

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶

B22F 1/00

(45) 공고일자 2000년03월02일

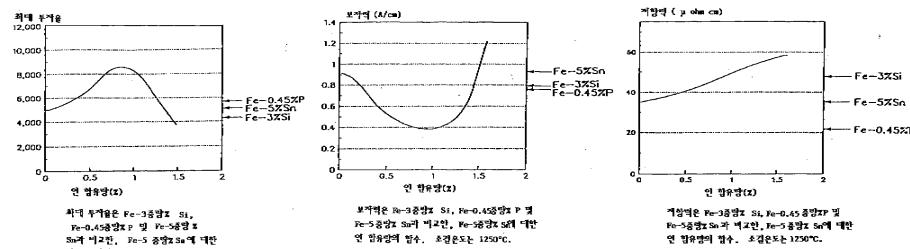
(11) 등록번호 10-0245510

(24) 등록일자 1999년11월30일

(21) 출원번호	10-1994-0700579	(65) 공개번호	특 1994-0702108
(22) 출원일자	1994년02월25일	(43) 공개일자	1994년07월28일
(86) 국제출원번호	PCT/SE 92/00587	(87) 국제공개번호	WO 93/03874
(86) 국제출원일자	1992년08월26일	(87) 국제공개일자	1993년03월04일
(81) 지정국	EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 리히텐슈타인 사이프러스 독일 덴마크 스페인 핀란드 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투칼 스웨덴 국내특허 : 브라질 캐나다 일본 대한민국 미국		
(30) 우선권주장	9102442-2 1991년08월26일 스웨덴(SE)		
(73) 특허권자	회가내스 아베 클래스 린트크비스트 스웨덴 에스-263 83 회가내스 회가내스 아베 스웨덴 에스-263 83 회가내스 회가내스 아베 스웨덴 에스-263 83 회가내스	에스-아 헤닝손 스텐-아게 크피스트	
(72) 발명자	얀손 스웨덴왕국 에스-260 40비肯 린그배겐 36 파트리시아 스웨덴왕국 에스-260 40비肯 린그배겐 36		
(74) 대리인	남상선		

심사관 : 손병철**(54) 연자성을 갖는 철 기초 분말합금****요약**

본 발명은 실질적으로 비합금화된 철분말에 추가하여 주석, 인, 임의의 윤활제 및 1.0 중량 퍼센트를 넘지 않는 불순물을 포함하는 철-기초 분말성분에 관한 것이다. 이 성분에 있어서, 주석과 인은 주석-인 합금으로서 분말형태로 존재하거나, 또는 주석은 금속분말의 형태로 존재하고 인은 폐로포스포러스 (ferrrophosphorous) 분말의 형태로 존재하며 전체의 철-기초 분말성분을 기초로 할 때 주석함유량은 적어도 4.5 중량 퍼센트가 되고 주석과 인을 포함하는 개별적인 입자들은 비합금화된 분말내의 입자들로부터 실질적으로 분리된 입자들로서 존재한다. 마지막으로, 이와는 다르게 주석과 인은 주석-인 합금으로서 분말 형태로 존재하고, 주석이 금속분말로서 또한 존재할 수 있다. 이 성분은 또한 폐로포스포러스 분말로서 인(P)을 또한 임의로 포함할 것이다.

대표도**명세서**

[발명의 명칭]

연자성을 갖는 철 기초 분말 합금

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 연자성 및 저 맴돌이 전류 손실의 견지에서 절실히 요구되는 부품들의 제조를 위한, 주석과 인 함유의 철-기초 분말 합금에 관한 것이다.

종래의 기술과 비교하여 볼 때, 부품들의 분말-야금학적 제조를 통해서 얻는 주요한 장점들 중 하나는 높

은 치수 정확도로 부품들을 제조할 수 있다는 것이다. 그러한 제조에 있어서, 철-기초 분말은 가루형태의 합금물질 및 윤활제와 혼합된다. 합금물질들은 최종 제품에 바람직한 성질을 주도록 첨가되는 반면에, 윤활제는 분말 혼합물을 압분할 때 공구마모를 줄이도록 첨가된다. 분말 혼합물에 바람직한 형상을 부여하기 위한 압분후에는 소결이 이루어진다.

연자성을 위한 부품들의 분말-야금학적 제조는 현재, 주로 압분 및 1150°C 이상의 고온소결에 의해서 이루어진다. 연자성(soft magnetic properties)은 소결온도가 높아질 때 개선되는 것으로 알려져 있기 때문에, 고온소결이 바람직하다. 입자성장 뿐만 아니라, 합금물질들의 보다 균일한 분포 및 고밀도와 같은 요소들은 저온에서 소결된 재료들과 비교하여 볼 때, 이러한 재료들의 연자성을 향상시킨다.

