



F 1000113209B



SUOMI – FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU PATENTSKRIFT

(10) FI 113209 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

15.03.2004

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

H01F 1/057, 1/053, 1/08

(21) Patentihakemus - Patentansökning

935472

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

07.12.1993

(24) Alkupäivä - Löpdag

07.12.1993

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

09.06.1994

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet

08.12.1992 FR 9214995 P

07.07.1993 FR 9308586 P

(73) Haltija - Innehavare

1 •Ugimag S.A., Avenue d'Uriage, 38830 St. Pierre d'Allevard, RANSKA, (FR)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Barzasi,Alain, 3 Promenade du Bréda, 38580 Allevard, RANSKA, (FR)

2 •Nagata,Hiroshi, 5-15-303 Misho-cho, Kamikatsura, Nishikyoku, Kyoto 615, JAPANI, (JP)

3 •Sagawa,Masato, 12-17 Jige-cho, Matsumoro, Nishikyo-ku, Kyoto 615, JAPANI, (JP)

4 •Vial,Fernand, 26, rue du Champ Rochas, 38240 Meylan, RANSKA, (FR)

(74) Asiamies - Ombud: Berggren Oy Ab
Jaakonkatu 3 A, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Fe-TR-B -tyyppinen magneettinen jauhe ja vastaavat sintratut magneetit sekä menetelmä niiden valmistamiseksi
Magnetisk pulver av Fe-TR-B -typ och motsvarande sintrade magnetor samt förfarande för deras framställning

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

FI 905921 A, FI 103223 B, JP 4110401 A

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on magneettinen jauhe HM-S-B-luokkaan kuuluvien sintrattujen magneettien valmistamiseksi, jossa kaavassa HM tarkoittaa vähintään yhtä harvinaista maametallia, S tarkoittaa vähintään yhtä siirtymämetallia ja B tarkoittaa booria, tämän jauheen koostuessa kahden jauheen (A) ja (B) seoksesta:

a) jauhe (A) muodostuu rakenteeltaan nelioimäisistä $HM_2S_{14}B$ -rakeista, missä S tarkoittaa olennaisesti rautaa ja Co/Fe < 8 %, ja tämä jauhe voi samoin sisältää korkeintaan 0,5 % Al, korkeintaan 0,05 % Cu ja yhteensä korkeintaan 4 % vähintään yhtä alkuaineiden V, Nb, Hf, Mo, Cr, Ti, Zr, Ta, W sekä väistämättömien epäpuhtauksien joukosta valittua alkuainetta, Fisherin mukaisen hiukkaskoon ollessa 3,5-5 μm ,

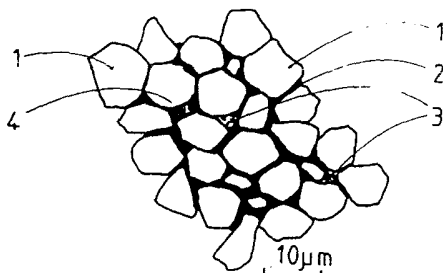
b) jauhe (B) sisältää runsaasti harvinaista maametallia HM ja se sisältää kobolttia Co ja sen painosta laskettu koostumus on seuraava: HM 52-70 %; käsitellen vähintään 40 % (absoluuttisena arvona) yhtä (tai useampaa) kevyttä harvinaista maametallia, jo(t)ka on valittu alkuaineiden La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu joukosta; Co 20-35 %; Fe 0-20 %; B 0-0,2 %; Al 0,1-4 %; sekä väistämättömiä epäpuhtauksia, Fisherin mukaisen hiukkaskoon ollessa alueella 2,5-3,5 μm .

Jauhe (B) on voitu saada sekoittamalla runsaasti HM:ia sisältävään Co-pitoiseen jauheeseen (C) runsaasti B:tä sisältävää jauhetta (D).

Uppfinningen avser ett magnetiskt pulver för framställning av sintrade magneter tillhörande SJ-Ö-B-klassen, vari SJ betecknar minst en sällsynt jordartsmetall, Ö betecknar minst en övergångsmetall och B betecknar bor, vilket pulver utgörs av en blandning av två pulver (A) och (B):

- a) pulver (A) består av granuler med en kvadratisk struktur $SJ_2\bar{O}_{14}B$, vari Ö betecknar huvudsakligen järn med $CO/Fe < 8\%$, och detta pulver kan även innehålla högst 0,5 % Al, högst 0,05 % Cu och totalt högst 4 % av minst ett element ur gruppen V, Nb, Hf, Mo, Cr, Ti, Zr, Ta, W samt oundvikliga föroreningar, varvid kornstorleken enligt Fisher är 3,5-5 μm ,
- b) pulver (B) är rikt på sällsynt jordartsmetall SJ och innehåller kobolt Co och har följande sammansättning på viktbasis: SJ 52-70 % innefattande minst 40 % (absolut värde) av en (eller flera) lätt(a) sällsynt(a) jordartsmetall(er) vald(a) ur gruppen La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu; Co 20-35 %; Fe 0-20 %; B 0-0,2 %; Al 0,1-4 %; samt oundvikliga föroreningar, varvid kornstorleken enligt Fisher är inom området 2,5-3,5 μm .

Pulver (B) kan erhållas genom att blanda ett Co-haltigt pulver (C) rikt på SJ med ett pulver (D) rikt på B.



Fe-HM-B-tyyppinen magneettinen jauhe ja vastaavat sintratut magneetit sekä menetelmä niiden valmistamiseksi – Magnetisk pulver av Fe-TR-B –typ och motsvarande sintrademagneter samt förfarande för deras framställning

5

Keksinnön kohteena ovat magneettinen jauhe ja sintratut kestmagneetit, jotka sisältävät olennaisesti vähintään yhtä harvinaista maametallia HM, vähintään yhtä siirtymäalkuainetta S sekä booria, joka magneettinen jauhe on saatu sekoittamalla vähintään kahta, kemialliselta koostumukseltaan ja hiukkaskooltaan erilaista lähtöjauhetta, sekä menetelmä niiden valmistamiseksi.

10

Alalla tunnetaan seuraavat patenttijulkaisut, joissa on kuvattu kahdesta lähtölejeeringistä muodostetun seoksen käyttö sintrattujen magneettien valmistamiseksi:

15

- Patenttijulkaisussa JP 63-114939 on esitetty edellä kuvattua tyyppiä olevat magneetit, jotka on saatu lähtemällä kahden jauheen seoksesta, joista yhden mukana saadaan $\text{HM}_2\text{S}_{14}\text{B}$ -tyyppisiä magneettisia rakeita, ja joista toinen toimii "matriisina", joka sisältää joko sellaisia alkuaineita, joilla on pieni sulamispiste, tai alkuaineita, joilla on suuri sulamispiste. Patenttijulkaisussa on samoin esitetty, että tämän toisen jauheen tulee olla erittäin hienoina hiukkasina (0,02-1 μm), mikä on taloudellisesti epäedullista.

20

- Patenttijulkaisussa JP-2-31402 on kuvattu erään toisen jauheen, jonka koostumus on HM-Fe-B tai HM-Fe, käyttö amorfisessa muodossa tai mikrokiteinä, joka jauhe on saatu nopeasti jähmettämällä, mihin tarvitaan erityisiä, epätavanomaisia laitteita.

25

Tehtävänä on siis löytää yksinkertaisempi ja halvempi, metallurgiassa tavanomainen menetelmä jauheiden valmistamiseksi, joista jauheista voidaan saada sintrattuja magneetteja, joiden magneettiset ominaisuudet ovat parantuneet, ja joilla on erityisesti hyvä remanenssi ja jotka vastustavat hyvin ilmakehän aiheuttamaa korroosiota.

30

Mikäli toisin ei ole mainittu, seuraavassa annetut pitoisuudet on laskettu painosta.

Keksinnön mukaisesti lähtöjauhe koostuu kahden luonteeltaan ja hiukkaskooltaan erilaisen jauheen seoksesta, ja sen tunnusomaisena piirteenä on se, että

35

a) jauhe (A) muodostuu rakenteeltaan neliömäisistä $\text{HM}_2\text{S}_{14}\text{B}$ (atomeina) -rakeista, missä S tarkoittaa olennaisesti rautaa ja $\text{Co/Fe} < 8 \%$, ja tämä jauhe voi samoin sisältää korkeintaan 0,5 % Al, korkeintaan 0,05 % Cu ja yhteensä korkeintaan 4 % vähintään yhtä alkuaineiden V, Nb, Hf, Mo, Cr, Ti, Zr, Ta, W sekä väistä-

mättömien epäpuhtauksien joukosta valittua alkuainetta, Fisherin mukaisen hiukkaskoon ollessa 3,5-5 µm.

5 Tässä jauheessa HM-kokonaispitoisuus on alueella 26,7-30 %, edullisesti alueella 28-29 %; Co-pitoisuus on edullisesti korkeintaan 5 % ja jopa vain 2 %. Al-pitoisuus on edullisesti alueella 0,2-0,5 %, mieluummin alueella 0,25-0,35 %; Cu-pitoisuus pidetään edullisesti alueella 0,02-0,05 %, erityisemmin alueella 0,025-0,035 %. B-pitoisuus on alueella 0,96-1,1 %, edullisesti 1,0-1,06 %. Loppu koostuu raudasta Fe.

10 Jauhe (A) voidaan saada lähtemällä lejeeringistä, joka on sulatettu (harkoiksi) tai jota on käsitelty samanaikaisella jauhatuksella (karkea jauhe), minkä jälkeen nämä harkot tai karkeat jauheet on edullisesti käsitelty H₂:lla seuraavissa olosuhteissa: säiliöön imetään tyhjä tai se huuhdellaan, niihin kohdistetaan alueella 0,1-0,12 MPa oleva inerttikaasun paine, lämpötilaa nostetaan alueella 10-500 °C/h olevalla nopeudella alueella 350-450 °C olevaan arvoon, niihin kohdistetaan alueella 0,01-15 0,12 MPa oleva vedyn absoluuttinen osapaine ja näitä olosuhteita pidetään yllä 1-4 tuntia, säiliöön imetään tyhjä ja niihin kohdistetaan alueella 0,1-0,12 MPa oleva inerttikaasun paine, jäähdytys ympäristön lämpötilaan alueella 5-100 °C/h olevalla nopeudella. Käytetty inerttikaasu on edullisesti argonia tai heliumia tai näiden kahden kaasun seos.

Sitten jauhe (A) jauhetaan hienoksi kaasusuihkuun, edullisesti typpisuihkuun perustuvalla myllyllä, jonka suihkun paine (absoluuttinen paine) on nostettu alueelle 0,4-0,8 MPa, säätäen hiukkaskokoon vaikuttavat parametrit siten, että saadaan jauhetta, 25 jonka Fisherin mukainen hiukkaskoko on alueella 3,5-5 µm.

b) Jauhe (B) sisältää runsaasti harvinaista maametallia HM ja se sisältää kobolttia Co ja sen painosta laskettu koostumus on seuraava:
HM 52-70 %; käsittäen vähintään 40 % (absoluuttisena arvona) yhtä (tai useampaa) kevyttä harvinaista maametallia, jo(t)ka on valittu alkuaineiden La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu joukosta; H₂-pitoisuus (ppm painosta) on enemmän kuin 130x%HM; Co 20-35 %; Fe 0-20 %; B 0-0,2 %; Al 0,1-4 %; sekä väistämättömiä epäpuhtauksia, Fisherin mukaisen hiukkaskoon ollessa alueella 2,5-3,5 µm. Jauhe ei sisällä käytännöllisesti katsoen lainkaan B:tä (B:n pitoisuus alle 0,05 %).

