

(19)



(11)

EP 3 431 209 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
23.01.2019 Patentblatt 2019/04

(51) Int Cl.:
B22F 1/00 (2006.01) **B07B 7/083** (2006.01)
B22F 3/12 (2006.01) **B22F 3/24** (2006.01)
B22F 9/04 (2006.01) **H01F 1/057** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18182618.1**

(22) Anmeldetag: **10.07.2018**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **NETZSCH Trockenmahltechnik GmbH**
95100 Selb (DE)

(72) Erfinder:
 • **Winter, Frank**
35435 Winterberg OT Launsbach (DE)
 • **Sickel, Hermann**
35516 Gambach (DE)
 • **Fernengel, Dr., Wilhelm**
96801 Kleinostheim (DE)

(30) Priorität: **19.07.2017 DE 102017116272**

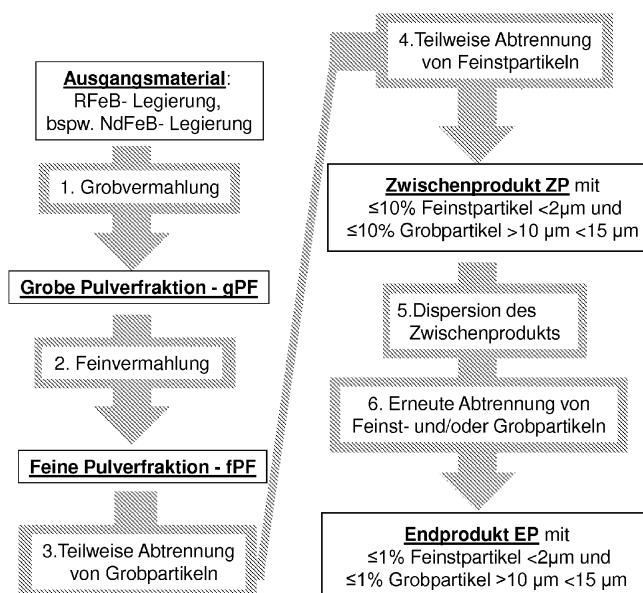
(54) **VERFAHREN UND ANLAGE ZUR HERSTELLUNG EINES AUSGANGSMATERIALS FÜR DIE HERSTELLUNG VON SELTENERDMAGNETEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines pulverförmigen und zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehenen Ausgangsmaterials (AM). Das Verfahren umfasst folgende Schritte:

- Zerkleinern einer mindestens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung, wobei aus der einen mindestens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung ein pulverförmiges Zwischenprodukt (ZP) entsteht und
- Durchführen mindestens einer auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichteten Klassierung für das pulverförmige Zwischenprodukt (ZP), wobei eine mittels der mindestens einen Klassierung gebildete Fraktion des

pulverförmigen Zwischenproduktes (ZP) das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial (AM) ausbildet.

Es ist zudem wenigstens ein dynamischer Sichter vorgesehen, welcher wenigstens eine dynamische Sichter wenigstens eine auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung für das pulverförmige Zwischenprodukt (ZP) umsetzt und hierbei die Fraktion aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt (ZP) abtrennt, welche das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial (AM) ausbildet.

Fig.1**EP 3 431 209 A1**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Ausgangsmaterials für die Herstellung von Seltenerd- Magneten, ein Ausgangsmaterial und eine Anlage zur Herstellung eines Ausgangsmaterials für die Herstellung von Seltenerd- Magneten.

Stand der Technik

[0002] Ein Dauermagnet (auch: Permanentmagnet) ist ein Stück eines magnetisierbaren Materials, zum Beispiel Eisen, Kobalt oder Nickel, welches sein statisches Magnetfeld behält, ohne dass man (im Gegensatz zu Elektromagneten) einen elektrischen Stromfluss benötigt. Ein Dauermagnet kann durch die Einwirkung eines Magnetfeldes auf ein ferromagnetisches Material erzeugt werden.