연자성을 위한 철-기초 분말은 교류를 이용한 장치에 있어서의 맴돌이 손실을 감소시키기 위해서, 저항력을 증가시키고 연자성을 향상시키도록 규소(Si)를 추가하여 제조된다. 규소 합금 재료들의 분말 야금학적 제조는 규소가 산화되지만, 철내로 용융되지 않기 때문에 고온소결이 필수적이다. 그러나, 고온소결은 소결 도중에 상당한 수축을 가져오며, 이것은 합금들에 대한 치수 정확도를 유지시키는 것을 어렵게 한다.

연자성을 위한 합금들은 철-기초 재료들에 인을 추가함으로써 분말-야금학적으로 제조될 수 있다. 인을 추가하게 되면 순수한 철에 비해서 연자성이 향상되며, 교류를 이용한 장치에서의 맴돌이 손실을 감소시키는 정도까지 저항력이 개선된다. 또한, 온도가 최대로 약 1150°C까지 증가되는 벨트로에서 합금들이 소결될 수 있으므로 처리기술이 단순하다. 한편으로, 인합금 재료들은 벨트로(belt furnace)에서의 소결 및 고온(1150°C 이상)에서의 소결 후에, 현재의 규소 합금 재료보다 상당히 낮은 저항력을 갖는다.

그러므로, 본 발명의 목적은 압분 및 소결후에 다음의 특성을 나타내는 철-기초 분말합금을 제공하는 것이다:

- 종래의 철-기초 분말 야금학적 재료에 비해서 개선된 연자성, 및
- 저 맴돌이 전류 손실을 가져오는 고저항력.

더욱이, 이러한 분말합금은 압분 및 소결후에 다음 특성을 나타낸다:

- 최대온도가 약 1150°C인 벨트로에서 소결이 수행되는 경우에 종래의 철-기초 분말 야금학적 재료들의 고온소결을 통해서 얻어지는 성질과 유사한 성질, 및
- 작은 치수변화.

본 발명에 따르면, 실질적으로 비합금화된 철 분말에 추가하여 주석, 인, 선택적으로 윤활제 및 1.0중량%를 넘지 않는 불순물을 포함하는 철-기초분말에 의해서, 바람직한 성질이 얻어질 수 있다.

여기에서, (a) 주석과 인은 주석-인 합금으로서 분말의 형태로 존재하거나, 또는 (b) 주석은 금속분말의 형태로 존재하고, 인은 Fe₃P인 페로포스포러스(ferrophosphorous) 분말의 형태로 존재하며, 주석 함유량은 전체의 철-기초 분말합금을 기초로 할 때 적어도 4.5중량%가 되고, 주석과 인을 포함하는 개별적인 입자들은 비합금화된 철 분말내의 입자들로부터 실질적으로 분리된 입자들로서 존재하거나, 또는 (c) 주석과 인은 주석-인 합금으로서 분말형태로 존재하고, 주석이 금속분말로서 추가로 존재하며, 인은 페로포스포러스 분말 Fe₃P로서 또한존재한다.

상기의 (a)와 (c)에 따른 분말합금에 있어서, 주석 함유량은 1.0 내지 15.0중량% 범위이며, 인 함유량은 0.2 내지 1.5중량% 범위이다. 바람직하게도, 합금의 전체 중량을 기초로 할 때, 주석 함유량은 2.0 내지 12.0중량%범위이고, 인 함유량은 0.3 내지 1.2중량%범위이다. 불순물의 함유량은 0.5중량%를 넘지 않는다.

상기의 (b)에 있어서, 주석 함유량은 철-기초 분말합금의 전체 중량을 기초로 할 때, 4.5 내지 15중량% 범위이고, 바람직하게는 5 내지 8중량% 범위이다.

분말합금내에 필요한 주석 및 인 함유량을 얻기 위해서, 주석과 인이 주석과 인을 포함하는 주석-인 합금 분말로서 추가되는데, 이때의 추가 비율은 소결합금내에서 바람직한 합금 함유량이 얻어지는 정도이다.

바람직하게도, 입자크기 분포는 주석-인 합금의 입자들의 주요부분이 150μm 이하의 크기를 갖는 정도로 이루어진다. 또한, 주석이 금속분말로서 추가될 때, 적당한 입자크기 분포는 입자들의 주요부분이 150μm 이하의 크기를 갖는 정도로 이루어진다. 반면에, 인은 12 내지 17중량%의 인 함유량을 갖는 페로포스포러스 분말로서 추가되며, 인의 입자크기 분포는 입자들의주요부분에 20μm 이하의 크기를 갖는 정도이다. 또한, 필요한 주석 및 인함유량은 표시된 입자크기를 갖는 주석-인 함유분말 및 주석과 인 또는 이들중 어느 하나를 첨가함으로써, 분말합금내에서 조정될 수 있다. 이 경우에 있어서, 표시된 입자크기를 갖는 페로포스포러스, 금속성 주석분말 및 주석-인 합금이 또한 추가된다.

