900℃ 사이의 임의의 온도 또는 약 900℃ 이상의 선택적인 온도에서 보존한다. 그 이후, 이 분말 내의 철 구조 변형을 성취하며 탄소 클러스터들의 성장이 이루어지는데 충분한 속도로, 700℃ 이상의 온도, 더 바람직하게는 약 800℃ 미만(단, 700℃ 이상)의 온도로부터 약 600℃ 이상의 온도로 이 분말을 냉각시킨다.

즉, 분말을 분말 입자들의 코어 내의 탄소 클러스터들의 핵 생성이 가능해질 수 있는 속도로 약 650℃의 온도로부터 약 900℃ 이상의 제 1 단계 흑연화 온도, 더 바람직하게는, 약 1000℃ 이상의 온도까지 가열하고, 분말을 약 850℃와 제 1 단계 흑연화 온도 사이의 온도, 또는 제 1 단계 흑연화 온도 중 선택적인 온도에서 철 분말 내의 바람직한 탄화물 분해 정도가 성취되는데 충분한 시간 동안 보존하며, 분말을 약 900℃ 이상, 더 바람직하게는, 약 1000℃ 이상의 제 1 단계 흑연화 온도로부터 700℃, 더 바람직하게는, 약 800℃ 미만의 온도로 냉각시킨 다음, 700℃ 이상, 더 바람직하게는, 약 800℃ 미만의 온도로부터 약 600℃ 이상의 제 2 단계 흑연화 온도로, 분말 내의 철 구조의 변형이 가능해지고, 핵 생성 사이트들을 향한 탄소의 확산이 가능해져서, 제1철 매트릭스에 매입되는 탄소 클러스터들을 포함하는 마이크로구조를 지닌 하나의 복합 분말이 생성되는데 충분한 속도로 냉각시킨다.

예를 들면, 약 3.2중량%에서 약 3.7중량%의 탄소와 약 0.8중량%에서 약 1.3중량%의 실리콘, 더 바람직하게는, 약 3.5중량%에서 약 3.7중량%의 탄소와 약 0.8중량%에서 약 1.0중량%의 실리콘을 함유하는 분말의 경우, 이 분말을 약 650℃의 온도로부터 약 1000℃ 이상의 온도로 30℃/분 이상의 속도로 가열해서 약 1000℃ 이상의 온도에서 약 5분에서 약 16시간 동안 보존한 다음, 최대 10/분의 속도, 더 바람직하게는, 최대 4℃/분의 속도로, 약 700℃ 이상으로 이 분말을 냉각시키면 제1철 매트릭스에 매입되는 탄소를 포함하는 하나의 마이크로구조를 지니는 복합 분말을 형성하는데 충분하다.

냉각 공정은 다음 단계:

(1) 약 900℃ 이상의 온도로부터 약 600℃ 미만의 온도로 분말을 냉각시키는 단계;

(2) 분말을 약 700℃ 이상의 온도로 재가열시키는 단계; 및

(3) 분말을 약 700℃ 이상의 온도로부터 600℃ 이상의 온도로 냉각시키는 단계를 포함할 수 있다.

분말을 800℃ 이상의 온도로 재가열하고 위에서 설명한 방법으로 최하 700℃의 온도로 냉각시키는 것이 바람직하다.

미립화된 철 분말로부터 철-흑연 복합 분말을 제조하는 방법에 관한 본 발명에 따른 공정의 다른 실시예는 다음 단계:

(a) 미립화된 철 분말을 약 900℃ 이상의 온도로 가열하는 단계;

(b) 약 900℃ 이상의 온도로부터 약 600℃ 이상의 온도로 분말을 냉각시키는 단계를 포함하는 단계별 냉각 및 보존 처리 공정으로 이루어지며, 상기 냉각 단계는 다음:

(i) 약 900℃ 이상의 온도로부터 약 600℃ 이상의 온도로 분말을 냉각시키고 약 600℃ 이상의 온도에서 분말을 보존하는 단계;

(ii) 분말을 약 600℃ 이상의 임의의 온도로부터 약 600℃ 이상의 다른 임의의 온도로 냉각시키고 그 온도에서 분말을 보존하는 단계; 및

(iii) 상기 단계 (ii)를 선택적으로 반복하는 단계로부터 선택된 냉각 및 보존 단계의 조합을 포함한다.