[0003] Unter dem Namen Seltenerd- Magnete fasst man eine Gruppe von Permanentmagneten zusammen, die im Wesentlichen aus Eisenmetallen (Eisen, Cobalt, seltener Nickel) und Seltenerdmetallen (insbesondere Neodym, Samarium, Praseodym, Dysprosium, Terbium, Gadolinium) bestehen. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie gleichzeitig eine hohe magnetische Remanenzflussdichte und eine hohe magnetische Koerzitivfeldstärke und damit eine hohe magnetische Energiedichte aufweisen.

[0004] Eine Legierung aus Neodym, Eisen und Bor (NdFeB) ermöglicht beispielsweise die Herstellung von sehr starken Magneten zu verhältnismäßig günstigen Kosten. Die Herstellung erfolgt über pulvermetallurgische Verfahren, heute aber teilweise auch als kunststoffgebundene Magnete. Lange Zeit waren die Einsatztemperaturen auf 60-120 °C begrenzt. Bei einigen neueren Entwicklungen mit weiteren Zusätzen anderer Seltenelemente, insbesondere Dysprosium oder Terbium, kann die Temperaturstabilität auf über 200°C angehoben werden. Zur Erhöhung der Korrosionsstabilität werden oft andere Legierungsbestandteile wie Kobalt hinzulegiert.

[0005] Permanentmagnete werden aus kristallinem Pulver hergestellt. Das Magnetpulver wird in Gegenwart eines starken Magnetfelds in eine Form gepresst. Dabei richten sich die Kristalle mit ihrer bevorzugten Magnetisierungsachse in Richtung des Magnetfelds aus. Die Presslinge werden anschließend gesintert. Beim Sintern werden die pulverisierten Bestandteile des Pulvers durch Erwärmung miteinander verbunden oder verdichtet, wobei jedoch keine oder zumindest nicht alle Ausgangsstoffe aufgeschmolzen werden. Dabei werden die Presslinge - oft unter erhöhtem Druck - derart erhitzt, dass die Temperaturen unterhalb der Schmelztemperatur der Hauptkomponenten bleiben, so dass die Gestalt (Form) des Werkstückes erhalten bleibt.

[0006] Bei der oberhalb von 1000 C liegenden Sinter-temperatur geht die nach außen hin wirksame Magnetisierung verloren, weil die thermische Bewegung der Ato-

me zur weitestgehend antiparallelen Ausrichtung der Elementarmagnete in den Kristallen führt. Da die Orientierung der Körner im Sinterverbund jedoch nicht verloren geht, kann die Parallelausrichtung der Elementarströme nach dem Abkühlen der Magnete durch einen ausreichend starken Magnetisierungsimpuls wiederhergestellt werden.

[0007] Die Herstellung des Magnetpulvers erfolgt insbesondere durch Vermahlen der entsprechenden Legierungen bzw. Bestandteile beispielsweise in Fließbettstrahlmühlen oder ähnlichen Mahlanlagen. In Fließbettstrahlmühlen erfolgt insbesondere eine definierte Feinstvermahlung, zwar mit exakter Oberkornbegrenzung, jedoch mit nicht unerheblichem Anteil an Feinstpartikeln. Die Zerkleinerungsenergie wird hierbei durch Gasstrahlen bereitgestellt.

[0008] Die Praxis hat gezeigt, dass Magnetpulver, welche mittels der aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren hergestellt werden können, chemisch sehr reaktiv sind und aus diesem Grunde bereits bei geringen Sauerstoffkonzentrationen mit dem Sauerstoff oder Stickstoff aus der Umgebung reagieren. Hierdurch können mit einer Weiterverarbeitung des Magnetpulvers Pulverbrände einhergehen. Auch hat die Praxis gezeigt, dass sich Magnete, die mittels aus dem Stand der Technik bekannten Magnetpulvern hergestellt werden, häufig nur sehr schlecht orientierten lassen, wodurch die Remanenz der aus den bereits bekannten Magnetpulvern hergestellten Magnete verschlechtert wird. Solche Nachteile können insbesondere mit bzw. bei einem hohen Volumenprozentsatz an Feinanteilen im Magnetpulver einhergehen.