35 Tämä jauhe (B) on saatu lejeeringeistä, joita on käsitelty vedyllä seuraavissa olosuhteissa: tyhjä imetään, inerttikaasun paine nostetaan alueelle 0,1-0,12 MPa, lämpötila nostetaan alueella 10-500 °C/h olevalla nopeudella alueella 350-450 °C olevaan ar-

voon, niihin kohdistetaan alueella 0,01-0,12 MPa oleva vedyn absoluuttinen osapaine ja näitä olosuhteita pidetään yllä 1-4 tuntia, tyhjö imetään ja niihin kohdistetaan alueella 0,1-0,12 MPa oleva inerttikaasun paine, lämpötila lasketaan ympäristön lämpötilaan alueella 5-100 °C/h olevalla nopeudella.

5

Edelleen, on edullista, että edellä kuvattua käsittelyä edeltää alustava vetykäsittely seuraavissa olosuhteissa: lähtölejeerinkiä pidetään alueella 0,01-0,12 MPa olevassa vedyn absoluuttisessa osapaineessa 1-3 tunnin ajan ympäristön lämpötilassa. Mikäli välttämätöntä, edellä kuvattu alustava vetykäsittely tai lopullinen vetykäsittely toistetaan 1 tai 2 kertaa. Käytetty inerttikaasu on edullisesti argonia tai heliumia tai näiden kahden kaasun seos. Jauhe sisältää olennaisesti HM-hydridiä: $\text{HMH}_{2+\epsilon}$, Co-metallia ja hieman yhdistettä NdCo_2 .

10

15

Täten saatu jauhe (B) jauhetaan lopuksi kaasusuihkuun, edullisesti typpisuihkuun perustuvalla myllyllä, jonka suihkun paine (absoluuttinen paine) on nostettu alueelle 0,4-0,7 MPa, säätäen hiukkaskokoon vaikuttavat parametrit siten, että saadaan jauhetta, jonka Fisherin mukainen hiukkaskoko on alueella 2,5-3,5 μm . On edullista, että jauheen (B) Fisherin mukainen hiukkaskoko on vähintään 20 % pienempi kuin jauheella (A).

20

Tämän jauheen (B) toimiessa olennaisesti sekundäärisenä faasina on toivottavaa, että lejeeringin (B) täydelliseen sulamiseen (likvidus) tarvittava lämpötila on pienempi kuin 1080 °C.

25

c) Sitten täten saatuja jauheita (A) ja (B) sekoitetaan siten, että päästään magneetin lopulliseen koostumukseen. Tässä koostumuksessa harvinaisten maametallien (HM) pitoisuus on yleensä alueella 29,0-32,0 %, edullisesti 29-31 %, booripitoisuus on alueella 0,94-1,04 %, kobolttipitoisuus on alueella 1,0-4,3 paino-%, alumiinipitoisuus on alueella 0,2-0,5 paino-%, kuparipitoisuus on alueella 0,02-0,05 paino-%, lopun ollessa rautaa ja väistämättömiä epäpuhtauksia. O_2 -pitoisuus seoksesta (A)+(B) saadussa magneettisessa jauheessa on yleensä vähemmän kuin 3500 ppm. Jauheen (A) paino-osuus seoksessa (A)+(B) on alueella 88-95 %, edullisesti alueella 90-94 %.

30

35

Tämän jälkeen jauheiden (A) ja (B) seos suunnataan magneettikentässä, joka on joko yhdensuuntainen (//) tai kohtisuora ($\perp$) kokoonpuristussuuntaan nähden, minkä jälkeen seos puristetaan kokoon millä tahansa sopivalla tavalla, esimerkiksi puristimella tai isostaattisella puristuksella, ja täten saadut puristeet, joiden ominaispaino

on esimerkiksi alueella 3,5-4,5 g/cm³, sintrataan alueella 1050-1110 °C olevassa lämpötilassa ja lämpökäsitellään tavanomaiseen tapaan. Saatu tiheys on alueella 7,45-7,65 g/cm³.

- 5 Magneetit voivat tämän jälkeen läpikäydä mitä tahansa tavanomaisia työstötoimenpiteitä ja toimenpiteitä pinnan pinnoittamiseksi, mikäli tarpeen.

Keksinnön mukaiset magneetit, jotka kuuluvat luokkaan HM-S-B, missä HM tarkoittaa vähintään yhtä harvinaista maametallia, S tarkoittaa vähintään yhtä siirtymämetallia kuten Fe ja/tai Co, B (boori) ja jotka voivat mahdollisesti sisältää myös muita vähäisiä alkuaineita, koostuvat olennaisesti neliöfaasissa olevista rakeista HM₂F₁₄B, josta käytetään merkintää "T1", olennaisesti harvinaisia maametalleja sisältävästä sekundäärisestä faasista sekä mahdollisesti muista vähäisistä faaseista. Näillä magneeteilla on seuraavat tunnusomaiset piirteet:

15

- remanenssi: $B_r \geq 1,25$ T (kun kokoonpuristaminen tapahtuu //)
- remanenssi: $B_r \geq 1,30$ T (kun kokoonpuristaminen tapahtuu $\perp$)
- sisäinen koersitiivikenttä $H_{cl} \geq 1050$ kA/m (≈ 13 kOe).

- 20 Täsmällisemmin, niillä on T1-faasissa olevista rakeista koostuva rakenne, joka vastaa yli 94 % koko rakenteesta, ja ne ovat olennaisesti yhdenkokoisia, hiukkaskoon ollessa alueella 2-20 µm. Näitä rakeita ympäröi runsaasti harvinaista maametallia sisältävästä sekundäärisestä faasista muodostuva jatkuva ja ohut, paksuudeltaan olennaisesti yhdenmukainen kerros, jonka paikallinen paksuus ei ole ≥ 5 µm. Tämä sekundäärinen faasi sisältää enemmän kuin 10 % kobolttia.

25

Oheiset hakijat ovat kuitenkin huomanneet, että vaikka koersitiivisyys, remanenssi ja ominaisenergia ovatkin tyydyttäviä, niitä voidaan vielä parantaa muodostamalla jauhe (B) kahden jauheen (C) ja (D) seoksesta vaikuttamatta tällöin näiden sintrattujen magneettien muihin käyttöominaisuuksiin, esimerkiksi kykyyn vastustaa hapetumista ja ilmakehän aiheuttamaa korroosiota sekä hiomalla tapahtuvaa työstöä hyväksyttäviin mittapoikkeamiin. Lisäksi hakija on todennut, että kun jauhe (D) valitaan sopivalla tavalla, niin sintrauslämpötilaa voidaan pienentää huomattavasti ja sintrauksen kestoa voidaan lyhentää huomattavasti.

35

Keksinnön mukaisesti lisättävä jauhe (B) saadaan sekoittamalla keskenään kahta karkeata, luonteeltaan erilaista ja samanaikaisesti jauhettua seosjauhetta (C) ja (D). Karkealla jauheella tarkoitetaan jauhetta, jonka hiukkaset läpäisevät 1 mm:n seulan.

- a) Jauhe (C) sisältää runsaasti harvinaisia maametalleja ja se sisältää koboltia Co ja sillä on seuraava koostumus painosta laskien:
HM 52-70 %; käsittäen vähintään 40 % (absoluuttisina arvoina) yhtä (tai useampaa) kevyttä harvinaista maametallia, jo(t)ka on valittu alkuaineista La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu; vetypitoisuus (ppm painosta) on enemmän kuin 130x%HM; Co 20-35 %; Fe 0-20 %; B 0-0,2 %; Al 0,1-4 %; sen sisältäessä myös väistämättömiä epäpuhtauksia. Se ei sisällä edullisesti käytännöllisesti katsoen lainkaan B:tä (B:n pitoisuus alle 0,05 %).
- 10 Karkea jauhe (C) saadaan lejeeringeistä, joita on käsitelty vedyllä seuraavissa olosuhteissa: tyhjö imetään, inerttikaasun paine nostetaan alueelle 0,1-0,12 M, lämpötila nostetaan alueella 10-500 °C/h olevalla nopeudella alueella 350-450 °C olevaan arvoon, vedyn absoluuttinen osapaine nostetaan alueelle 0,01-0,12 MPa, ja näitä olosuhteita pidetään yllä 1-4 tuntia, tyhjö imetään ja inerttikaasun paine nostetaan
- 15 alueelle 0,1-0,12 MPa, mitä seuraa jäähdyttäminen ympäristön lämpötilaan alueella 5-100 °C/h olevalla nopeudella.
- Lisäksi on edullista, että ennen edellä kuvattua toimenpidettä toteutetaan alustava vetykäsittely seuraavissa olosuhteissa: lähtölejeerinkiä pidetään alueella 0,01-
- 20 0,12 MPa olevassa vedyn absoluuttisessa osapaineessa 1-3 tunnin ajan ympäristön lämpötilassa. Edellä kuvattu alustava vetykäsittely tai lopullinen vetykäsittely toistetaan tarvittaessa 1 tai 2 kertaa. Käytetty inerttikaasu on edullisesti argonia tai heliumia tai näiden kahden kaasun seos. Tämä jauhe (C) sisältää olennaisesti harvinaisen maametallin hybridiä: $\text{HfH}_{2+\epsilon}$, Co-metallia ja hieman yhdistettä NdCo_2 .
- 25 b) Jauhe (D) voidaan saada lähtemällä lejeeringistä, joka sisältää booria seoksena yhden tai useamman, alkuaineiden Al, Si, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Nb, Mo joukosta valitun alkuaineen kanssa ja joka sisältää 5-70 paino-% booria sekä väistämättömiä epäpuhtauksia. Se koostuu edullisesti rautaan Fe perustuvista lejeeringeistä, jotka sisältävät booria 5-30 paino-%, kuparia korkeintaan 10 %, alumiinia korkeintaan 10 paino-%, piitä korkeintaan 8 %. Tämä jauhe (D) ei sisällä käytännöllisesti katsoen lainkaan harvinaisia maametalleja (kokonaispitoisuus $\leq 0,05$ %).
- 30
- 35 Nämä tavanomaisilla menetelmillä käsitellyt lejeeringit jauhetaan tämän jälkeen karkeasti joko kosteina tai kuivina, joko mekaanisilla myllyillä tai kaasusuihkuun perustuvilla myllyillä, minkä jälkeen karkea jauhe (D) sekoitetaan karkeaan jauheeseen (C), jota on käsitelty vedyllä siten, että seoksen (B) = (C)+(D) lopullinen boo-

ripitoisuus on alueella 0,05-1,5 %, edullisesti alueella 0,4-1,2 %. Homogenoitu seos (C)+(D) jauhetaan sitten siten, että siinä Fisherin mukaiseksi hiukkaskooksi saadaan 2,5-3,5 µm.