예를 들어 JP 48-102008에 개시된 바와 같이, 주석은 압분되고 소결된 철기초 분말재료에 포함될 것이다. 이 철-기초분말 재료는 인을 또한 선택적으로 포함할 것이다. 이때, 인은 Fe₃P의 형태로는 포함되지 않는다.

유럽 특허 공개 제 151,185호에는 압분 및 소결후에 산화분말로서 주석을 추가하여 종래의 재료보다 개선된 재료를 만드는 것이 개시되어 있다. 이에 따르면, Fe₃P의 형태인 인을 첨가할 때 이 재료의 성질이 어느 정도 개선되었다. 그러나, 금속성 주석의 순수분말과 함께 Fe₃P를 추가하면, Fe₃P를 추가하지 않은 경우에 비해서, 압분 및 소결된 철-기초 분말재료들의 연자성 및 저항력의 전체적인 개선이 이루어지지 않는다. 저항력은 어느 정도 개선되지만, 투자율이 줄어든다. 이러한 결과는 금속 주석분말과 페로포스포러스를 비합금화된 철분말에 첨가하고 합금에 존재하는 주석 함유량이 전체의 철-기초 분말합금을 기초로 할 때 4.5중량% 이상이 되는 본 발명에 따라 얻어진 결과와 일치하지 않는다.

본 발명에 따르면, 주석과 인을 주석-인 합금으로서 분말형태로 철-기초 분말합금에 첨가하는 경우, 순수 주석분말을 첨가할 때에 비해서 연자성 및 저항력이 매우 개선되며, 인장강도와 같은 기계적인 성질들이

명백하게 개선됨을 알 수 있다. 그러므로, 압분되고 소결된 합금에서 개선된 성질을 달성하기 위하여 선택적인 인과 함께 유럽 특허 공개 제 151,185호에 개시된 형식의 화합물의 형태로 주석을 첨가할 필요가 없다. 또한, 유럽 특허공개 제 151,185호에 따른 발명은 재료가 추가의 어닐링 처리를 거쳐야 하기 때문에, 본 발명에 따른 조건에 비해서 훨씬 복잡한 처리기술을 요한다.

본 발명은 다음의 실시예들을 통해서 보다 상세하게 설명될 것이다.

[제1실시예]

각기 다른 5개의 주석-인 합금분말을 적은 양의 불순물을 함유하고 있는 철분말에 가변적인 주석/인 비율로 첨가하여 5개의 철-기초 분말합금(A,B,C,D,E)을 제조하였다.

다음의 참조 재료들은 연자성을 이용하는 분야에 일반적으로 사용되는 2개의 공지된 철 기초 분말-야금학적 재료들이다. 즉, 철 - 3중량% 규소, 철- 0.45 중량%인 및 철 - 5중량% 주석재료이다. 이들의 정상적인 화학적 성분들은 다음의 표 1로 표시된다.

[표 1]

시험될 재료들의 정상적인 화학적 성분(%)

재료	주석	인	규소	철
A	5.0	0.45	-	잔여량
B	5.0	0.60	-	잔여량
C	5.0	0.80	-	잔여량
D	5.0	1.20	-	잔여량
E	5.0	1.60	-	잔여량
참조재료 1	-	-	3.0	잔여량
참조재료 2	-	0.45	-	잔여량
참조재료 3	5.0	-	-	잔여량

이 분말들은 윤활제인 0.6%의 케놀루브(Kenolube)와 혼합되고 이렇게 혼합된 시편은 600MPa의 압력에서 압분된다. 다음에는 환원성 분위기(수소가스)에서 1250°C의 온도로 30분 동안 소결이 수행된다. 참조재료들은 60분 동안 소결된다.