[0009] Weiter kann es sein, dass aus den bereits aus dem Stand der Technik bekannten Magnetpulvern hergestellte Magnete aufgrund eines hohen Volumenprozentsatzes an Grobanteil eine verbesserungswürdige Gegenfeldstabilität bzw. Koerzitivfeldstärke besitzen.

Beschreibung

[0010] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Herstellung des Ausgangsgemisches zur Herstellung von Seltenerd- Magneten weiter zu optimieren, um damit verbesserte Seltenerd- Magneten herstellen zu können.

[0011] Die obige Aufgabe wird durch die Gegenstände mit den Merkmalen in den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen werden durch die Unteransprüche beschrieben.

[0012] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines pulverförmigen und zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehenen Ausgangsmaterials.

[0013] Ein erster Schritt des Verfahrens sieht ein Zerkleinern einer mindestens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung vor, wobei aus der einen mindestens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung ein pulverförmiges Zwischenprodukt entsteht.

[0014] Ein weiterer Schritt sieht ein Durchführen mindestens einer auf Partikelgröße und/oder Dichte ausge-

richteten Klassierung für das pulverförmige Zwischenprodukt vor, wobei eine mittels der mindestens einen Klassierung gebildete Fraktion des pulverförmigen Zwischenproduktes das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial ausbildet.

[0015] Für das Verfahren ist wenigstens ein dynamischer Sichter vorgesehen, welcher wenigstens eine dynamische Sichter wenigstens eine auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung für das pulverförmige Zwischenprodukt umsetzt und hierbei die Fraktion aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt abtrennt, welche das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial ausbildet.

[0016] In bevorzugten Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass das pulverförmige Zwischenprodukt mindestens einem statischen Sichter zugeführt wird. Hierauf folgend kann ein mittels des mindestens einen statischen Sichters aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt abgetrennter Anteil dem wenigstens einen dynamischen Sichter zugeführt werden, welcher wenigstens eine dynamische Sichter die wenigstens eine auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung für den mittels des mindestens einen statischen Sichters aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt abgetrennten Anteil umsetzt und hierbei die Fraktion aus dem Anteil abtrennt, welche das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial ausbildet.

[0017] Auch kann es sein, dass der wenigstens eine dynamische Sichter das pulverförmige Zwischenprodukt sichtet und zudem dispergiert, woraus resultierend die Fraktion aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt abgetrennt wird, welche das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial ausbildet.

[0018] Vorstellbar ist darüber hinaus, dass im Rahmen einer ersten auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichteten Klassierung der wenigstens eine dynamische Sichter Grobgut aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt abtrennt und dass im Rahmen einer zweiten auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichteten Klassierung der wenigstens eine dynamische Sichter Feingut aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt abtrennt. Hierbei kann ein vom Feingut und Grobgut abgetrennter Anteil des pulverförmigen Zwischenproduktes die Fraktion bereitstellen, welche das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial ausbildet.

[0019] Es haben sich Ausführungsformen bewährt, bei welchen die erste auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung und die zweite auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung über genau einen dynamischen Sichter durchgeführt werden. Weiter kann die mindestens ein Seltenerdmetall umfassende Legierung in zwei voneinander getrennten Schritten jeweils vorzugsweise mechanisch zerkleinert werden, wobei aus den Zerkleinerungen in getrennten Schritten das pulverförmige Zwischenprodukt entsteht.

[0020] Es kann sein, dass der wenigstens eine dyna-

mische Sichter die wenigstens eine auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung für das pulverförmige Zwischenprodukt unter Schutzgasatmosphäre umsetzt.

5 **[0021]** Die Erfindung betrifft zudem ein zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial, welches durch ein Verfahren gemäß einer der vorhergehend beschriebenen Ausführungsformen hergestellt wurde. Bei dem erfindungsgemäßen Ausgangsmaterial liegt ein Anteil an Partikeln $> 8 \mu\text{m}$ bei ≤ 2 Volumenprozent, insbesondere in einem Bereich zwischen 0,1 Volumenprozent und 1 Volumenprozent und/oder ein Anteil an Partikeln $< 2 \mu\text{m}$ bei ≤ 2 Volumenprozent und insbesondere in einem Bereich zwischen 0,05 Volumenprozent und 2 Volumenprozent.