- 5 Tämä jauhe (B) toimii olennaisesti sekundaarisenä faasina, joten on toivottavaa, että jauheen täydelliseen sulamiseen (likvidus) tarvittava lämpötila on alle 1050 °C. On edullista, että jauheen (B) Fisherin mukainen hiukkaskoko on vähintään 20 % pienempi kuin jauheella (A).
- 10 c) Jauhe (A) muodostuu rakenteeltaan neliömäisistä $\text{HM}_2\text{S}_{14}\text{B}$ (atomeina) -rakeista, missä S tarkoittaa olennaisesti rautaa ja $\text{Co/Fe} < 8 \%$, ja tämä jauhe voi samoin sisältää korkeintaan 0,5 % Al, korkeintaan 0,05 % Cu ja yhteensä korkeintaan 4 % vähintään yhtä alkuaineiden V, Nb, Hf, Mo, Cr, Ti, Zr, Ta, W sekä väistämättömien epäpuhtauksien joukosta valittua alkuainetta, Fisherin mukaisen hiukkaskoon ollessa 3,5-5 µm.
- 15

- Tässä jauheessa HM-kokonaispitoisuus on alueella 26,7-30 %, edullisesti alueella 28-29 %; Co-pitoisuus on edullisesti korkeintaan 5 % ja jopa vain 2 %. Al-pitoisuus on edullisesti alueella 0,2-0,5 %, mieluummin alueella 0,25-0,35 %;
- 20 Cu-pitoisuus pidetään edullisesti alueella 0,02-0,05 %, edullisimmin alueella 0,025-0,035 %. B-pitoisuus on alueella 0,96-1,1 %, edullisesti 1,0-1,06 %. Loppu koostuu raudasta Fe. Jauheen koostumus voi olla hyvin lähellä kaavaa $\text{HM}_2\text{T}_{14}\text{B}$, kuparin ja alumiinin sisältyessä siirtymämetalleihin.

- 25 Jauhe (A) voidaan saada lähtemällä lejeeringistä, joka on sulatettu (harkoiksi) tai jota on käsitelty samanaikaisella jauhatuksella (karkea jauhe), minkä jälkeen nämä harkot tai karkeat jauheet on edullisesti käsitelty H_2 :lla seuraavissa olosuhteissa: säiliöön imetään tyhjä tai se huuhdellaan, niihin kohdistetaan alueella 0,1-0,12 MPa oleva inerttikaasun paine, lämpötilaa nostetaan alueella 10-500 °C/h olevalla nopeudella alueella 350-450 °C olevaan arvoon, niihin kohdistetaan alueella 0,01-0,12 MPa oleva vedyn absoluuttinen osapaine ja näitä olosuhteita pidetään yllä 1-4 tuntia, säiliöön imetään tyhjä ja niihin kohdistetaan alueella 0,1-0,12 MPa oleva inerttikaasun paine, jäädytys ympäristön lämpötilaan alueella 5-100 °C/h olevalla nopeudella. Käytetty inerttikaasu on edullisesti argonia tai heliumia tai näiden kah-
- 30
- 35 den kaasun seos.

Sitten jauhe (A) jauhetaan hienoksi kaasusuihkuun, edullisesti typpisuihkuun perustuvalla myllyllä, jonka suihkun paine (absoluuttinen paine) on nostettu alueelle 0,4-

0,8 MPa, säätäen hiukkaskokoon vaikuttavat parametrit siten, että saadaan jauhetta, jonka Fisherin mukainen hiukkaskoko on alueella 3,5-5 μm .

- d) Näin saatuja jauheita (A) ja (B) sekoitetaan siten, että päästään magneetin lopulliseen koostumukseen. Tässä koostumuksessa harvinaisten maametallien (HM) pitoisuus on yleensä alueella 29,0-32,0 %, edullisesti 29-31 %, booripitoisuus on alueella 0,94-1,04 %, kobolttipitoisuus on alueella 1,0-4,3 paino-%, alumiinipitoisuus on alueella 0,2-0,5 paino-%, kuparipitoisuus on alueella 0,02-0,05 paino-%, lopun ollessa rautaa ja väistämättömiä epäpuhtauksia. O₂-pitoisuus seoksesta (A)+(B) saadussa magneettisessa jauheessa on yleensä vähemmän kuin 3500 ppm. Jauheen (A) paino-osuus seoksessa (A)+(B) on alueella 88-95 %, edullisesti alueella 90-94 %.

- Tämän jälkeen jauheiden (A) ja (B) seos suunnataan magneettikentässä, joka on joko yhdensuuntainen (//) tai kohtisuora ($\perp$) kokoonpuristussuuntaan nähden, minkä jälkeen seos puristetaan kokoon millä tahansa sopivalla tavalla, esimerkiksi puristimella tai isostaattisella puristuksella, ja täten saadut puristeet, joiden ominaispaino on esimerkiksi alueella 3,5-4,5 g/cm³, sintrataan alueella 1050-1110 °C olevassa lämpötilassa ja lämpökäsitellään tavanomaiseen tapaan. Saatu ominaispaino on alueella 7,45-7,65 g/cm³ ja happipitoisuus on alle 3500 ppm. Magneetit voivat tämän jälkeen läpikäydä mitä tahansa tavanomaisia työstötoimenpiteitä ja toimenpiteitä pinnan pinnoittamiseksi, mikäli tarpeen.

- Keksinnön mukaiset magneetit, jotka kuuluvat luokkaan HM-S-B, missä HM tarkoittaa vähintään yhtä harvinaista maametallia, S tarkoittaa vähintään yhtä siirtymämetallia, kuten Fe ja/tai Co, ja B tarkoittaa booria ja jotka voivat mahdollisesti sisältää myös muita vähäisiä alkuaineita, koostuvat olennaisesti neliöfaasissa olevista rakeista HM₂Fe₁₄B, josta käytetään merkintää "T1", olennaisesti harvinaisia maametalleja sisältävästä sekundaarisesta faasista sekä mahdollisesti muista vähäisistä faaseista. Näillä magneeteilla on seuraavat erinomaiset tunnusomaiset piirteet:

- remanenssi (jäännösmagnetismi): Br $\geq$ 1,25 T (kun kokoonpuristaminen tapahtuu //);
- remanenssi: Br $\geq$ 1,32 T (kun kokoonpuristaminen tapahtuu $\perp$) ja jopa $\geq$ 1,35 T;
- sisäinen koersitiivikenttä HcJ $\geq$ 1150 kA/m ($\approx$ 14,3 kOe).

Täsmällisemmin, niillä on T1-faasissa olevista rakeista koostuva rakenne, joka vastaa yli 94 % koko rakenteesta, ja ne ovat olennaisesti yhdenkokoisia, hiukkaskoon

ollessa alueella 2-20 μm . Näitä rakeita ympäröi runsaasti harvinaista maametallia sisältävästä sekundäärisestä faasista muodostuva jatkuva ja ohut, paksuudeltaan olennaisesti yhdenmukainen kerros, jonka paikallinen paksuus ei ole $\geq 5 \mu\text{m}$. Tämä sekundäärinen faasi sisältää enemmän kuin 10 % kobolttia.

5

Keksintö on ymmärrettävissä paremmin seuraavien esimerkkien avulla, joita esimerkkejä havainnollistetaan kuvioissa 1 ja 2.

10

Kuvio 1 esittää kaavamaisesti mikrografista poikkileikkausta keksinnön mukaisesta sintratusta magneetista (M1).

15

Kuvio 2 esittää kaavamaisesti mikrografista poikkileikkausta koostumukseltaan samanlaisesta sintratusta magneetista, joka on saatu yhteen lejeerinkiin perustuvalla tekniikalla (S1).

Esimerkki 1

20

Kahdeksan (8) lejeerinkiä (A), joiden koostumus on esitetty taulukossa I, on valmistettu seuraavalla tavalla:

25

- harkot on valettu tyhjöissä;
- ne on käsitelty vedyllä seuraavissa olosuhteissa:
 - tyhjö imetään,
 - argonia johdetaan 0,1 MPa:n absoluuttisessa paineessa,
- kuumennus nopeudella 50 °C/h arvoon 400 °C,
- tyhjö imetään,
- täyttö argonin ja vedyn seoksella, jossa vedyn absoluuttinen osapaine on 0,06 MPa ja argonin absoluuttinen osapaine on 0,07 MPa, pitäen tämän seoksen alaisuudessa 2 tuntia,
- tyhjö imetään,
- täyttö argonilla 0,1 MPa:n paineeseen ja jäähdytys ympäristön lämpötilaan nopeudella 10 °C/h,
- jauhaminen kaasusuihkumyllyllä typpi-ilmakehässä siten, että Fisher-hiukkaskoko saadaan taulukon III mukaiseksi.

35

10 lejeerinkiä (B), joilla on taulukossa II esitetty koostumus, on valmistettu seuraavasti:

- harkot valetaan tyhjöissä;

- ne käsitellään vedyllä
 - tyhjö imetään,
 - täyttö argonin ja vedyn seoksella, jossa vedyn absoluuttinen osapaine on 0,06 MPa ja argonin absoluuttinen osapaine on 0,07 MPa, ympäristön lämpötilassa 2 tunnin ajan,
 - kuumentaminen arvoon 400 °C nopeudella 50 °C/h tässä samassa ilmakehässä, ylläpitäen näitä olosuhteita 2 tuntia,
 - tyhjö imetään,
 - täyttö argonilla 0,1 MPa:n absoluuttiseen paineeseen ja jäähdytys ympäristön lämpötilaan nopeudella 10 °C/h,
- jauhaminen kaasusuihkumyllyllä typpi-ilmakehässä siten, että Fisher-hiukkaskoko saadaan taulukon III mukaiseksi.

- Täten saatuja jauheita (A) ja (B) sekoitettiin keskenään taulukossa IV esitettyinä paino-osuuksina, minkä jälkeen ne puristettiin kokoon magneettikentässä ($//$ tai $\perp$), ne sintrattiin ja käsiteltiin taulukossa V kuvatuissa olosuhteissa, jossa taulukossa V on myös esitetty saatujen magneettien tiheys ja niiden magneettiset ominaisuudet.

- Magneetit M1, M2, M3, M4, M5, M9 ja M13 ovat keksinnön mukaisia, muut esimerkit poikkeavat keksinnöstä seuraavista syistä:

- M6 jauhe (B) sisältää B:tä 1 %, joka on sallitun rajan yläpuolella, ja tihentäminen on hyvin puutteellista;
- M7 jauheen (B) osuus seoksessa (A) + (B) on hyvin pieni, minkä seurauksena jauheen (B) hajaantuminen seokseen on huono ja magneetti on tihennetty huonosti;
- M8 koersitiivisyys alle 1050 kA/m johtuen siitä, että on käytetty liian vähän harvinaista maametallia sisältävää lejeerinkiä (B);
- M10 V:n läsnäolo lejeeringissä (B) - 9 paino-% - tekee mahdottomaksi hyvien ominaisuuksien saavuttamisen;
- M11 B:n ja V:n samanaikainen läsnäolo jauheessa (B) johtaa magneetin kaikkien ominaisuuksien huononemiseen;
- S1, S2, S3 nämä koostumukset on saatu yhteen lejeerinkiin perustuvalla menetelmällä, jolla ei päästä riittävään tihentymiseen, mikä nähdään huonoina magneettisina ominaisuuksina;
- M12 koostumus on samanlainen kuin M1:n koostumus, mutta se on saatu sekoittamalla jauhetta (A1) jauheeseen (B9), jota ei olla käsitelty vedyllä, mutta jota on hienonnettu mekaanisesti inertissä ilmakehässä ennen sen johtamista kaasusuihkumyllyyn.