본 발명에 따른 이 실시예의 경우, 분말 입자들의 코어 내의 탄소 클러스터들의 핵 생성이 가능해질 수 있는 충분한 속도로, 약 650℃의 온도로부터 약 900℃ 이상의 온도로 가열하고, 위에서 설명한 방법에 따라 분말 내의 탄화물이 희망하는 정도로 분해되는데 충분한 시간 동안 분말을 약 850℃와 약 900℃ 이상의 온도 사이의 온도, 또는 약 900℃의 온도에서 선택적으로 보존한다. 그 다음에는 분말을 약 900℃ 이상의 온도로부터 약 700℃ 이상의 온도로 냉각시키고, 분말 내의 철 구조 변형이 가능해지며, 탄소 클러스터들의 성장이 가능해질 수 있는 충분한 속도에서, 혼합형 냉각 및 보존처리 단계들을 거쳐 700℃ 이상의 온도로부터 약 600℃ 이상의 온도로 냉각시킨다. 이 냉각 공정은 다음의 단계:

(1) 약 900℃ 이상의 온도로부터 약 600℃ 미만의 온도로 분말을 냉각시키는 단계;

(2) 분말을 약 700℃ 이상으로 재가열시키는 단계;

(3) 약 700℃ 이상의 온도로부터 약 600℃ 이상의 온도로 냉각시키는 단계;

(4) 분말을 약 600℃ 이상의 온도에서 보존하는 단계; 및

(5) 상기 단계 (ii)와 (iii)을 선택적으로 반복하는 단계를 포함할 수 있다.

이 분말을 800℃ 이상의 온도로 재가열하고 700℃ 미만의 온도로 냉각시키는 것이 바람직하다. 단계별 냉각/보존 공정에는 전형적으로 냉각과 보존 단계들을 2회 이상 반복하는 절차가 포함되며, 분말의 온도를 강하시키고, 분말 내의 철 구조 변형과 핵 생성 사이트들을 향한 탄소의 확산이 가능해지는 시간 동안 분말을 강하된 온도에서 보존하는 공정을 특징으로 한다.

실시예 1에서는 냉각/보존 순환과정(cycle)을 3회 반복하는 절차가 포함된 단계별 냉각/보존공정을 설명하고 있는데, 여기서 약 900℃ 이상의 제 1 단계 흑연화 온도로부터 약 600℃ 이상의 제 2 단계 흑연화 온도로의 전체적인 냉각 속도는 2℃/분보다 늦었으며, 약 700℃ 이상의 온도(예를 들면, 700℃)로부터 약 600℃ 이상의 온도(예를 들면, 700℃)로의 전체적인 냉각 속도는 1℃/분보다 늦었다. 이 예에서, 매회 최소 1.25 시간/cycle 동안, 700℃ 이상이 되는 3가지의 강하된 각 온도 수준(예를 들어, 760℃, 730℃ 그리고 700℃)에서 분말을 보존하였다.

본 발명에 따른 공정에서, 철 분말 내의 실리콘 농도를 수정해서, 본 발명에서 얻어진 복합 분말의 마이크로구조를 수정해도 된다. 실리콘은 탄소를 위한 핵 생성 사이트들의 형성을 촉진시킨다. 미립화된 철-흑연 분말 내의 실리콘의 농도가 크면 핵 생성 사이트가 많아져 흑연의 핵 생성이 신속하게 이루어지는 반면, 실리콘의 농도가 낮으면 핵 생성 사이트의 수가 줄어 흑연 핵 생성이 비교적 늦어진다. 가열과 냉각 단계가 진행되는 동안, 실리콘 농도의 이러한 효과가 시간에 걸쳐 생성된 철-흑연 복합 분말의 마이크로구조와 희망하는 마이크로구조를 얻는데 소요되는 총 시간에 영향을 미친다. 그러나, 분말에 약 3.4% 이상의 탄소 농도가 함유되어 있으면 철-흑연 복합 분말의 형성된 마이크로구조에 대한 실리콘의 효과가 감소된다.