10 **[0022]** Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein Verfahren zur Fertigung von Seltenerd-Magneten. Das Verfahren umfasst folgende Schritte:

- 20 - Herstellen eines Ausgangsmaterials mittels eines Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorhergehenden Beschreibung,
- Einbringen des Ausgangsmaterials in Formen und Verpressen des Ausgangsmaterials in den Formen, wobei Rohlinge aus dem Ausgangsmaterial entstehen,
- 25 - Sintern der Rohlinge und Beaufschlagen gesinterten Rohlinge mit einem Magnetisierungsimpuls, so dass hieraus resultierend die gesinterten und mit einem Magnetisierungsimpuls beaufschlagten Rohlinge als Seltenerd-Magnete ausgebildet sind, optional können die Rohlinge einer mechanischen Bearbeitung unterzogen werden.

30 **[0023]** Es kann zudem sein, dass mittels des beschriebenen Verfahrens zur Fertigung von Seltenerd-Magneten ein Ausgangsmaterial gemäß vorheriger Beschreibung hergestellt wird und dass dieses Ausgangsmaterial in die Formen eingebracht und verpresst wird.

35 **[0024]** Die Erfindung betrifft darüber hinaus eine Anlage zur Herstellung eines pulverförmigen und zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehenen Ausgangsmaterials. Merkmale, welche vorhergehend bereits zu diversen Ausführungsformen der Verfahren beschrieben wurden, können ebenso bei nachfolgend beschriebener Anlage vorgesehen sein und werden daher nicht redundant erwähnt. Auch können nachfolgend beschriebene Merkmale, welche diverse Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Anlage betreffen, ggf. in den vorherig bereits beschriebenen Verfahren vorgesehen sein.

40 **[0025]** Die Anlage zur Herstellung eines pulverförmigen und zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehenen Ausgangsmaterials umfasst mindestens eine Zerkleinerungseinrichtung, welche auf eine Erzeugung eines pulverförmigen Zwischenproduktes durch Zerkleinerung einer mindestens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung ausgerichtet ist.

[0026] Weiter umfasst die Anlage wenigstens eine Trenneinrichtung, welche über wenigstens eine auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung bzw. Sichtung eine Fraktion aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt abtrennen kann, die das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial ausbildet.

[0027] Es ist vorgesehen, dass die wenigstens eine Trenneinrichtung wenigstens einen dynamischen Siebter umfasst, der über eine auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung die Fraktion aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt abtrennen kann, die das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial ausbildet.

[0028] In bevorzugten Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Trenneinrichtung mindestens einen statischen Siebter umfasst, welchem das pulverförmige Zwischenprodukt zuführbar ist. Hierbei können der mindestens eine statische Siebter und der wenigstens eine dynamische Siebter derart miteinander in Verbindung stehen, dass ein mittels des mindestens einen statischen Siebters aus dem zugeführten Zwischenprodukt abgetrennter Anteil dem wenigstens einen dynamischen Siebter zuführbar ist. Der wenigstens eine dynamische Siebter kann sodann ggf. aus dem zugeführten Anteil die Fraktion abtrennen, die das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial ausbildet.

[0029] Es kann sein, dass der wenigstens eine dynamische Siebter zum Sichten und Dispergieren des zugeführten pulverförmigen Zwischenproduktes ausgebildet ist.

[0030] Auch kann es sein, dass die mindestens eine Zerkleinerungseinrichtung zwei aufeinanderfolgende Zerkleinerungsmaschinen umfasst, die jeweils zur vorzugsweise mechanischen Zerkleinerung der mindestens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung ausgebildet sind und zur Erzeugung des pulverförmigen Zwischenproduktes aus der mindestens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung miteinander zusammenwirken.