소결후에는 제1a도, 제1b도 및 제1c도에 도시된 바와 같이 투자율, 보자력 및 저항력이 측정된다. 이를 도면을 통해서 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 소정의 함유량 범위인 0.2 내지 1.5중량% 인(p)의 범위 내에서 상기의 투자율, 보자력 및 저항력의 조화로운 개선이 이루어진다. 상한치 1.5중량% 인 이상은 공지된 참조재료들에 비하여, 감소된 투자율 및 보자력을 나타낸다. 고저항력의 이점은 빈약한 연자성(낮은 투자율, 높은 보자력)을 더 이상 보상하지 못한다. 하한치 0.2중량%인 이하는 투자율, 보자력 및 저항력의 감소로서 나타난다. 즉, 이들 성분들의 조합은 인의 함유량이 0.2중량% 이하일 때, 공지된 기술보다 우수한 것으로 고려될 수 없다. 0.3내지 1.2중량%의 바람직한 인 함유량 범위에 있어서, 참조재료인 철 - 3중량% 규소, 철 - 0.45중량% 인 및 철 - 5중량% 주석에 비해서, 본 발명에 따른 재료의 투자율은 높고 본자력은 낮다. 본 발명에 따른 재료의 저항력은 철 - 3중량% 규소와 비슷한 반면에, 철 - 0.45중량% 인 및 철 - 5중량% 주석보다는 높다. 0.3 내지 1.2중량%의 바람직한 인 함유량 범위에서, 공지된 방법에 비하여 투자율, 보자력 및 저항력의 조화로운 개선이 이루어진다.

[제2실시예]

각기 다른 5개의 주석-인 합금분말을 적은 양의 불순물을 함유하고 있는 철분말에 가변적인 주석/인 비율로 첨가하여 5개의 철-기초 분말합금(F,G,H,I,J)을 제조하였다. 제1실시예에서와 같은 동일한 참조재료들이 사용되었다. 이들의 정상적인 화학적 성분은 다음의 표 2로 나타난다.

[표 2]

시험될 재료들의 정상적인 화학적 성분(%)

재료	주석	인	규소	철
F	2.0	0.45	-	잔여량
G	5.0	0.45	-	잔여량
H	8.0	0.45	-	잔여량
I	10.0	0.45	-	잔여량
J	15.0	0.45	-	잔여량
참조재료 1	-	-	3.0	잔여량
참조재료 2	-	0.45	-	잔여량
참조재료 3	5.0	-	-	잔여량

이들 분말들은 윤활제인 0.6%의 케놀루브(Kenolube)와 혼합되고, 이렇게 혼합된 시편은 600MPa의 압력에서 압분된다. 다음에는 환원성 분위기(수소가스)에서 1250°C의 온도로 30분 동안 소결이 수행된다. 참조재료들은 60분 동안 소결된다.

소결후에는 제1실시예와 유사한 방식으로 투자율, 보자력 및 저항력이 측정된다. 제2a도, 제2b도 및 제2c도를 통해서 알 수 있는 바와 같이, 본발명에 따른 소정의 주석(5Sn) 함유량 범위인 1.0 내지 15.0중량% 주석의 범위내에서 상기의 투자율, 보자력 및 저항력의 조화로운 개선이 이루어진다. 상한치 15.0중량% 주석 이상의 함유량에서는 투자율이 급격히 감소하는 것으로 나타난다. 고저항력의 이점은 높은 주석 함유량에서 급격하게 감소된 투자율을 보상하지 못한다. 하한치 1.0중량% 주석 이하의 함유량에서는 낮은 저항력으로서 나타난다. 낮은 주석 함유량은 심지어 소량의 주석으로도 얻을 수 있는 투자율 및 보자력에 더 이상 적극적인 기여를 줄 수 없다. 2.0 내지 12.0중량%의 바람직한 주석 함유량 범위에 있어서, 본 발명에 따른 재료는 3개의 참조재료들에 비해서 투자율은 높고 보자력은 낮다. 본 발명에 따른 재료의 저항력은 철 - 3중량% 규소 및 철 - 0.5중량% 투석과 유사한 반면에, 철 - 4.5중량% 인보다는 낮다.

2.0 내지 12.0중량%의 바람직한 주석 함유량 범위에서, 공지된 방법에 비하여 투자율, 보자력 및 저항력의 조화로운 개선이 이루어진다.

[제3실시예]

적은 양의 불순물을 함유하고 있는 철분말에 각기 다른 함유량의 주석을 금속 분말형태로 첨가하고 0.45 중량% 인을 페로포스포러스(ferrophosphorous) 분말인 Fe₃P의 형태로 첨가함으로써, 5개의 철-기초 분말 합금(K,L,M,N,O)을 준비하였다. 제1실시예에서와 같은 참조재료들이 사용되었다. 이들의 정상적인 화학적 성분은 다음의 표 3으로 나타난다.

[표 3]

시험될 재료들의 정상적인 화학적 성분(%)

재료	주석	인	규소	철
K	2.0	0.45	-	잔여량
L	5.0	0.45	-	잔여량
M	8.0	0.45	-	잔여량
N	10.0	0.45	-	잔여량
O	15.0	0.45	-	잔여량
참조재료 1	-	-	3.0	잔여량
참조재료 2	-	0.45	-	잔여량
참조재료 3	5.0	-	-	잔여량

이들 분말들은 윤활제의 0.6%의 케놀루브(Kenolube)와 혼합되고, 이렇게 혼합된 시편은 600MPa의 압력에서 압분된다. 다음에는 환원성 분위기(수소가스)에서 1250°C의 온도로 60분 동안 소결이 수행된다. 참조재료들은 60분 동안 소결된다.