높은 농도의 핵 생성 사이트들을 함유하는 철-흑연(높은 실리콘 농도, 예를 들어, 1.0중량% 초과의 실리콘)에서는 오스테나이트에 있는 탄소가 빠르게 탄소 클러스터들로 확산되기 때문에 분말의 철 구조 변형(예를 들어, 오스테나이트로부터 페라이트로의)이 빨리 진행된다. 낮은 농도의 핵 생성 사이트들을 함유하는(낮은 실리콘 농도, 예를 들어, 0.5중량% 미만의 실리콘) 철 분말의 경우에는 오스테나이트로부터 페라이트로의 변형이 매우 느리게 일어나서 비교적 긴 냉각 기간을 필요로 한다.

낮은 농도의 실리콘과 낮은 농도의 탄소를 갖는 미립화된 철 분말의 흑연화는, 탄소 클러스터들을 향한 탄소의 확산에 긴 시간을 필요로하기 때문에(오스테나이트 내에서의 탄소의 긴 확산경로) 오스테나이트로부터 페라이트로의 변형, 그리고 그 다음 페라이트/펄라이트 혼합물로의 변형이 점진적으로 진행되는 결과를 가져온다. 낮은 농도의 실리콘과 높은 농도의

탄소를 함유하는 미립화된 철 분말의 흑연화의 경우, 탄소 클러스터들의 증가된 핵 생성(높은 C 농도)으로 오스테나이트내 탄소의 핵 생성 사이트로의 확산 경로가 짧아지면서 오스테나이트로부터 페라이트/펄라이트 혼합물로의 변형이 더 빨라지는 결과를 가져온다. 따라서, 철-흑연 복합 분말 내의 실리콘 및 탄소의 농도를 수정하고, 냉각 절차가 진행되는 시간의 길이를 수정하면, 본 발명에 따른 공정에 의해 생성된 복합 분말의 마이크로구조에 영향을 미칠 수 있다.

게다가, 공정이 진행되는 분위기(atmosphere)가 또한 본 발명에서 생성되는 복합 분말의 마이크로구조에 영향을 미치는데 이용될 수 있다. 예를 들면, 공정 중의 철-흑연 분말의 탈탄(decarburization)속도를 수정하기 위해 핵 생성이 이루어지는 분위기와 속도를 수정해도 된다. 탈탄은 탄소의 산소와의 반응으로서, 이를 이용하여 탄소 클러스터들의 형성을 위해 이용 가능한 탄소의 양을 감소시킨다.

따라서, 높은 실리콘 및 탄소 농도를 이용하고, 약 650℃에서 약 1000℃ 이상의 범위 내의 온도로 분말을 신속하게 가열하면, 핵심적인 흑연 핵 생성이 촉진되고 철 매트릭스 내의 더 많은 양의 탄소가 분리됨으로써, 산소와의 반응(탈탄)에 이용 가능한 탄소의 양이 줄게 된다.

게다가, 산소가 실질적으로 없는 분위기에서 흑연화 공정을 진행시키면 탈탄이 최소화된다. 실질적으로 산소가 없는 분위기란 약 3.0% 미만의 산소, 더 바람직하게는, 약 1.0% 미만의 산소를 함유하는 경우이다. 실질적으로 산소가 없는 분위기는 아르곤, 질소, 헬륨, 수소 또는 이들의 혼합물의 분위기일 수 있다. 이렇게 실질적인 무산소 분위기가 약 10% 미만의 수소를 함유하고 있는 것이 바람직하다. 대안적으로, 이러한 실질적인 무산소 분위기가 약 30 $mmHg^0$ 미만의 압력을 갖는 진공일 수 있다. 아르곤 또는 질소가 있는 분위기에서 공정을 진행시키는 것이 바람직하다. 질소 분위기에서 공정을 진행시키는 것이 가장 바람직하다.

상이한 분위기에서 흑연화 공정이 수행되어, 상이한 마이크로구조를 지닌 철-흑연 복합 분말이 제공될 수 있다. 예를 들면, 수소는 열전도율이 높다.