[0031] Bewährt haben sich zudem Ausführungsformen, bei welchen der wenigstens eine dynamische Siebter die auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung unter Schutzgasatmosphäre umsetzen kann.

[0032] Das Ausgangsmaterial, welche im Rahmen der vorhergehend beschriebenen Verfahren bzw. mittels der vorhergehend beschriebenen Anlage herstellbar ist, kann im Wesentlichen Partikel eines Zielgrößenbereichs umfassen und kaum Verschmutzungen mit Partikeln aufweisen, die kleiner sind als Partikel eines Zielgrößenbereichs. Diese werden nachfolgend auch als Feinstpartikel bezeichnet. Weiterhin kann das im Rahmen der vorhergehend beschriebenen Verfahren bzw. mittels der vorhergehend beschriebenen Anlage hergestellte Ausgangsmaterial im Wesentlichen kaum Verschmutzungen mit Partikeln, die größer als die Partikel des Zielgrößenbereichs sind, aufweisen. Diese werden nachfolgend

auch als Grobpartikel bezeichnet.

[0033] Mit einem Verfahren bzw. einer Anlage gemäß vorhergehender Beschreibung kann insbesondere ein Ausgangsmaterial herstellbar sein, das im Wesentlichen nur Partikel mit einer Größe innerhalb des Zielgrößenbereichs in einer im Wesentlichen homogenen Mischung umfasst. Im Hinblick auf das Ausgangsmaterial, welches mit den vorhergehend beschriebenen Verfahren bzw. mittels der vorhergehend beschriebenen Anlage herstellbar ist, haben sich Ausführungsformen bewährt, bei welchen das Ausgangsmaterial Partikel im Zielgrößenbereich zwischen 1 µm und 10 µm, insbesondere in einem Zielgrößenbereich zwischen 2 µm und 8 µm, aufweist. Bei einer Zerkleinerung einer mindestens ein Seltenerd-Metall umfassenden Legierung, lässt sich in der Praxis nicht vermeiden, dass ein Anteil an Feinstpartikeln entsteht, die kleiner sind als der Zielgrößenbereich. Zudem liegt meist ein Anteil an Grobpartikeln vor, die nicht ausreichend zerkleinert worden sind. Hier muss immer ein guter Kompromiss gefunden werden. Eine weitere Vermahlung des Ausgangsmaterials würde zwar zu einer Reduzierung des Anteils an Grobpartikeln führen, gleichzeitig würde sich aber der Anteil an ebenfalls unerwünschten Feinstpartikeln erhöhen. Ein hoher volumenprozentmäßiger Anteil an Feinstpartikeln und/oder Grobpartikeln im Ausgangsmaterial geht mit unerwünschten Eigenschaften der jeweiligen aus dem Ausgangsmaterial hergestellten bzw. gefertigten Seltenerd-Magneten einher.

[0034] Besonders bevorzugt enthält ein im Rahmen der vorhergehenden Verfahren bzw. mittels der vorhergehend beschriebenen Anlage hergestelltes Ausgangsmaterial ≤ 2 Volumenprozent an Feinstpartikeln, insbesondere ≤ 1 Volumenprozent. Weiterhin kann vorgesehen sein, dass das im Rahmen der vorhergehenden Verfahren bzw. mittels der vorhergehend beschriebenen Anlage hergestellte Ausgangsmaterial ≤ 2 Volumenprozent an Grobpartikeln umfasst, insbesondere ≤ 1 Volumenprozent.

[0035] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform enthält das im Rahmen der vorhergehend beschriebenen Verfahren bzw. mittels der vorhergehend beschriebenen Anlage hergestellte Ausgangsmaterial im Wesentlichen bzw. überwiegend Partikel im Zielgrößenbereich zwischen 2 µm und 8 µm, wobei ein Anteil an Partikeln, deren Größe oberhalb von 8 µm liegt, bei ≤ 2 Volumenprozent liegt, insbesondere in einem Bereich zwischen 0,1 Volumenprozent und 1 Volumenprozent und wobei ein Anteil an Partikeln, deren Größe unterhalb von 2 µm liegt bei ≤ 2 Volumenprozent liegt, insbesondere in einem Bereich zwischen 0,05 Volumenprozent und 2 Volumenprozent.