Kuviot 1 ja 2 esittävät kaavamaisesti kahta mikrografista poikkileikkausta, jotka mikrovalokuvat on saatu pyyhkäisevällä mikroskoopilla, joka on varustettu analyyssiluotaimella. Mikrovalokuvat on otettu kahdesta magneetista, joilla on sama, 5 esimerkkejä M1 ja S1 vastaava koostumus: M1 on toteutettu keksinnön mukaisesti ja S1 on toteutettu tekniikan nykytason mukaisesti yhteen lejeerinkiin perustuvalla tekniikalla.

Erot ovat seuraavat:

- 10 - M1-magneetilla on homogeeninen rakenne, joka koostuu magneettista faasia $\text{HM}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ olevista hienoista rakeista -1-, joiden keskimääräinen koko on $9\text{ }\mu\text{m}$, ja 95 % rakeista ovat pienempiä kuin $14\text{ }\mu\text{m}$ eivätkä ne ole geometrialtaan kulmikkaita.
- Runsaasti harvinaista maametallia sisältävä sekundäärinen faasi -2- on jakaantunut tasaisesti ohueksi kerrokseksi magneettista faasia $\text{HM}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ olevien rakeiden ympärille muodostamatta taskuja, joiden koko on suurempi kuin $4\text{ }\mu\text{m}$.
- 15 - Faasin $\text{HM}_{1+\epsilon}\text{Fe}_4\text{B}_4$ läsnäoloa ei todeta, rakeiden välinen huokoisuus -3- on hyvin pieni ja tällaisten huokosten halkaisija on korkeintaan $2\text{ }\mu\text{m}$. Rakeiden välissä on niukasti läsnä oksidifaasia -4-, näiden oksidien koon ollessa alle $3\text{ }\mu\text{m}$.
- 20 - Faasia T1 ($\text{HM}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$) olevien rakeiden ja sekundäärisen faasin kvantitatiivinen kobolttianalyysi osoittaa, että koboltti on sijoittunut periaatteessa rakeiden väliin sekundääriseen faasiin, keskimääräisen pitoisuuden ollessa yli 10 paino-%, ja ettei magneettinen faasi $\text{HM}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ -1- sisällä sitä kuin hyvin pienenä pitoisuutena.
- 25 - Magneetin S1 tunnusomaisena piirteenä on mikrorakenne, joka koostuu magneettista faasia $\text{HM}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ -1- olevista rakeista, joiden keskimääräinen koko on $12\text{ }\mu\text{m}$, ja joihin sisältyy suuri joukko sellaisia rakeita, joiden koko on $20\text{ }\mu\text{m}$, tiettyjen rakeiden ollessa kooltaan jopa $30\text{ }\mu\text{m}$. Lisäksi nämä rakeet ovat yleiseltä muodoltaan kulmikkaita. Huomattakoon läsnä oleva faasi $\text{HM Fe}_4\text{B}_4$ -5- sekä läsnä olevat suuret ja lukuisat huokokset -3-, joiden halkaisija voi olla $>5\text{ }\mu\text{m}$.
- 30 - Oksidikasaantumia -4- todetaan toisaalta pääasiassa kolminkertaisissa liitoskohdissa, ja niiden koko voi olla $>5\text{ }\mu\text{m}$.
- Co-pitoisuus runsaasti HM:ia sisältävässä sekundäärisessä faasissa on hyvin pieni ja se vastaa lejeeringin sekä magneettisen faasin $\text{HM}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ keskimääräistä pitoisuutta.
- 35

Patenttivaatimuksissa esitettyä menetelmää vastaavaan menetelmään kahden jauheen (A) ja (B) sekoittamiseksi liittyy tekniikan nykytason mukaisiin menetelmiin verrattuna seuraavat edut:

- 5 - menetelmä, jolla valmistetaan olennaisesti Co:ta ja HM:ja sisältäviä jauheita (B), johtaa vetykäsittelyn ansiosta näiden komponenttien hienoon ja homogeeniseen dispersioon. Tuloksena on parempi tihentyminen siinäkin tapauksessa, että harvinaisten maametallien kokonaispitoisuudet ovat pienemmät kuin tekniikan nykytason tapauksessa, sekä paremmat magneettiset ominaisuudet (Br, HcJ) sekä parempi kyky vastustaa korroosiota;
- 10 - jauheen (B) koostumuksen ansiosta runsaasti harvinaisia maametalleja sisältävällä sekundäärisellä faasilla on erityisiä ominaisuuksia kuten kyky vastustaa ilmakehän aiheuttamaa korroosiota, joka on Co-pitoisuuden ansiota, tai parempi sint-rautuvuus, joka on Cu- ja Al-pitoisuuksien ansiota.
- 15

Näin ollen, esimerkiksi keksinnön mukaisesti valmistettujen sintrattujen magneettien (HM=30,5 paino-%) sekä tekniikan nykytason mukaisesti valmistettujen sintrat-
20 tujen magneettien, joilla on sama tiheys, ja jotka on saatu yhteen lejeerinkiin perustuvista jauheista (HM=32 paino-%) metallurgisella tekniikalla, joita magneetteja on pidetty autoklaavissa 1,5 baarin (0,15 MPa) suhteellisessa paineessa 120 tunnin ajan 100 °C:ssa, kosteassa ilmakehässä (100 %:n suhteellinen kosteus), painohäviö on tällöin seuraava:

25	- keksintö	$2-7 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^2$
	- tekniikan nykytaso	$3-7 \times 10^{-2} \text{ g/cm}^2$

Näiden magneettien, joiden peruskoostumus ja joihin lisätyt alkuaineet ovat samankaltaisia, tapauksessa todetaan, että kyky vastustaa korroosiota on merkittävästi eri-
30 lainen: keksinnön mukaisesti saadut magneetit vastustavat korroosiota 10 kertaa paremmin.

- Sintratus magneetin mikrorakenne on homogeenisempi ajatellen T1-rakeiden ko-
koa, ja runsaasti harvinaisia maametalleja sisältävän faasin pienemmän määrän
35 hyvä jakaantuminen johtaa koersitiivisyyden selvään kasvuun.

Jauheiden (A) ja (B) seoksessa (A):n ja (B):n osuuksien määritellyllä vaihteluvälillä booripitoisuuden vaihtelut ja HM-pitoisuuden vaihtelut vastaavat käytännöllisesti

katsoen HM/B-suhteen optimia, mikä estää $\text{HM}_{1+\varepsilon}\text{Fe}_4\text{B}_4$ -faasin huomattavaa muodostumista, ja niiden ansiosta menetelmä on hyvin joustava ajatellen jauheen koostumuksen säätämistä ja magneettisten ominaisuuksien maksimointia.

5 Esimerkki 2

Kaksi lejeerinkiä (A), joilla on taulukossa VI esitetty koostumus, on valmistettu seuraavalla tavalla:

- harkot on valettu tyhjössä;
- 10 - vetykäsittely seuraavissa olosuhteissa:
 - tyhjö imetään,
 - argonia johdetaan 0,1 MPa:n absoluuttisessa paineessa,
 - kuumennus nopeudella 50 °C/h arvoon 400 °C,
 - täyttö argonin ja vedyn seoksella, jossa vedyn absoluuttinen osapaine on
 - 15 0,06 MPa ja argonin absoluuttinen osapaine on 0,07 MPa, pitäen tämän seoksen alaisuudessa 2 tuntia,
 - tyhjö imetään,
 - täyttö argonilla 0,1 MPa:n paineeseen ja jäähdytys ympäristön lämpötilaan nopeudella 10 °C/h,
 - 20 - jauhaminen kaasusuihkumyllyllä typpi-ilmakehässä siten, että Fisher-hiukkaskoko saadaan taulukon X mukaiseksi.

Kaksi lejeerinkiä (C), joilla on taulukossa VII esitetty koostumus, on valmistettu seuraavasti:

- 25 - harkot on valettu tyhjössä;
- ne on käsitelty vedyllä
 - tyhjö imetään,
 - täyttö argonin ja vedyn seoksella, jossa vedyn absoluuttinen osapaine on
 - 30 0,06 MPa ja argonin absoluuttinen osapaine on 0,07 MPa, ympäristön lämpötilassa 2 tunnin ajan,
 - kuumentaminen arvoon 400 °C nopeudella 50 °C/h tässä samassa ilmakehässä, ylläpitäen näitä olosuhteita 2 tuntia,
 - tyhjö imetään,
 - täyttö argonilla 0,1 MPa:n absoluuttiseen paineeseen ja jäähdytys ympäristön
 - 35 lämpötilaan nopeudella 10 °C/h.

Täten saadun karkean jauheen suurin koko on alle 900 µm.

Lejeerinki (D), jonka koostumus on esitetty taulukossa VIII, on käsitelty seuraavalla tavalla:

- harkot on murskattu mekaanisesti erityisessä typpi-ilmakehässä siten, että rae-kooksi on saatu alle 3 mm,
- 5 - esijauhatusta kaasusuihkumyllyssä typpi-ilmakehässä siten, että hiukkaskooksi on saatu alle 500 µm.

Kahdeksan (C):stä ja (D):stä muodostettua seosta (B), joilla on taulukon IX mukainen koostumus, on valmistettu seuraavalla tavalla:

- 10 - karkeitä jauheita (C) ja (D) sekoitetaan keskenään taulukossa IX esitettyinä osuuksina;
- homogointi pyörivässä sekoittimessa;
- jauhaminen kaasusuihkumyllyllä typpi-ilmakehässä siten, että hiukkaskoko on saatu taulukon X mukaiseksi.

15

Tällä tavalla saatuja jauheita (A) ja (B) on sekoitettu toisiinsa taulukossa XI esitetyissä painosuhteissa, miten seokset on puristettu kokoon kentässä ($\perp$), ne on sintratut ja käsitelty taulukossa XII esitetyissä olosuhteissa, ja taulukossa XII on myös esitetty näillä magneeteilla todetut magneettiset ominaisuudet.

20

Magneetit M7-M8; M11-M12; M23-M24; M27; M28 vastaavat keksintöä, muut esimerkit poikkeavat keksinnöstä seuraavista syistä:

25

Magneeteissa M13-M16 ja M29-M32 on käytetty lejeerinkiä (B), joka sisältää liikaa B:tä;

30

M1 - M2 - M3 - M4, M17 - M18 - M19 - M20 on saatu seoksista, joissa jauhe (B) ei sisällä lisättyä jauhetta (D). Tästä syystä täten saatujen magneettien remanenssiarvo on aina pienempi kuin keksinnön mukaisesti saaduilla, koostumukseltaan samanlaisilla magneeteilla.