따라서, 수소 또는 해리된 암모니아 분위기에서 냉각 처리를 행하면 분말이 빨리 냉각될 수 있다. 냉각 공정의 전체적인 냉각 속도가 매우 빠르면 흑연화가 불완전한 상태의(실질적인 페라이트성 매트릭스에 미달하는, 예를 들어, 60% 미만의 페라이트) 마이크로구조를 갖는 제품이 형성될 수 있다. 입자 표면에 존재하는 흑연의 핵 생성 양은 표면에 존재하는 산화물의 양에 따라 달라진다.

따라서, 제어형 냉각 공정을 수정해서 하나의 실질적인 페라이트성 매트릭스(예를 들면, 60%)로의 분말 구조의 변형과 이 입자들 내에서의 탄소 클러스터들의 성장을 위한 적절한 시간이 제공될 수 있다. 예를 들면, 냉각 또는 냉각/보존 기간을 길게 잡아 약 10℃/min 보다 느린, 또는 원한다면, 약 4℃/min 보다 느린 전체 냉각 속도가 적용되도록 냉각 공정을 수정할 수 있다. 그러한 분위기에 존재하는 수소($H_2$)에 의한 미립화 공정에서 형성된 표면 산화물이 급격하게 감소하면, 흑연의 핵 생성이 입자들 내에서가 아니라, 입자들의 표면에서 발생되는(비교 실시예 1) 마이크로구조를 발생시킬 수 있다. 따라서, 이 공정은 약 10%의 미만의 수소를 함유하며 실질적으로 무산소인 분위기에서 진행된다.

본원의 교시를 고려할 때, 당업자가 일상적인 실험을 통해 철 분말의 구성, 분말의 가열 목표 온도, 분말의 가열속도, 분말의 보존 시간(보존 단계에서의)을 조절하여 희망하는 수준의 탄화물 분해를 성취하고, 제1철 매트릭스에 매입되는 탄소 클러스터들을 포함하는 하나의 마이크로구조를 지닌 철-흑연 복합 분말을 제공하기 위한 냉각의 속도와 방법을 찾을 수 있을 것으로 간주된다.

철-흑연 복합 분말 시료의 마이크로구조는 생성된 시료를, 예를 들어 동 분말을 적절한 매개물에 장착해 놓고 연마해서 현미경을 이용하여 입자의 구조를 육안으로 조사하는, 등의 종래의 기법을 이용해서 판단할 수 있을 것이다.

이렇게 형성되고, 가단 철의 금속학적 마이크로구조를 지닌 철-흑연 분말은 소결물, 즉, 우수한 피삭성, 경도 및 인성을 지닌 금속 부품들의 제조용으로 분말 야금 기술에 이용해도 된다. 따라서, 본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말이 약 300 미크론 미만의 중간 입자 입자들을 지니는 것이 분말 야금 공정에 적합하다. 복합 분말이 하나의 복합 분말 혼합물일 경우에, 이 혼합 성분들(기본적인 합금 원소들, 위에서 설명한 합금 원소들을 함유하는 합금들 또는 화합물들)은 중간 크기가 약 300 미크론 미만의 입자도 지닐 수 있다. 여기서 설명하는 철-흑연 복합 분말은 철-흑연 복합 분말을 프레스 성형해서 압분체를 형성하고, 이 압분체를 소결하는 종래의 방법에 따른 소결을 거쳐도 된다. 이렇게 형성된 소결물은 그 다음의 사후-소결 처리, 예를 들어, 열처리(즉, 소입경화, 템퍼링, 등), 압인가공(coining), 단조(forging) 및 절삭이나 기계가공

(machining)을 거쳐 최종 제품을 생성한다. 이렇게 형성된 제품은 제1철 매트릭스에 매입되는 탄소 클러스터를 포함하는, 가단 철의 금속학적 마이크로구조를 지니는데, 여기서 제1철 매트릭스는 페라이트, 펄라이트, 오스페라이트, 베이나이트, 마르텐사이트, 소려 마르텐사이트(tempered martensite) 또는 이들의 혼합물일 수 있다.