소결후에는 제 3a도, 제3b도 및 제3c도에 도시된 바와 같이 투자율, 보자력 및 저항력이 측정된다. 도면을 통해서 알 수 있듯이, 얻을 수 있는 결과들은 주석과 인을 주석-인 합금분말로서 첨가할 때 얻어지는 결과들과 유사하다.

해당 기술분야의 숙련된 당업자는 비합금된 철 분말을 금속성 주석 및 주석-인 합금의 조합으로 이루어진 분말, 및 Fe₃P 형태의 선택적인 인과 혼합함으로써 유사한 결과들을 얻을 수 있다.

본 발명에 따른 합금들이 벨트로에서 소결(1150°C 이하의 온도)되는경우에, 종래의 재료들의 고온소결을 통해서 얻는 성질과 유사한 연자성이소결제품에서 얻어진다. 또한, 본 발명에 따른 분말로부터 준비된 소결제품들은 종래의 재료들보다 상당히 작은 차수 변화를 나타낸다.

다음의 실시예를 통해서 종래의 합금과 본 발명에 따른 합금을 비교하였다.

[제4실시예]

5중량%의 주석, 0.45중량%의 인 및 그 나머지의 철로 이루어진 정상적인 화학적 성분으로 갖는 철-기초분말재료가 준비되었다. 이때, 주석과인은 주석-인 합금분말로서 첨가되었다. 철 - 3중량% 규소 및 철 - 0.45중량% 인으로 이루어진 참조재료들이 사용되었다. 3가지 모든 분말들에 있어서, 0.6% 케놀루브(Kenolube)가 윤활제로서 혼합되었고, 이렇게 혼합된 시편들을 600MPa의 압력에서 압분되었다. 다음에, 본 발명에 따른 분말은 환원성분위기(수소가스)하에서 1120°C의 온도로 30분 동안 소결되고, 참조재료들은 동일한 분위기하에서 1250°C의 온도로 60분 동안 소결되었다. 또한, 철 -0.45중량% 인은 고온에서와 동일한 조건으로 1120°C의 온도로 소결되었다.

소결후의 결과를 다음의 표 4에서 비교하여 나타내었다.

[표 4]

소결 조건 및 소결후의 시험 재료의 특성

재료	소결온도 시간, 분위기	치수변화율 %	밀도 g/cm ³	B-max T	Hc A/CM	μ -max	저항력 μ ohm cm
Fe-5%Sn 0.45%P	1120°C 30, H ₂	0.21	7.20	1.30	0.83	4800	43
Fe-3%Si(참조재료)	1250°C 60, H ₂	-1.25	7.21	1.34	0.79	4300	47
Fe-0.45%P(참조재료)	1250°C 60, H ₂	-0.60	7.40	1.40	0.75	5600	22
Fe-0.45%P(참조재료)	1120°C 60, H ₂	-0.30	7.25	1.35	0.98	4900	23

표를 통해서 알 수 있는 바와 같이, 본 발명에 따른 재료들의 특성은 비록, 2개의 참조재료에서 소별보다 높은 온도에서 수행되었고, 3개의 모든 참조재료에서 긴 시간동안 수행되었지만, 가장 양호한 참조재료의 특성과 동등하다. 또한, 본 발명에 따른 분말재료는 1250°C의 온도에서 소결된 참조재료의 치수변화보다 상당히 작은 치수변화를 나타낸다. 요약하면, 치수변화와 같은 난점들을 갖는 고온소결이 필요한 많은 연자성 분야에 벨트로소결이 이용될 수 있기 때문에, 본 발명은 목적하는 바를 추구할 수 있으며, 실제로 유용하다. 위에서 설명한 제1실시예, 제2실시예 및 제3실시예에서와 같은 본 발명에 따른 분말 조성물의 고온소결에 의해서, 여전히 보다 높은 연자성 성질은 요구사항이 달성된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

비합금 철분말에 추가하여 주석, 인, 선택적인 윤활제 및 1.0 중량 퍼센트 이하의 불순물을 포함하는 철-기초 분말 합금에 있어서, 상기 주석과 인이 분말 형태의 주석-인 합금으로서 존재하고 상기 합금이 1.0 - 15.0 중량% 주석과 0.2 - 1% 중량% 인을 포함하는 것을 특징으로 하는 철-기초 분말 합금.