35

Vaikka esimerkit M5 - M6 - M9 - M10 - M13 - M14 - M21 - M22 - M25 - M26 - M29 - M30 onkin saatu jauhetta (D) sisältävistä jauheista (B), niin ne on kuitenkin saatu jauheesta (A), jonka booripitoisuus on suuri (1,06 %) ja näiden esimerkkien remanenssi on alle 1,32 T.

Esimerkit M31 ja M32 vastaavat sitä tapausta, jossa magneetit on saatu jauhetta (D) ja jauhetta (A), jossa booripitoisuus on pieni (0,98 paino-%), sisältävästä jauheesta

(B), mutta näiden magneettien remanenssi on kuitenkin hieman pienempi kuin 1,32 T, sillä jauheessa (B) B-pitoisuus on enemmän kuin 1,5 %.

- Keksinnön mukaisilla magneeteilla on samat rakenteelliset tunnusomaiset piirteet
- 5 kuin patenttihakemuksen FR 92-14995 mukaisilla magneeteilla: niistä puuttuu faasi $\text{Nd}_{1+\epsilon}\text{Fe}_4\text{B}_4$, rakeiden homogeeninen rakenne ajatellen rakeiden kokoa ja vain vähän kulmikasta muotoa, sekundäärinen faasi on jakautunut tasaisesti hienoiksi kerroksiksi, joihin koboltti on edullisesti sijoittunut.
- 10 Keksinnön kohteena olevaan menetelmään liittyy seuraavat edut:
- esimerkkiin 1 verrattuna saavutetaan parempi tihentyminen, kun sintraaminen toteutetaan alhaisemmassa lämpötilassa ja/tai kun se kestää lyhyemmän aikaa, mikä parantaa remanenssi-induktiota ja koersitiivisyyttä.
 - lisäjauhe (B) sisältää kaikkia niitä lisättäviä alkuaineita, joiden ansiosta alhaisessa
 - 15 lämpötilassa (1050-1070 °C) toteutetun sintraamisen aikana voi muodostua runsaasti harvinaisia maametalleja sisältävä nestemäinen faasi, joka sisältää kobolttia ja muita alkuaineita kuten alumiinia, kuparia, piitä sekä epäpuhtauksia, ja josta faasista voi muodostua sintraamisen ja jäähtymisen jälkeen magneettinen lisäfaasi $\text{HM}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, ilman tekniikan nykytasossa välttämätöntä $\text{HM}_{1+\epsilon}\text{Fe}_4\text{B}_4$ -faasin
 - 20 vaikeata laimentamista, jolloin päästään erittäin hyviin magneettisiin ominaisuuksiin.
 - edelleen todetaan, ettei keksinnön mukainen sintrattu magneetti sisällä faasia $\text{TR}_{1+\epsilon}\text{Fe}_4\text{B}_4$.
 - jauheen (C) vetykäsittelyllä päästään, samoin kuin tekniikan nykytason mukaisissa ratkaisuissa, komponenttien hienoon ja homogeeniseen dispersioon, ja tämä vetykäsittely helpottaa myös tihentymistä alhaisessa lämpötilassa toteutetun sintraamisen aikana silloinkin, kun HM-pitoisuus on pieni, sekä hyvien magneettisten ominaisuuksien (Br, Hcj) sekä paremman korroosionkeston saamista.
 - tämän alkuaineen lopullista pitoisuutta voidaan hienosäätää lisäämällä jauheeseen
 - 30 (C) booria sisältävää jauhetta (D) lopullisen magneetin remanenssin maksimoimiseksi.

Taulukko I

Koostumukset (A) (paino-%)

		Nd	Dy	B	Al	V	Cu	Fe
5	A1	27,0	1,5	1,06	0,3	0	0,03	lopud
	A2	27,5	1,0	1,06	0,3	0	0,03	lopud
	A3	26,0	1,5	1,06	0,3	0	0,03	lopud
	A4	27,0	1,5	1,0	0,3	0	0,03	lopud
	A5	27,0	1,5	1,15	0,3	0	0,03	lopud
10	A6	28,1	0	1,17	0	1,0	0,03	69,43
	A7	28,1	0	1,13	0	0	0,03	70,7
	A8	28,1	0	1,0	0	0	0,03	70,9

Taulukko II

15 Koostumukset (B) (paino-%)

		Nd	Dy	Co	Fe	Al	V	Cu	B
20	B1	59,1	1,5	32,0	7,1	0,3	0	0,03	0
	B2	59,8	1,0	32,0	6,9	0,3	0	0,03	0
	B3	59,0	1,5	32,0	6,1	0,3	0	0,03	1,05
	B4	67,2	1,5	31,0	0	0,3	0	0,03	0
	B5	50,0	1,5	33,0	15,2	0,3	0	0,03	0
25	B6	52,0	10,0	33,0	2,0	3,0	0	0,03	0
	B7	52,0	10,0	24,0	2,0	3,0	9,0	0,03	0
	B8	52,0	10,0	24,0	1,0	3,0	9,0	0,03	1,10
	B9	59,1	1,5	32,0	7,1	0,3	0	0,03	0
	B10	59,1	1,5	32,0	6,9	0,3	0	0,03	0,2

Taulukko III

30 Jauheiden ominaisuudet

	Tunnus	FSSS*	O₂, ppm
35	A1	4,5	2900
	A2	4,7	3100
	A3	4,5	2800
	A4	4,7	2800
	A5	4,8	3000
40	A6	4,2	3000
	A7	4,5	3200
	A8	4,6	2900
45	B1	3,2	5100
	B2	3,3	4800
	B3	3,9	6000
	B4	3,1	5200
	B5	3,4	4800
	B6	3,5	5000
	B7	3,4	4900
50	B8	3,3	5200
	B9	3,4	10200
	B10	3,3	5500

* FSSS: Fisher Sub Size Sieve, µm

Taulukko IV

Seosten koostumukset (paino-%)

	(A)	(B)	% (B)*	Nd	Dy	B	Co	Al	Cu	V	Fe	O ₂ ***
M1	A1	B1	6 %	28,9	1,5	1,0	1,9	0,3	0,03	0	lop	3200
M2	A2	B2	6 %	29,5	1,0	1,0	1,9	0,3	0,03	0	lop	2900
M3	A3	B1	6 %	28,0	1,5	1,0	1,9	0,3	0,03	0	lop	3100
M4	A4	B1	6 %	28,9	1,5	0,94	1,9	0,3	0,03	0	lop	3100
M5	A5	B1	6 %	28,9	1,5	1,08	1,9	0,3	0,03	0	lop	3200
M6	A4	B3	6 %	28,9	1,5	1,0	1,9	0,3	0,03	0	lop	3800
M7	A1	B4	4 %	28,6	1,5	1,02	1,2	0,3	0,03	0	lop	3100
M8	A1	B5	9 %	29,1	1,5	0,96	3,0	0,3	0,03	0	lop	2900
M9	A6	B6	10 %	30,5	1,0	1,05	3,3	0,3	0,03	0,9	lop	3100
M10	A7	B7	10 %	31,0	1,0	1,0	2,4	0,3	0,03	0,8	lop	3200
M11	A8	B8	10 %	31,0	1,0	1,0	2,4	0,3	0,03	0,8	lop	3600
M12	A1	B9	6 %	28,9	1,5	1,0	1,9	0,3	0,03	0	lop	3800
M13	A1	B10	6 %	28,9	1,5	1,0	1,9	0,3	0,03	0	lop	3100
S1**				28,9	1,5	1,0	1,9	0,3	0,03	0	lop	3700
S2				29,4	1,0	1,0	1,9	0,3	0,03	0	lop	3800
S3				29,0	1,5	1,08	1,9	0,3	0,03	0	lop	3900

* Paino-%

** S1, S2, S3 ovat lejeerinkejä, joilla on samanlainen koostumus kuin seoksilla M1, M2, M3, vastaavasti, mutta ne on saatu suoralla sulatuksella.

*** O₂, ppm.

Taulukko V

Magneettien ominaisuudet

	Kokoon- puristustapa*	Olosuhteet		Olosuhteet		Olosuhteet		Br (T)	HcJ (kA/m)	(BH) max kJ/m ³
		tyhjössä sintrattaessa	1080 °C - 16 h	800 °C - 1 h	580 °C - 1 h	tyhjössä hehkutettaessa	tyhjössä kovetettaessa			
M1	//	"	1080 °C - 16 h	800 °C - 1 h	580 °C - 1 h	"	"	1,285	1100	305
	L	"	"	"	"	"	"	1,340	1090	340
M2	//	"	"	"	"	"	"	1,295	1010	315
	L	"	"	"	"	"	"	1,350	1000	350
M3	//	"	"	"	"	"	"	1,25	1115	295
	L	"	"	"	"	"	"	1,30	1115	325
M4	//	"	"	"	"	"	"	1,25	1100	295
	L	"	"	"	"	"	"	1,30	1100	325
M5	//	"	"	"	"	"	"	1,27	1075	300
	L	"	"	"	"	"	"	1,33	1065	340
M6*	//	"	"	"	"	"	"	1,17	540	230
M7	//	"	"	"	"	"	"	1,23	915	270
M8	//	"	"	"	"	"	"	1,26	955	295
M9	//	"	1090 °C - 16 h	"	"	"	"	1,25	1115	295
	L	"	"	"	"	"	"	1,30	1115	325
M10	//	"	1100 °C - 16 h	"	"	"	"	1,22	795	295
M11	//	"	"	"	"	"	"	1,19	710	255
M12	//	"	1100 °C - 16 h	"	"	"	"	0,8	100	-
M13	//	"	1080 °C - 16 h	"	"	"	"	1,24	950	285
M14	//	"	1090 °C - 16 h	"	"	"	"	1,25	1190	295
S1	//	"	1080 °C - 16 h	"	"	"	"	1,21	715	295
S2	//	"	"	"	"	"	"	1,18	555	-
S3	//	"	"	"	"	"	"	1,20	650	-

* Perinteinen puristin

Taulukko VI

Koostumukset (A), paino-%

5		<u>Nd</u>	<u>Dy</u>	<u>B</u>	<u>Al</u>	<u>Cu</u>	<u>Si</u>	<u>Fe</u>
	A1	27,0	1,5	1,06	0,3	0,03	0,05	loput
	A2	27,0	1,5	0,98	0,3	0,03	0,05	loput

10 **Taulukko VII**

Koostumukset (C), paino-%

		<u>Nd</u>	<u>Dy</u>	<u>B</u>	<u>Co</u>	<u>Al</u>	<u>Cu</u>	<u>Si</u>	<u>Fe</u>
	C1	59,1	1,5	0	32,0	0,3	0,03	0,05	loput
15	C2	59,1	1,5	0,2	32,0	0,3	0,03	0,05	loput

Taulukko VIII

Koostumukset (D), paino-%

20

		<u>B</u>	<u>Al</u>	<u>Cu</u>	<u>Si</u>	<u>Fe</u>
	D1	17,0	2,0	0,5	0,5	loput

Taulukko IX
Koostumus (B) = seokset (C)+(D) (paino-%)

l. lisäys	(C)	(D)	(C)*	(D)*	Nd	Dy	B	Co	Al	Cu	Si	Fe
B1	C1	D1	100	0	59,1	1,5	0	32,0	0,3	0,03	0,05	lop ut
B2	C1	D1	97	3	57,3	1,5	0,50	31,0	0,4	0,04	0,06	lop ut
B3	C1	D1	94	6	55,6	1,4	1,00	30,0	0,4	0,06	0,08	lop ut
B4	C1	D1	90	10	53,2	1,4	1,70	29,0	0,5	0,08	0,08	lop ut
B5	C2	D1	100	0	59,1	1,5	0,20	32,0	0,3	0,03	0,05	lop ut
B6	C2	D1	98	2	57,9	1,5	0,50	31,4	0,3	0,04	0,06	lop ut
B7	C2	D1	95	5	56,1	1,4	1,04	30,4	0,4	0,06	0,08	lop ut
B8	C2	D1	90	10	53,2	1,4	1,88	29,0	0,5	0,08	0,08	lop ut

* (C):n tai (D):n osuus, paino-%, seoksessa (B) = (C) + (D) .