소결물 내의 탄소 클러스터들의 크기는 그 소결물의 제조에 사용되었던 분말 내의 클러스터 크기와 유사하다. 따라서, 가단 주철로부터 제조된 제품의 구조와 비교해서, 본 발명에 따른 방법으로 제조된 소결물은 하나의 제1철 매트릭스 전체에 고르게 확산되어 있는 극소형(miniature) 탄소 클러스터의 구조를 지닌다.

본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말의 융점이 통상적인 철 분말보다 상당히 낮다는 것을 유의할 필요가 있다. 예를 들면, 본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말로서 0.94중량%의 실리콘과 3.29중량%의 탄소를 함유하는 분말의 융점은 약 1150℃-1225℃이다. 이와 대조적으로, 통상적인 철은 용해의 징후 없이 적어도 1400℃의 온도에서 소결을 할 수 있다. 따라서, 본 발명에 따른 철-흑연 분말의 소결처리는 약 1140℃ 이상에서 1200℃ 미만의 비교적 낮은 온도에서 진행할 수 있다. 철-흑연 분말 시료가 분말의 액상선(liquidus) 온도에 근접한 온도에서 소결되면 일부 액상 소결이 일어날 수 있다. 액상 소결이 발생되면 조밀도가 높은 소결물의 형성으로 이어진다. 따라서, 본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말을 사용하여 약 1140℃ 이상에서 약 1200℃ 미만의 온도에서 제조된 물건을 소결하면 충분히 조밀하거나 실질적으로 충분히 조밀한 재료들이 제공될 수 있는 반면에, 약 1140℃ 미만의 온도에서 소결하면 충분히 조밀하지 않은 소결물이 제공된다. 예를 들어, 본 발명에 따른 철-흑연 분말을 사용하여 제조되었으며 약 3.2중량%에서 약 3.7중량%의 탄소와 약 0.8중량%에서 약 1.3중량%의 실리콘을 함유하고 약 1155℃의 온도에서 소결된 하나의 소결체의 금속학적 광학 사진(optical metallography)을 통해 본 소결물에는 실질적으로 기공이 없었다.

본 발명의 또 다른 실시예는 오스템퍼링된 주철의 마이크로구조를 지닌 소결물에 관한 것이다. 높은 농도의 탄소와 실리콘을 함유하는 오스템퍼링된 구상흑연 주철(austempered ductile iron)은 양호한 인장강도 및 피로강도, 연성, 인성, 내마모성 및 피삭성을 지닌다. 오스템퍼링된 주철은 오스페라이트로 구성되는데, 페라이트의 개별 후판(plate)의 이상 구조로 특징 지워지고 탄소가 풍부한 오스테나이트의 적층에 의해 분리된다.

본 발명에 따른 오스템퍼링된 소결물은 소결물을 소결후의 열처리절차를 거치는 공정을 통해 제조된다. 예를 들면, 오스템퍼링된 소결물은 다음 단계:

(a) 소결물을 약 825℃에서 약 950℃ 범위의 온도로 가열시키는 단계;

(b) 소결물을 약 150℃에서 약 450℃ 범위의 온도로 냉각시키는 단계; 및

(c) 소결물을 약 150℃에서 약 450℃ 범위의 온도에서 약 15 내지 60분간 보존하는 단계를 포함하는 공정에 의해 소결물로부터 준비될 수 있다. 이렇게 처리된 물은 그 다음 실온으로 냉각될 수 있다.

유용하게도, 본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말로부터 형성된 소결물이 우수한 피삭성을 지닌다. 종래의 방식에서는, 황화망간(manganese sulfide) 및 질화 붕소(boron nitride) 같은 추가적인 화합물들을 철 분말에 첨가해서 좋은 피삭성을 갖는 소결물로 제조한다.

본 발명에 따른 철-흑연 복합 분말로부터 제조된 소결물은 이러한 첨가된 화합물이 없이 우수한 피삭성을 지닌다. 본 발명에 따른 공정의 결과로, 해당 복합 분말의 탄소 클러스터들은 소결물의 마이크로구조에 유지되고 기계가공이 진행되는 동안 윤활제 작용을 한다.

## 실시예

아래에 보이는 실시예들은 본 발명의 선택적인 특정 실시형태의 한 가지 도해용으로 제시하는 것으로, 본 발명의 어떤 한계를 묵시적으로 뜻하는 것이 아니다.