[0036] Der vorhergehend bereits erwähnte und als Bestandteil der erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der erfindungsgemäßen Anlage ausgebildete wenigstens eine dynamische Siebter kann einen Klassierrotor umfassen. Eine Drehzahl des Klassierrotors kann ggf. in Abhängigkeit einer für das herzustellende Ausgangsmaterial ge-

wünschten Partikelgrößenverteilung gesteuert bzw. geregelt werden. Hierzu kann eine Steuer- und/oder Regeleinheit vorgesehen sein, welche mit dem wenigstens einen dynamischen Sichter in Verbindung steht. Auf der Steuer- und/oder Regeleinheit kann ein Algorithmus abgelegt sein, über welchen die Steuer- und/oder Regeleinheit unter Berücksichtigung der jeweiligen für das herzustellende Ausgangsmaterial gewünschten Partikelgrößenverteilung eine Drehzahl des als Bestandteils des wenigstens einen dynamischen Sichters ausgebildeten Klassierrotors selbständig regelt bzw. steuert.

[0037] Der vorherig bereits erwähnte und in diversen Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. einer erfindungsgemäßen Anlage vorgesehene mindestens eine statische Sichter kann ggf. durch mindestens seinen Zyklonklassierer ausgebildet sein. Durch den mindestens einen Zyklonklassierer kann ggf. bereits eine Reduzierung des Anteils an Feinstpartikeln erzielt werden. Ein via den mindestens einen statischen Sichter bzw. den mindestens einen Zyklonklassierer abgetrenntes pulveriges Gemisch, welches nachfolgend auch als pulverförmiges Zwischenprodukt bezeichnet wird, enthält auch nach der Abtrennung von Feinstpartikeln in der Regel immer noch bis zu 10 Volumenprozent an Feinstpartikeln und/oder bis zu 10 Volumenprozent an Grobpartikeln. Die Feinstanteile, die in einem solchen pulverförmigen Zwischenprodukt notgedrungen immer vorhanden sind, wirken sich somit in mehrfacher Hinsicht nachteilig auf die Eigenschaften der daraus hergestellten Seltenerd-Magnete aus.

[0038] Um die Partikelzusammensetzung noch weiter zu verbessern, wird das gemahlene und ggf. teilweise bereits über den mindestens einen statischen Sichter von Feinstpartikeln anteilig befreite pulverförmige Zwischenprodukt noch mindestens einem weiteren Sichterprozess, umgesetzt durch wenigstens einen dynamischen Sichter, unterworfen. Um diesen Sichterprozess effizient durchzuführen zu können, haben sich Ausführungsformen bewährt, bei welchen das pulverförmige Zwischenprodukt zunächst dispergiert wird und anschließend eine Klassierung nach Partikelgröße und/oder Dichte für das dispergierte pulverförmige Zwischenprodukt durchgeführt wird. Diese Dispergierung und Klassierung nach Partikelgröße und/oder Dichte können in genau einem dynamischen Sichter durchgeführt wird. Über den wenigstens einen dynamischen Sichter bzw. über den genau einen dynamischen Sichter können sodann Feinstpartikel und/oder Grobpartikel aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt abgetrennt werden.

[0039] D.h. das Verfahren kann folgende Schritte einzeln oder in Kombination umfassen:

- Dispersion des Zwischenproduktes UND/ODER
- erneute Abtrennung von Feinstpartikeln und/oder Grobpartikeln.

[0040] Vorzugsweise kann somit vorgesehen sein,

dass die Dispersion des Zwischenproduktes und das erneute Abtrennen von Feinstpartikeln und/oder Grobpartikeln innerhalb einer einzigen Vorrichtung, insbesondere innerhalb eines einzigen dynamischen Sichters, durchgeführt werden. Aufgrund der hohen chemischen Reaktivität von ggf. in hoher Konzentration im pulverförmigen Zwischenprodukt vorhandenen Feinstpartikeln, kann der einzige dynamische Sichter eine Dispergierung und/oder Sichtung ggf. unter Schutzgasatmosphäre umsetzen. Als Schutzgas findet beispielsweise Helium, Argon, Stickstoff o.ä. Verwendung.