Taulukko X

Hienojen jauheiden ominaisuudet

	<u>Tunnus</u>	<u>FSSS*</u>	<u>O₂, ppm</u>
5	A1	4,1	2800
	A2	4,2	3100
	B1	3,0	4300
	B2	2,8	5500
	B3	3,3	4600
10	B4	3,1	4800
	B5	2,8	4700
	B6	2,5	6200
	B7	3,1	5000
	B8	2,9	5100
15			

* FSSS: Fisher Sub Size Sieve, µm.

Taulukko XI

Koostumus (M) : seokset (A) + (B)

(M)	(A)	(B)	%(A)	%(B)	Nd	Dy	B	Co	Al	Cu	Si	Fe	O2*
M1	A1	B1	94	6	28,9	1,5	1,00	1,92	0,3	0,03	0,05	lop	3300
M2	A1	B1	90	10	30,2	1,5	0,95	3,20	0,3	0,03	"	"	3200
M3	A2	B1	94	6	28,9	1,5	0,92	1,92	"	0,03	"	"	3500
M4	A2	B1	90	10	30,2	1,5	0,88	3,20	"	0,03	"	"	3000
M5	A1	B2	94	6	28,8	1,5	1,03	1,86	"	"	"	"	3100
M6	A1	B2	90	10	30,0	1,5	1,00	3,10	"	"	"	"	3500
M7	A2	B2	94	6	28,8	1,5	0,95	1,86	"	"	"	"	3200
M8	A2	B2	90	10	30,0	1,5	0,93	3,10	"	"	"	"	3400
M9	A1	B3	94	6	28,7	1,5	1,06	1,80	"	"	"	"	2900
M10	A1	B3	90	10	29,9	1,5	1,09	3,00	"	"	"	"	2800
M11	A2	B3	94	6	28,7	1,5	1,10	1,80	"	"	"	"	2700
M12	A2	B3	90	10	29,9	1,5	0,98	3,00	"	"	"	"	3000
M13	A1	B4	94	6	28,6	1,5	1,10	1,74	"	"	"	"	3100
M14	A1	B4	90	10	29,6	1,5	1,12	2,90	"	"	"	"	3400
M15	A2	B4	94	6	28,6	1,5	1,02	1,74	"	"	"	"	3200
M16	A2	B4	90	10	29,6	1,5	1,05	2,90	"	"	"	"	3000
M17	A1	B5	94	6	28,9	1,5	1,00	1,92	"	"	"	"	2900
M18	A1	B5	90	10	30,2	1,5	0,97	3,20	"	"	"	"	3400
M19	A2	B5	94	6	28,9	1,5	0,93	1,92	"	"	"	"	3200
M20	A2	B5	90	10	30,2	1,5	0,90	3,20	"	"	"	"	3300
M21	A1	B6	94	6	28,9	1,5	1,03	1,88	"	"	"	"	2800
M22	A1	B6	90	10	30,1	1,5	1,00	3,14	"	"	"	"	2900
M23	A2	B6	94	6	28,9	1,5	0,95	1,88	"	"	"	"	3000
M24	A2	B6	90	10	30,1	1,5	0,93	3,14	"	"	"	"	3100

(jatkoa taulukkoon XI)

(M)	(A)	(B)	% (A)	% (B)	Nd	Dy	B	Co	Al	Cu	Si	Fe	O ₂ *
M25	A1	B7	94	6	28,7	1,5	1,06	1,82	"	"	"	"	3400
M26	A1	B7	90	10	29,9	1,5	1,06	3,04	"	"	"	"	3200
M27	A2	B7	94	6	28,7	1,5	0,98	1,82	"	"	"	"	3000
M28	A2	B7	90	10	29,9	1,5	0,99	3,04	"	"	"	"	3100
M29	A1	B8	94	6	28,6	1,5	1,11	1,74	"	"	"	"	3000
M30	A1	B8	90	10	29,6	1,5	1,03	2,90	"	"	"	"	2900
M31	A2	B8	94	6	28,6	1,5	1,03	1,74	"	"	"	"	3300
M32	A2	B8	90	10	29,6	1,5	1,07	2,90	"	"	"	"	3100

* ppm

Taulukko XII
Magneettien ominaisuudet*

5		Sintraus- olosuhteet °C - tuntia	Hehkutus olosuhteet °C - tuntia	Kovetus- olosuhteet °C - tuntia	d	Br (T)	HcJ (kA/m)	(BH)max (kJ/M ³)
10	M1	1080 - 4	800 - 1	580 - 1	7,37	1,30	1100	320
	M2	1070 - 4	"	"	7,31	1,27	1140	304
	M3	1060 - 4	"	"	7,55	1,30	960	320
	M4	1060 - 4	"	"	7,58	1,28	1100	309
15	M5	1060 - 4	"	"	7,37	1,30	1080	320
	M6	1050 - 4	"	"	7,38	1,28	1190	309
	M7	1060 - 4	"	"	7,58	1,36	1200	3500
	M8	1050 - 4	"	"	7,56	1,32	1250	3300
20	M9	1060 - 4	"	"	7,33	1,29	1050	314
	M10	1050 - 4	"	"	7,37	1,27	1120	304
	M11	1060 - 4	"	"	7,58	1,35	1150	333
	M12	1050 - 4	"	"	7,58	1,32	1250	330
25	M13	1060 - 4	"	"	7,40	1,30	980	320
	M14	1050 - 4	"	"	7,42	1,28	1200	309
	M15	1060 - 4	"	"	7,35	1,30	1200	320
	M16	1050 - 4	"	"	7,43	1,29	1280	314
30	M17	1060 - 4	"	"	7,36	1,30	1000	320
	M18	1050 - 4	"	"	7,39	1,28	1080	309
	M19	1060 - 4	"	"	7,38	1,31	1130	330
	M20	1050 - 4	"	"	7,40	1,26	950	300
35	M21	1060 - 4	"	"	7,39	1,30	1100	320
	M22	1050 - 4	"	"	7,39	1,28	1200	309
	M23	1060 - 4	"	"	7,58	1,35	1200	344
	M24	1050 - 4	"	"	7,56	1,32	1150	330
40	M25	1060 - 4	"	"	7,41	1,30	1090	320
	M26	1050 - 4	"	"	7,36	1,27	1080	304
	M27	1060 - 4	"	"	7,58	1,35	1160	344
	M28	1050 - 4	"	"	7,57	1,32	1150	330
45	M29	1060 - 4	"	"	7,41	1,37	960	320
	M30	1050 - 4	"	"	7,30	1,27	1020	304
	M31	1060 - 4	"	"	7,35	1,30	1180	320
	M32	1050 - 4	"	"	7,55	1,31	1100	323

* Kohtisuora kokoonpuristus.

Patenttivaatimukset

1. Magneettinen jauhe HM-S-B-luokkaan kuuluvien sintrattujen magneettien valmistamiseksi, jossa kaavassa HM tarkoittaa vähintään yhtä harvinaista maametallia, S tarkoittaa vähintään yhtä siirtymämetallia, kuten Fe ja/tai Co, ja B tarkoittaa booria, ja
- 5 jotka magneetit voivat mahdollisesti sisältää myös muita vähäisiä alkuaineita ja jonka jauheen rakenne koostuu olennaisesti neliöfaasissa olevista rakeista $\text{HM}_2\text{S}_{14}\text{B}$, olennaisesti harvinaisia maametalleja HM sisältävästä sekundäärisestä faasista sekä mahdollisesti muista vähäisistä faaseista, **tunnettu** siitä, että magneettinen lähtöjauhe koostuu kahden seoksen (A) ja (B) seoksesta, jossa:
- 10 a) jauhe (A) muodostuu rakenteeltaan neliömäisistä $\text{HM}_2\text{S}_{14}\text{B}$ -rakeista, jolloin S tarkoittaa olennaisesti rautaa ja $\text{Co/Fe} < 8 \%$, ja tämä jauhe voi samoin sisältää korkeintaan 0,5 % Al, korkeintaan 0,05 % Cu ja yhteensä korkeintaan 4 % vähintään yhtä alkuaineiden V, Nb, Hf, Mo, Cr, Ti, Zr, Ta, W joukosta sekä väistämättömiä epäpuhtauksia, Fisherin mukaisen hiukkaskoon ollessa 3,5-5 μm ,
- 15 b) jauhe (B) sisältää runsaasti harvinaista maametallia HM, kobolttia Co ja sillä on seuraava painosta laskettu koostumus:
HM 52-70 %, käsittäen vähintään 40 % (absoluuttisena arvona) yhtä tai useampaa kevyttä harvinaista maametallia, jo(t)ka on valittu alkuaineiden La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu joukosta, vetypitoisuus (ppm painosta) on enemmän kuin
- 20 130x%HM; Co 20-35 %; Fe 0-20 %; B $\leq$ 0-0,2 %; Al 0,1-4 %; sekä väistämättömiä epäpuhtauksia, Fisherin mukaisen hiukkaskoon ollessa alueella 2,5-3,5 μm .
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen magneettinen jauhe, **tunnettu** siitä, että jauheen (B) hiukkaskoko on vähintään 20 % pienempi kuin jauheen (A) hiukkaskoko.
- 25 3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen magneettinen jauhe, **tunnettu** siitä, että jauhe (B) ei sisällä käytännöllisesti katsoen lainkaan booria.
- 30 4. Jonkin patenttivaatimuksen 1-3 mukainen magneettinen jauhe, **tunnettu** siitä, että jauheen (B) likviduslämpötila on alhaisempi tai yhtä suuri kuin 1080 °C.
5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen magneettinen jauhe, **tunnettu** siitä, että jauheen (B) likviduslämpötila on alle 1050 °C.