청구항 2

비합금 철분말에 추가하여 주석, 인, 선택적인 윤활제 및 1.0 중량 퍼센트 이하의 불순물을 포함하는 철-기초 분말 합금에 있어서, 상기 주석과 인이 분말 형태의 주석-인 합금으로서 존재하고, 추가로 주석이 금속 분말로 존재하고, 또한 선택적 요소 인이 폐로포스포러스로 존재하고, 상기 합금이 1.0 - 15. 중량% 주석과 0.2 - 1.5% 중량% 인을 포함하는 것을 특징으로 하는 철-기초 분말 합금.

청구항 3

제1항에 있어서, 2.0-12.0 중량% 주석과 0.3-1.2중량% 인을 포함하는 것을 특징으로 하는 철-기초 분말 합금.

청구항 4

제2항에 있어서, 2.0-12.0 중량% 주석과 0.3-1.2중량% 인을 포함하는 것을 특징으로 하는 철-기초 분말 합금.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 주석-인 합금의 대부분은 150μm이하의 입자 크기를 가지는 것을 특징으로 하는 철-기초 분말 합금.

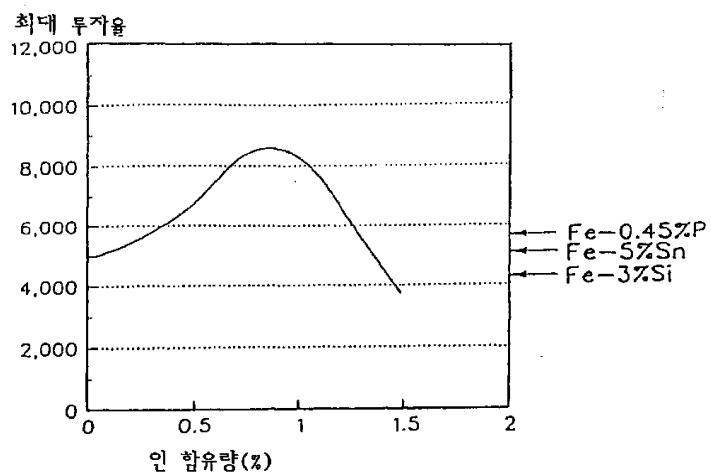
청구항 6

제2항에 있어서, 상기 주석-인 합금의 대부분은 150μm이하의 입자 크기를 가지는 것을 특징으로 하는 철-기초 분말 합금.

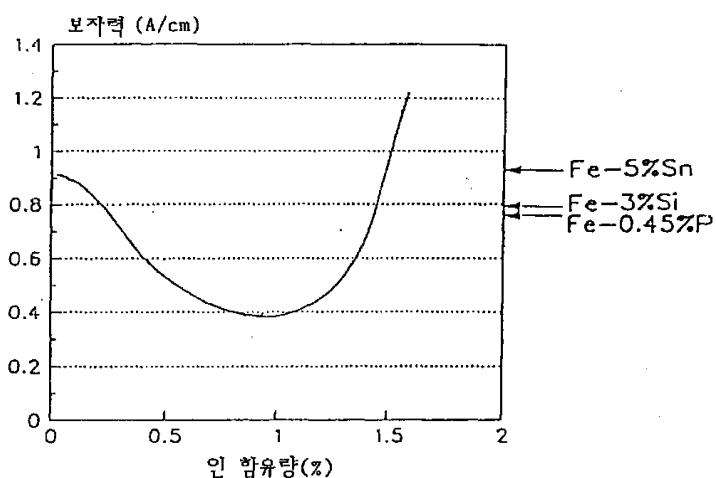
청구항 7

제2항에 있어서, 상기 폐로포스포러스 분말이 12 내지 17 중량% 인을 함유하고 상기 폐로포스포러스 분말의 대부분이 20μm 미만의 입자크기를 갖는 것을 특징으로 하는 철-기초 분말 합금.

도면

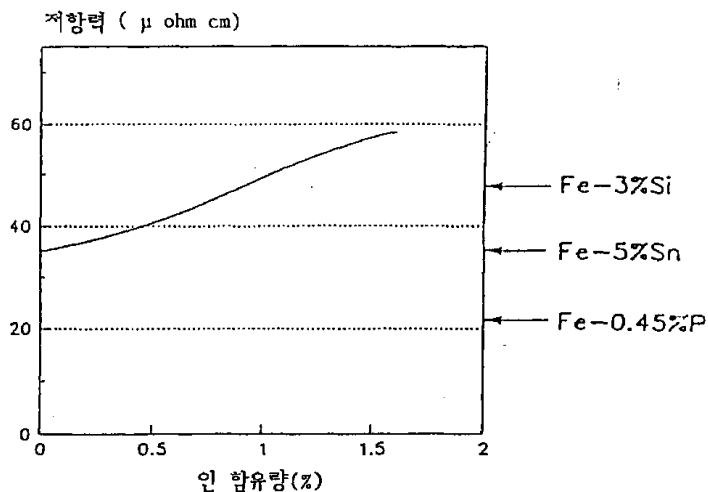
도면 1a

최대 투자율은 Fe-3중량% Si,
Fe-0.45중량% P 및 Fe-5중량% Sn
Sn과 비교한, Fe-5 중량% Sn에 대한
인 함유량의 함수. 소결온도는 1250 °C.