참조 예 1

0.94% 실리콘과 3.29% 탄소를 함유하는 액상 철을 물-미립화(water-atomization) 처리하여 분말을 제조했다. 물-미립화 처리된 철 분말(iron powder)은 완전히 건조시킨 다음 린드버그(Lindberg) 관형 노(tubular furnace)에서 가열시켰다. 이 노는 세라믹 도가니에 들어 있는 10 내지 15그램의 분말로 구성된 건조하고 미립화된 분말 시료를 투입하기 전에 고순도 아르곤(99.9%)으로 5회 퍼지(purge)했다. 흑연화는 아르곤 분위기에서 한 세트의 철 분말 시료를 1020℃의 온도로 4,

8 또는 16시간 동안 가열함으로써 행해졌다. 이로부터 생성된 흑연화 수준은 통상적인 절차를 이용한 전산 이미지 분석(Computerized Image Analysis)에 의해 결정되었다. 4, 8 및 16시간 동안 가열될 상기 철 시료에 형성된 흑연의 양(volume)은 각기 7.9%, 8.3% 및 10.2% 이었다.

예 1

0.94% 실리콘과 3.29%의 탄소를 함유하는 액상 철을 물-미립화하여 하나의 철 분말을 제조했다. 물-미립화된 철 분말을 그 다음 완전히 건조시켰다. 이 분말의 5개 시료를 진공 분위기(약 30 mm $Hg^0$ 미만) 하에서 1020℃의 온도에서 린드버그 관형 노에서 계속적으로 가열하고, 그 온도에서 3시간 보존한 다음 약 4시간 동안 단계식 공정을 통해 냉각시켰다. 이들 시료는 1020℃로부터 약 760℃로 냉각시켰고, 그 온도에서 약 1.25시간 동안 보존한 다음, 약 700℃로 냉각시키고, 그 온도에서 약 1.5시간 보존하였다. 이들 시료는 그 후 실온으로 냉각되었다. 도 1은 이 예에서 진행한 흑연화의 시간/온도를 도시하고 있으며, 그림 2는 이 흑연화 처리를 통해 얻은 철 분말 시료들 중 하나의 최종 마이크로구조를 도시한다. 분말의 흑연화 정도는 참조 예 1에서 설명한 절차를 이용하여 결정되었다. 5개의 철-흑연 복합 시료들이 지닌 흑연의 평균 양(volume)은 약 10%이었다.

제조된 철-흑연 복합 시료들의 경도는 ATOMET®29 및 ATOMET®1001의 경도(캐나다, 퀘백, 트레이시 금속분말 주식회사로부터 입수 가능)에 대하여 평가되었다. 본 발명의 철 분말인 ATOMET®29 및 ATOMET®1001은 각각, 100, 98 및 83 $VHN_{50gf}$의 경도 값을 가졌다.

예 2

예 1에서 설명한 물-미립화된 철 분말의 시료가 가열 단계를 2시간 동안 진행하고, 단계별 냉각 공정도 약 2시간 동안 진행시켰다는 점을 제외하고는, 예 1의 절차에 따라 처리되었다. 이 시료는 1020℃에서 약 760℃로 냉각하고, 그 온도에서 약 0.5시간 보존했으며, 다시 약 730℃로 냉각시키고 그 온도에서 약 0.5시간 보존한 다음, 약 700℃로 냉각하고 그 온도에서 약 1시간 보존하였다. 그 후 이 시료를 실온으로 냉각시켰다. 도 3에 도시된 바와 같이, 흑연화 공정에 의해 얻어진 철 분말 시료의 마이크로구조는 탄소 클러스터로서, 약 80%의 페라이트, 약 10%의 펄라이트 및 약 10%의 흑연을 포함하는 하나의 페라이트/펄라이트 매트릭스였다.