6. Jonkin patenttivaatimuksen 1-5 mukainen magneettinen jauhe, **tunnettu** siitä, että jauhe (A) muodostaa 88-95 paino-% seoksesta (A)+(B).
7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen magneettinen jauhe, **tunnettu** siitä, että jauhe (A) muodostaa 90-94 paino-% seoksesta (A)+(B).
8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen magneettinen jauhe, **tunnettu** siitä, että HM-pitoisuus on alueella 29-32 paino-%.
9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen magneettinen jauhe, **tunnettu** siitä, että O₂-pitoisuus on alle 3500 ppm.
10. Patenttivaatimuksen 8 mukainen magneettinen jauhe, **tunnettu** siitä, että HM-pitoisuus on alueella 29-31 paino-%.
11. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen lisäjauhe (B), **tunnettu** siitä, että tämä lisäjauhe koostuu jauheiden (C) ja (D) seoksesta, jossa:
- a) jauhe (C) sisältää runsaasti harvinaisia maametalleja ja se sisältää kobolttia Co ja sillä on seuraava koostumus painosta laskien:
HM 52-70 %, käsittäen vähintään 40 % (absoluuttisina arvoina) yhtä (tai useampaa) kevyttä harvinaista maametallia, jo(t)ka on valittu alkuaineista La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, vetypitoisuus (ppm painosta) on enemmän kuin 130x%HM; Co 20-35 %; Fe 0-20 %; B 0-0,2 %; Al 0,1-4 %, jauheen sisältäessä myös väistämättömiä epäpuhtauksia;
- b) jauhe (D) koostuu B:stä sekä vähintään yhdestä, seuraavien alkuaineiden Al, Si, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Nb, Mo joukosta valitusta alkuaineesta ja se sisältää 5-70 paino-% booria sekä väistämättömiä epäpuhtauksia;
- ja tässä seoksessa karkeitä jauheita (C) ja (D) on sekoitettu toisiinsa siten, että B:n pitoisuudeksi on saatu 0,05-1,5 %, minkä jälkeen ne on jauhettu samanaikaisesti siten, että Fisherin mukaiseksi hiukkaskooksi on saatu 2,5-3,5 µm.
12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen lisäjauhe (B), **tunnettu** siitä, että B-pitoisuus on alueella 0,4-1,2 %.

13. Magneettinen jauhe, joka koostuu 88-95 paino-% jauhetta (A) ja 5-12 paino-% patenttivaatimuksen 19 tai 20 mukaista jauhetta (B) sisältävästä seoksesta, **tunnettu** siitä, että jauhe (A) muodostuu rakenteeltaan neliömäisistä $\text{HM}_2\text{S}_{14}\text{B}$ -rakeista, jossa S tarkoittaa olennaisesti rautaa ja $\text{Co/Fe} < 8 \%$ ja se sisältää B:tä 0,95-1,05 % ja tämä
- 5 jauhe voi samoin sisältää korkeintaan 0,5 % Al, korkeintaan 0,05 % Cu ja yhteensä korkeintaan 4 % vähintään yhtä alkuaineiden V, Nb, Hf, Mo, Cr, Ti, Zr, Ta, W joukosta sekä väistämättömiä epäpuhtauksia, Fisherin mukaisen hiukkaskoon ollessa 3,5-5 μm .
- 10 14. Jonkin patenttivaatimuksen 9, 12 tai 13 mukainen lisäjauhe (B), **tunnettu** siitä, että runsaasti HM:ää sisältävä jauhe (C) ei sisällä käytännöllisesti katsoen lainkaan booria.
- 15 15. Patenttivaatimuksen 14 mukainen lisäjauhe (B), **tunnettu** siitä, että sen likviduslämpötila on alhaisempi tai yhtä suuri kuin 1050 °C.
- 20 16. Patenttivaatimuksen 14 mukainen lisäjauhe (B), **tunnettu** siitä, että sitä käytetään sekoittamalla sitä jauheeseen (A), joka on hyvin lähellä magneettisen faasin $\text{HM}_2\text{S}_{14}\text{B}$ koostumusta.
- 25 17. Patenttivaatimuksen 16 mukainen magneettinen jauhe, **tunnettu** siitä, että jauheen (B) hiukkaskoko on vähintään 20 % pienempi kuin jauheen (A) hiukkaskoko.
- 30 18. Menetelmä jonkin patenttivaatimuksen 1-4 mukaisen jauheen (B) saamiseksi, **tunnettu** siitä, että lähtölejeerinki on käsitelty ennen jauhamistaan vedyllä seuraavissa olosuhteissa: tyhjö imetään, inerttikaasun paine nostetaan alueelle 0,1-0,12 MPa, lämpötila nostetaan alueella 10-500 °C/h olevalla nopeudella alueella 350-450 °C olevaan arvoon, lejeerinkiin kohdistetaan alueella 0,01-0,12 MPa oleva vedyn absoluuttinen osapaine ja näitä olosuhteita pidetään yllä 1-4 tuntia, tyhjö imetään ja lejeerinkiin
- 35 kohdistetaan alueella 0,1-0,12 MPa oleva inerttikaasun paine ja lämpötila lasketaan ympäristön lämpötilaan alueella 5-100 °C/h olevalla nopeudella.
19. Patenttivaatimuksen 18 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vetykäsittelyä edeltää alustava vetykäsittely, jossa lähtölejeerinkiä pidetään alueella 0,01-0,12 MPa olevassa vedyn absoluuttisessa osapaineessa 1-3 tunnin ajan ympäristön lämpötilassa.

20. Patenttivaatimuksen 18 tai 19 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että alustava vetykäsittely (kylmässä) ja varsinainen vetykäsittely (kuumassa) toistetaan korkeintaan kaksi kertaa.
- 5 21. Jonkin patenttivaatimuksen 18-20 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että inerttikaasu on argonia tai heliumia tai näiden kahden kaasun seos.
- 10 22. Menetelmä patenttivaatimuksen 1 mukaisen jauheen (A) saamiseksi, **tunnettu** siitä, että lähtölejeerinki on käsitelty ennen jauhamistaan vedyllä seuraavissa olosuhteissa: tyhjö imetään, inerttikaasun paine nostetaan alueelle 0,1-0,12 MPa, lämpötila nostetaan alueella 10-500 °C/h olevalla nopeudella alueella 350-450 °C olevaan arvoon, lejeerinkiin kohdistetaan alueella 0,01-0,12 MPa oleva vedyn absoluuttinen osapaine ja näitä olosuhteita pidetään yllä 1-4 tuntia, tyhjö imetään ja lejeerinkiin kohdistetaan alueella 0,1-0,12 MPa oleva inerttikaasun paine ja jäähdytys ympäristön
15 lämpötilaan alueella 5-100 °C/h olevalla nopeudella.
23. Patenttivaatimuksen 22 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että inerttikaasu on argonia tai heliumia tai näiden kahden kaasun seos.
- 20 24. HM-S-B-luokkaan, jossa kaavassa HM tarkoittaa vähintään yhtä harvinaista maametallia, S tarkoittaa vähintään yhtä siirtymämetallia, kuten Fe ja/tai Co, ja B tarkoittaa booria, kuuluva sintrattu magneetti, joka on saatu käyttämällä patenttivaatimuksen 1 mukaista jauhetta, joka mahdollisesti sisältää myös muita vähäisiä alkuaineita ja jonka rakenne koostuu olennaisesti neliöfaasissa (T1) olevista rakeista
25 $\text{HM}_2\text{S}_{14}\text{B}$, olennaisesti harvinaisia maametalleja HM sisältävästä sekundäärisestä faasista sekä mahdollisesti muista vähäisistä faaseista, **tunnettu** siitä, että Co on sijoittunut olennaisesti sekundääriseen faasiin, keskimääräisen Co-pitoisuuden ollessa ≥ 10 paino-%.
- 30 25. Patenttivaatimuksen 24 mukainen magneetti, **tunnettu** siitä, että se sisältää vähemmän kuin 3500 ppm happea.
26. Sintrattu kestopagneetti, joka sisältää 29-32 % HM, 0,93-1,04 % B, 1-4,3 % Co, 0,2-0,5 % Al, 0,02-0,05 % Cu, lopun koostuessa raudasta Fe ja väistämättömistä epäpuhtauksista, **tunnettu** siitä, että sen remanenssi on yli 1,32 T.
35

27. Patenttivaatimuksen 26 mukainen kestopagneetti, **tunnettu** siitä, että remanenssi on yli 1,35 T.

28. Patenttivaatimuksen 26 tai 27 mukainen kestopagneetti, **tunnettu** siitä, että sisäinen koersitiivisyys on yli 1150 kA/m.

29. Jonkin patenttivaatimuksen 26-28 mukainen kestopagneetti, **tunnettu** siitä, että happipitoisuus on alle 3500 ppm.

10 Patentkrav

1. Magnetiskt pulver för framställning av sintrade magneter tillhörande SJ-Ö-B-klassen, vari SJ betecknar minst en sällsynt jordartsmetall, Ö betecknar minst en övergångsmetall, så som Fe och/ eller Co, och B betecknar bor, och vilka magneter också eventuellt kan innehålla andra element i små mängder och vari pulvrets struktur består av $\text{SJ}_2\text{Ö}_{14}\text{B}$ -granulat väsentligen i kvadratsfas, av en sekundärfas som innehåller väsentligt sällsynta jordmetaller SJ, samt av eventuella andra ringa faser, **kännetecknat** av att det magnetiska utgångspulvret består av en blandning av två pulver (A) och (B), varvid:

20 a) pulver (A) består av $\text{SJ}_2\text{Ö}_{14}\text{B}$ -granulat med en kvadratisk struktur, vari Ö betecknar väsentligt järn och $\text{Co/Fe} < 8\%$, och detta pulver kan även innehålla högst 0,5 % Al, högst 0,05 % Cu och totalt högst 4 % av minst ett element ur gruppen V, Nb, Hf, Mo Cr, Ti, Zr, Ta, W samt oundvikliga föroreningar, varvid partikelstorleken enligt Fisher är 3,5-5 μm ,

25 b) pulver (B) är rikt på sällsynt jordartsmetall SJ, kobolt Co och har följande sammansättning beräknad på vikten:

30 SJ 52-70 %, innefattande minst 40 % (absolut värde) av en eller flera lätta sällsynta jordartsmetaller, valda ur gruppen La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, vätehalten (ppm av vikten) är mera än $130 \times \% \text{SJ}$; Co 20-35 %; Fe 0-20 %; B $\leq 0,02\%$; Al 0,1-4 %; samt oundvikliga föroreningar, varvid partikelstorleken enligt Fisher är 2,5-3,5 μm .

35 2. Magnetiskt pulver enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att pulvrets (B) partikelstorlek är minst 20 % mindre än pulvrets (A) partikelstorlek.

3. Magnetiskt pulver enligt patentkrav 1 eller 2, **kännetecknat** av att pulvret (B)

praktiskt taget inte innehåller bor överhuvudtaget.