도면 1b

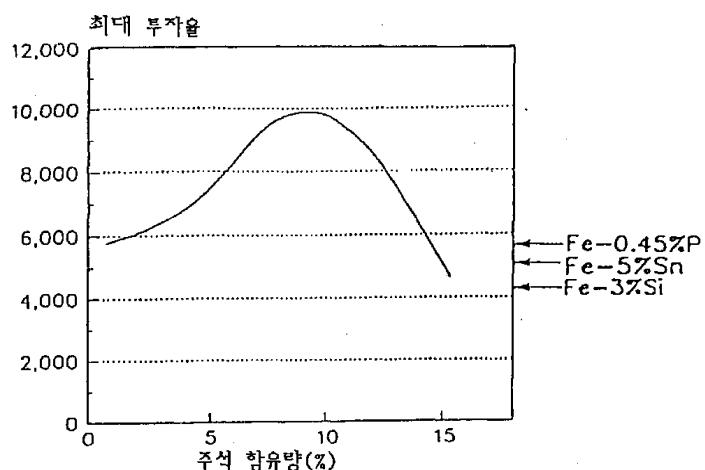
보자력은 Fe-3중량% Si, Fe-0.45중량% P 및
Fe-5 중량% Sn과 비교한, Fe-5중량% Sn에 대한
인 함유량의 함수. 소결온도는 1250°C.

도면1c



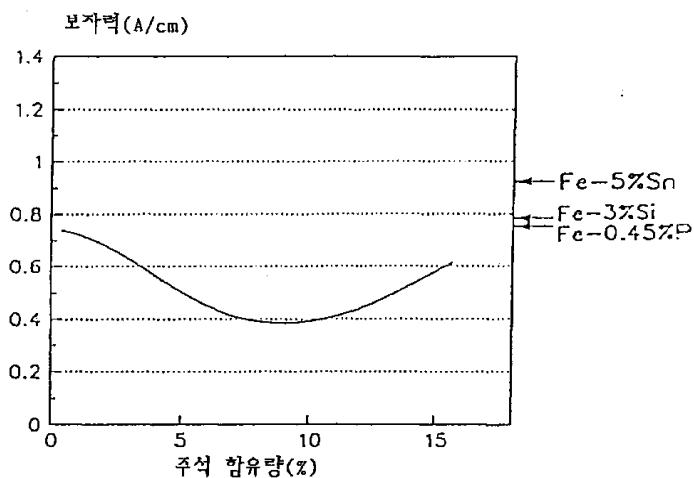
저항력을 $\text{Fe}-3\text{중량\% Si}$, $\text{Fe}-0.45\text{중량\% P}$ 및
 $\text{Fe}-5\text{중량\% Sn}$ 과 비교한, $\text{Fe}-5\text{중량\% Sn}$ 에 대한
인 함유량의 함수. 소결온도는 1250°C .

도면2a



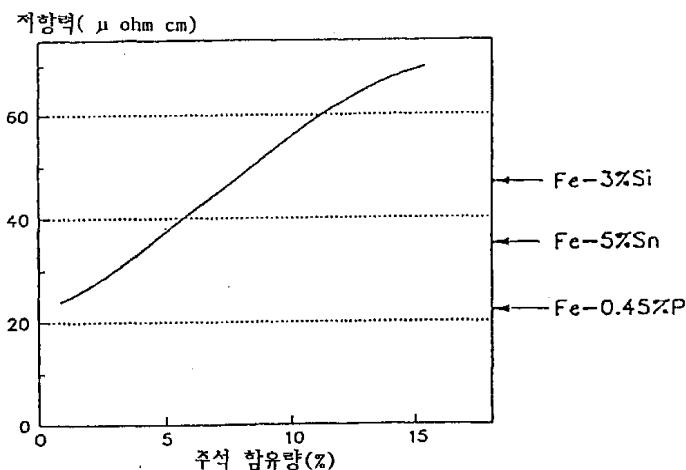
최대 투자율은 $\text{Fe}-3\text{중량\% Si}$, $\text{Fe}-0.45\text{중량\% P}$ 및
 $\text{Fe}-5\text{중량\% Sn}$ 과 비교한, $\text{Fe}-0.45\text{중량\% P}$ 에 대한
주석 함유량의 함수. 소결온도는 1250°C .