예 3

1.33%의 실리콘과 3.32%의 탄소를 함유하는 액상 철의 물-미립화에 의해 철 분말을 생성했다. 이 물-미립화된 철 분말을 완전히 건조시킨 다음, 진공 분위기(약 30 mm $Hg^0$ 미만)에서 린드버그 관형 노에서 1020℃의 온도로 가열하고, 그 온도에서 0.25시간 보존한 다음, 약 1시간 동안 단계별 공정을 통해 냉각시켰다. 이 시료를 1020℃에서 약 760℃로 냉각시켜 그 온도에서 약 0.5시간 보존한 다음, 약 700℃로 냉각시켜 약 0.5시간 그 온도에서 보존하였다. 그 후 이 시료는 실온으로 냉각시켰다. 이 흑연화 공정에 의해 얻어진 철 분말 시료의 마이크로구조는 매입된 탄소 클러스터들을 함유하고 있는 완전한 제1철 매트릭스였다.

예 4

1.33%의 실리콘과 3.32%의 탄소를 함유하는 액상 철의 물-미립화에 의해 철 분말을 생성했다. 이 물-미립화된 철 분말을 완전히 건조시키고, 질소 분위기의 린드버그 관형 노에서 1020℃의 온도에서 가열하고, 그 온도에서 0.25시간 동안 보존한 다음, 약 1.25시간 동안 단계별 처리절차를 거쳐 냉각시켰다. 이 시료를 1020℃에서 약 760℃로 냉각시켜 그 온도에서 약 0.25시간 동안 보존하고, 약 740℃로 냉각시켜 그 온도에서 약 0.25시간 보존하고, 약 720℃로 냉각시키고 그 온도에서 약 0.25시간 보존한 다음, 약 700℃로 냉각시켜 그 온도에서 약 0.25시간 보존하였다. 이 시료는 그 후 실온으로 냉각시켰다. 이 흑연화 공정에 의해 얻어진 철 분말 시료는 매입된 탄소 클러스터를 함유하는, 완전한 제1철 매트릭스를 포함하는 마이크로구조를 지녔다.

예 5

실시예 1의 절차에 따라 하나의 철-흑연 복합물을 110,200 psi에서 압축하고 그 압축물을 약 1155℃에서 소결하여 하나의 표준형 횡단 파열(a standard transverse rupture) 시험편(specimen)을 제작했다. 0.9 wt%의 흑연과 혼합한,

ATOMET®29라는 비교 표준 횡단 파열 시험편을 같은 방법으로 제조했다. ASTM B-528-839에 따라 실시한 시험에서 이 철-흑연 분말 시험편은 154,553 (1b/$in^2$)의 소결 횡단 파열 강도(sintered traverse rupture strength)를 보였던 반면, ATOMET®29 (+ 0.9% 흑연) 시험편은 119,809 (1b/$in^2$)의 소결 횡단 파열 강도를 보였다.

비교 예 1

1.33%의 실리콘과 3.32%의 탄소를 함유하는 액상 철의 물-미립화에 의해 하나의 철 분말을 생성했다. 이 물-미립화된 철 분말을 완전히 건조시켜, 해리된 암모니아(dissociated ammonia)(75% $H_2$/ 25% $N_2$) 분위기의 린드버그 관형 노에서 1020℃의 온도로 가열시켜 그 온도에서 0.25시간 보존한 다음, 약 1.66시간 동안 단계별 절차를 거쳐 냉각시켰다. 이 시료는 1020℃로부터 약 760℃로 냉각시켰고, 그 온도에서 약 0.5시간 보존하고, 약 740℃로 냉각시켜 그 온도에서 약 0.33 시간 보존했으며, 다시 약 720℃로 냉각시키고 그 온도에서 약 0.33 시간 보존하고, 다시 약 700℃로 냉각하여 그 온도에서 약 0.5시간 보존하였다. 이 시료를 그 후 실온으로 냉각시켰다. 도 4에 도시된 바와 같이, 흑연화 공정에 의해 얻어진 철 분말 시료의 마이크로구조는 대부분이 그 분말 입자들의 표면에 위치해 있는 탄소 클러스터들이 함유된 하나의 페라이트/펄라이트 매트릭스였다.

## 산업상 이용 가능성

본 기술분야에 정통한 당업자들은 일상적인 경험을 통해 알 수 있겠지만, 기타의 변형이나 수정도 본 발명의 범위에 속한다. 다음의 청구 범위에서 규정하고 있는 내용을 제외하고는 본 발명에 적용되는 한계는 없다.