4. Magnetiskt pulver enligt något av patentkraven 1-3, **kännetecknat** av att pulvrets (B) likvidustemperatur är lägre eller lika med 1080 °C.
- 5
5. Magnetiskt pulver enligt patentkrav 4, **kännetecknat** av att pulvrets (B) likvidustemperatur är lägre än 1050 °C.
6. Magnetiskt pulver enligt något av patentkraven 1-5, **kännetecknat** av att pulvret (A) bildar 88-95 vikt-% av blandningen (A) + (B).
- 10
7. Magnetiskt pulver enligt patentkrav 6, **kännetecknat** av att pulvret (A) bildar 90-94 vikt-% av blandningen (A) + (B).
8. Magnetiskt pulver enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att SJ-halten är inom intervallen 29-32 vikt-%.
- 15
9. Magnetiskt pulver enligt patentkrav 8, **kännetecknat** av att O₂-halten är under 3500 ppm.
- 20
10. Magnetiskt pulver enligt patentkrav 8, **kännetecknat** av att SJ-halten är inom intervallen 29-31 vikt-%.
11. Tilläggspulver (B) enligt patentkrav 1 eller 2, **kännetecknat** av att tilläggspulvret består av en blandning av pulvren (C) och (D), varvid:
- 25
- a) pulver (C) innehåller rikligt med sällsynta jordartsmetaller och det innehåller kobolt Co och har följande sammansättning baserad på vikten:
SJ 52-70 %, innefattande åtminstone 40 % (absolut värde) av en eller flera lätta sällsynta jordartsmetaller, valda ur elementgruppen La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, vätehalten (ppm av vikten) är mera än 130x%SJ; Co 20-35 %; Fe 0-20 %; B 0-0,2 %; Al 0,1-4 %; samt oundvikliga föroreningar;
- 30
- b) pulver (D) består av B samt av åtminstone ett av följande element valda ur gruppen Al, Si, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Nb, Mo och det innehåller 5-70 vikt-% bor samt oundvikliga föroreningar;
- 35
- och i denna blandning har grova pulver (C) och (D) sammanblandats så att B har er-

hållit en halt på 0,05-1,5 %, varefter de malts samtidigt, så att de erhållit en partikelstorlek mellan 2,5-3,5 μm enligt Fisher.

12. Tilläggspulver (B) enligt patentkrav 11, **kännetecknat** av att B-halten är inom intervallen 0,4-1,2 %.

13. Magnetiskt pulver, som består av en blandning av 88-95 vikt-% pulver (A) och 5-12 vikt-% pulver (B) enligt patentkrav 19 eller 20, **kännetecknat** av att pulver (A) består av $\text{SJ}_2\text{Ö}_{14}\text{B}$ -granulat med en kvadratisk struktur, vari Ö betecknar väsentligt järn och $\text{Co/Fe} < 8\%$, och det innehåller 0,95-1,05 % av B, och detta pulver kan även innehålla högst 0,5 % Al, högst 0,05 % Cu och totalt högst 4 % av minst ett element ur gruppen V, Nb, Hf, Mo Cr, Ti, Zr, Ta, W samt oundvikliga föroreningar, varvid partikelstorleken enligt Fisher är 3,5-5 μm .

14. Tilläggspulver (B) enligt något av patentkrav 9, 12 eller 13, **kännetecknat** av att pulvret (B) som innehåller rikligt med SJ praktiskt taget inte innehåller bor överhuvudtaget.

15. Tilläggspulver (B) enligt patentkrav 14, **kännetecknat** av att dess likvidustemperatur är lägre eller lika med 1050 °C.

16. Tilläggspulver (B) enligt patentkrav 14, **kännetecknat** av att det används genom att blanda det med pulvret (A), som har en sammansättning mycket lik den magnetiska fasen $\text{SJ}_2\text{Ö}_{14}\text{B}$.

17. Magnetiskt pulver enligt patentkrav 16, **kännetecknat** av att pulvrets (B) partikelstorlek är minst 20 % mindre än partikelstorleken hos pulvret (A).

18. Förfarande för att åstadkomma ett pulver (B) enligt något av patentkraven 1-4, **kännetecknat** av att utgångslegeringen är behandlad med väte före malning under följande omständigheter:

ett vakuum sugs, trycket av inert gas höjs inom intervallen 0,1-0,12 MPa, temperaturen höjs med en hastighet inom intervallen 10-500 °C/h till ett värde inom intervallen 350-450 °C, legeringen utsätts för absolut deltryck av väte inom intervallen 0,01-0,12 MPa och dessa omständigheter uppehålls i 1-4 timmar, vakuumet sugas och legeringen utsätts för den inerta gasens tryck inom intervallen 0,1-0,12 MPa och temperaturen sänks till omgivande temperatur med en hastighet inom intervallen 5-100 °C/h.

19. Förfarande enligt patentkrav 18, **kännetecknat** av att vätebehandlingen föregås av en preliminär vätebehandling, i vilken utgångslegeringen hålls under ett absolut deltryck av väte inom intervallen 0,01-0,12 MPa under 1-3 timmar i omgivande temperatur.

20. Förfarande enligt patentkrav 18 eller 19, **kännetecknat** av att den preliminära vätebehandlingen (i kallt) och den egentliga vätebehandlingen (i varmt) upprepas högst två gånger.

21. Förfarande enligt något av patentkraven 18-20, **kännetecknat** av att den inerta gasen är argon eller helium eller en blandning av dessa två.

22. Förfarande för att åstadkomma ett pulver (A) enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att utgångslegeringen är behandlad med väte före malning under följande omständigheter:

ett vakuum sug, trycket av inert gas höjs inom intervallen 0,1-0,12 Mpa, temperaturen höjs med en hastighet inom intervallen 10-500 °C/h till ett värde inom intervallen 350-450 °C, legeringen utsätts för absolut deltryck av väte inom intervallen 0,01-0,12 MPa och dessa omständigheter uppehålls i 1-4 timmar, ett vakuum sug och legeringen utsätts för den inerta gasens tryck inom intervallen 0,1- 0,12 MPa och temperaturen sänks till omgivande temperatur med en hastighet inom intervallen 5-100 °C/h.

23. Förfarande enligt patentkrav 22, **kännetecknat** av att den inerta gasen är argon eller helium eller en blandning av dessa två.

24. Sintrad magnet som tillhör klassen SJ-Ö-B, vari SJ betecknar minst en sällsynt jordartsmetall, och Ö betecknar minst en övergångsmetall, så som Fe och/eller Co, och B betecknar bor, vilken magnet har framställts genom att använda pulver enligt patentkrav 1, som eventuellt innehåller också andra ringa element och vars konstruktion består av SJ₂Ö₁₄B-granulat väsentligt i kvadratfas (T1), av en sekundärfas som innehåller väsentligt sällsynta jordmetaller SJ, samt av eventuella andra ringa faser, **kännetecknad** av att Co är belägen väsentligt i den sekundära fasen, varvid den genomsnittliga Co-halten är ≥ 10 vikt-%.

25. Magnet enligt patentkrav 24, **kännetecknad** av att den innehåller mindre än

3500 ppm väte.

26. Sintrad permanentmagnet, som innehåller 29-32 % SJ, 0,93-1,04 % B, 1-4,3 % Co, 0,2-0,5 % Al, 0,02-0,05 % Cu, varvid återstoden består av järn Fe och oundvikliga föroreningar, **kännetecknad** av att dess remanens är över 1,32 T.
- 5
27. Permanentmagnet enligt patentkrav 26, **kännetecknad** av att dess remanens är över 1,35 T.
- 10
28. Permanentmagnet enligt patentkrav 26 eller 27, **kännetecknad** av att dess interna koercivitet är över 1150 kA/m.
29. Permanentmagnet enligt något av patentkraven 26-28, **kännetecknad** av att syrehalten är under 3500 ppm.

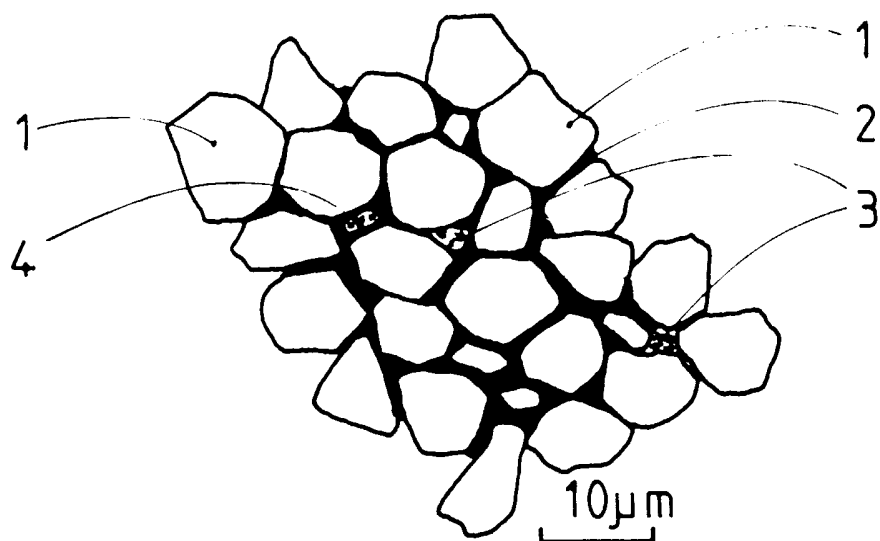


Fig. 1

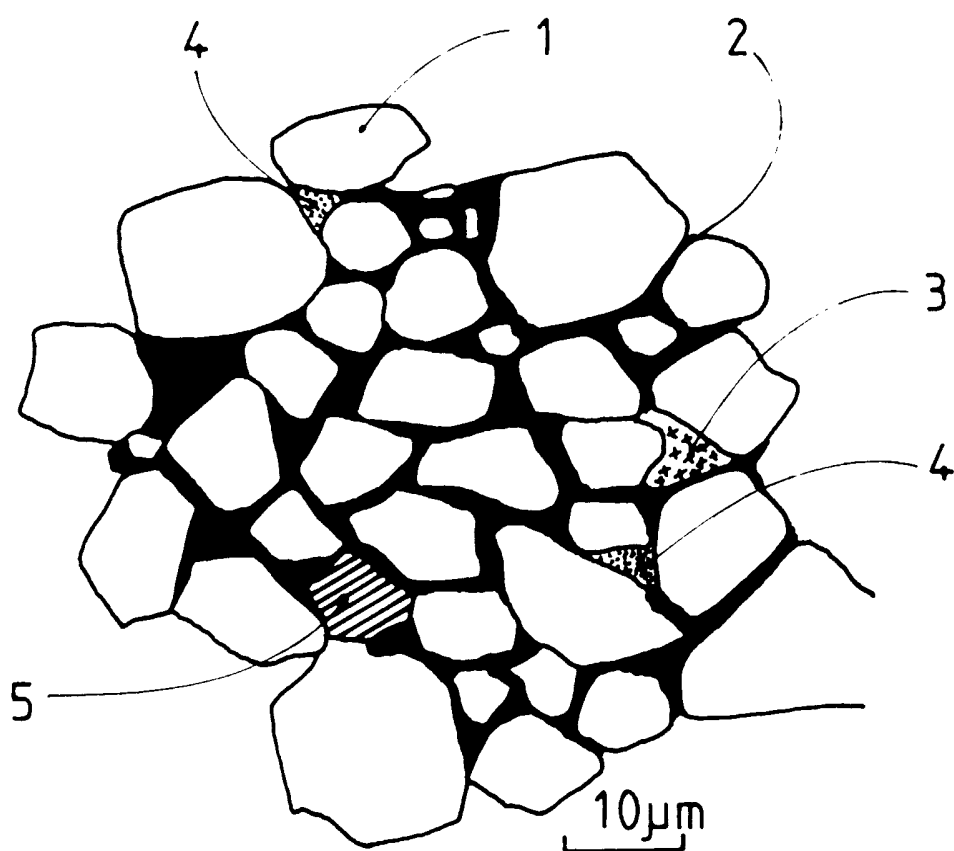


Fig. 2