도면2b

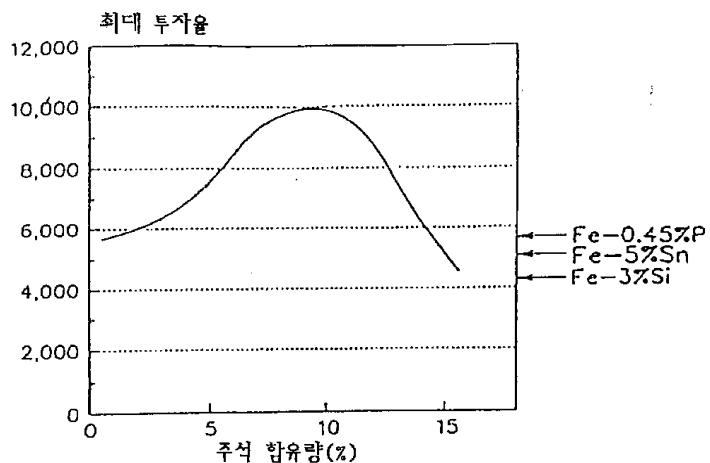


보자력 Fe-3 중량% Si, Fe-0.45 중량% P 및
Fe-5중량% Sn과 비교한, Fe-0.45중량% P에
대한 주석 함유량의 함수. 소결온도는 1250°C.

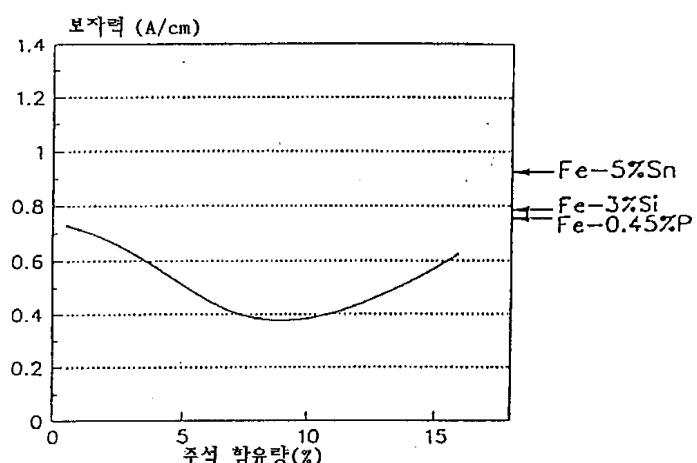
도면2c



저항력은 Fe-3중량% Si, Fe-0.45중량% P 및
Fe-5중량% Sn과 비교한, Fe-0.45중량% P에
대한 주석 함유량의 함수. 소결온도는 1250°C.

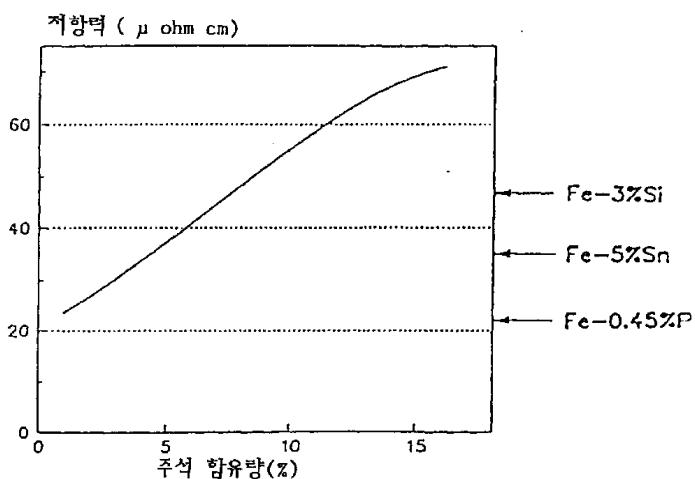
도면3a

최대 투자율은 Fe-3증량% Si, Fe-0.45증량% P 및
Fe-5증량% Sn과 비교한, Fe-0.45증량% P에 대한
주석 함유량의 함수. 소결온도는 1250°C.

도면3b

보자력은 Fe-3증량% Si, Fe-0.45증량% P 및
Fe-5증량% Sn과 비교한, Fe-0.45증량% P에 대한
주석 함유량의 함수. 소결온도는 1250°C.

도면3c



저항력은 Fe-3중량% Si, Fe-0.45중량% P 및
Fe-5중량% Sn과 비교한, Fe-0.45중량% P에 대한
주석 함유량의 함수. 소결온도는 1250°C.