상기에 설명한 바와 같이, 본 발명은 철-흑연 복합 분말 및 이로부터 제조된 소결물로서 우수한 기계적 특성과 피삭성을 지닌 구조용 부품에 이용하는 금속분말이다.

특히, 우수한 피삭성, 경도 및 인성을 지닌 금속 부품 생산에 이용할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제1 실시예에서 사용된 흑연화 공정의 시간/온도에 관한 개요를 그래프로 도시하고 있다.

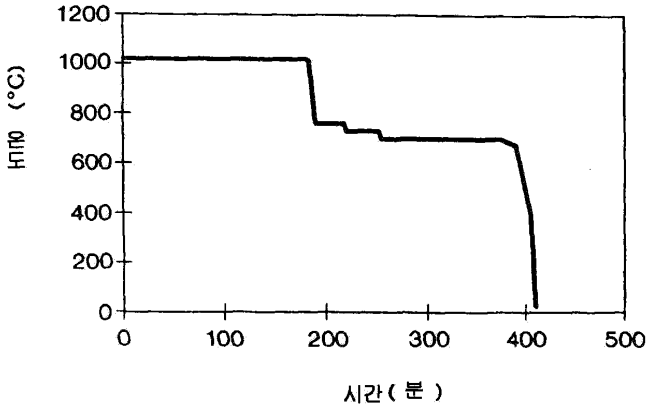
도 2는, 진공상태에서 행한 흑연화 공정으로 얻은 약 10%의 흑연을 함유하고있는 철 분말 시료인 페라이트의 마이크로구조를 도시하는 현미경 사진이다.

도 3은, 약 80%의 페라이트(ferrite), 10%의 흑연 그리고 10%의 펄라이트(pearlite)로 구성되는 하나의 철 분말의 마이크로구조를 도시하는 현미경 사진이다.

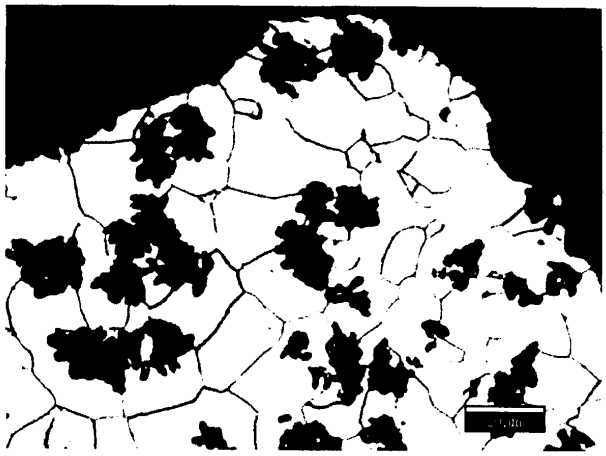
도 4는, 분말 입자들의 표면에 대부분 존재하고 있는 탄소 클러스터들을 함유하고 있는 해리된(dissociated) 암모니아 ($N_2$/$H_2$) 분위기에서 행한 불완전 형태의 흑연화 공정으로 얻어진 하나의 철 분말 시료의 마이크로구조를 도시하는 현미경 사진이다.

도면

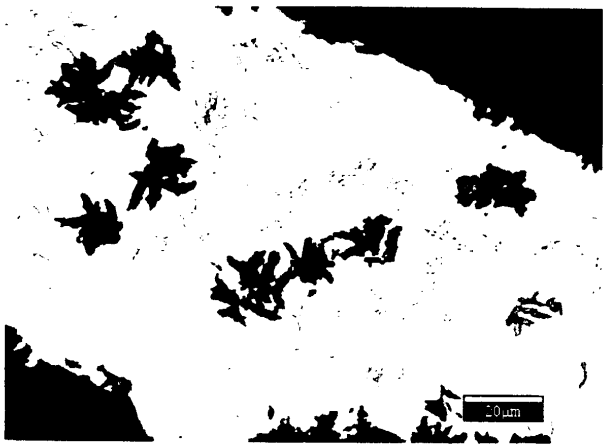
도면1




도면2



도면3



도면4