[0041] Das mindestens eine als Bestandteil der Legierung ausgebildete Seltenerdmetall kann beispielsweise durch Eisen und/oder Bor ausgebildet sein. Beispielsweise kann es sich bei der mindestens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung um eine NdFeB- Legierung handeln. Über die oben beschriebenen Verfahrensschritte bzw. mittels der bereits beschriebenen Anlage kann aus dieser mindestens ein Seltenerd-Metall umfassenden Legierung ein Ausgangsmaterial hergestellt werden, das im Wesentlichen nur Partikel im Zielgrößenbereich zwischen $1\mu\text{m}$ bis $10\mu\text{m}$, vorzugsweise zwischen $2\mu\text{m}$ bis $8\mu\text{m}$, umfasst. Vorzugsweise umfasst das Ausgangsgemisch ≥ 95 Volumenprozent, insbesondere ≥ 98 Volumenprozent an Partikeln im Zielgrößenbereich, welcher Zielgrößenbereich von $2\mu\text{m}$ bis $8\mu\text{m}$ festgesetzt ist.

[0042] Die bereits beschriebene Anlage kann eine Vorrichtung zur Grobzerkleinerung einer mindestens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung umfassen. Eine unter Zuhilfenahme der Vorrichtung zur Grobzerkleinerung ggf. aus der mindestens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung gebildete grobe Pulverfraktion kann ggf. in einer als Bestandteil der Anlage ggf. ausgebildeten Vorrichtung zur Feinzerkleinerung zu einer feinen Pulverfraktion vermahlen werden, wobei die feine Pulverfraktion das pulverförmige Zwischenprodukt ausgebildet. Beispielsweise kann die Vorrichtung zur Feinzerkleinerung als Fließbettstrahlmühle ausgebildet sein.

Figurenbeschreibung

[0043] Im Folgenden sollen Ausführungsbeispiele die Erfindung und ihre Vorteile anhand der beigefügten Figuren näher erläutern. Die Größenverhältnisse der einzelnen Elemente zueinander in den Figuren entsprechen nicht immer den realen Größenverhältnissen, da einige Formen vereinfacht und andere Formen zur besseren Veranschaulichung vergrößert im Verhältnis zu anderen Elementen dargestellt sind. Nachfolgend beschriebene Merkmale sind nicht eng mit dem jeweiligen Ausführungsbeispiel verknüpft sondern können im allgemeinen Zusammenhang Verwendung finden.

Figur 1 zeigt schematisch Verfahrensschritte zur Herstellung eines Ausgangsmaterials zur Fertigung von Seltenerd- Magneten, wie sie in diversen Ausführungsformen jeweils einzeln oder in der gezeigten Kombination vorgesehen sein können;

Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch einen dynamischen Sichter, wie er in diversen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie in diversen Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Anlage vorgesehen sein kann.

Figur 3 zeigt einen seitlichen Querschnitt durch den dynamischen Sichter nach Figur 2.

Figur 4 stellt einer für diverse Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Anlage denkbare Partikelgrößenverteilung eines pulverförmigen Zwischenproduktes einer denkbaren Partikelgrößenverteilung eines zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehenen Ausgangsmaterials gegenüber;

Figur 5 zeigt eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme, wie sie für das pulverförmige Zwischenprodukt ausgebildet sein kann;

Figur 6 zeigt eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme, eines Ausgangsmaterials, wie es mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Anlage in diversen Ausführungsformen hergestellt werden kann.

[0044] Für gleiche oder gleich wirkende Elemente der Erfindung werden identische Bezugszeichen verwendet. Ferner werden der Übersicht halber nur Bezugszeichen in den einzelnen Figuren dargestellt, die für die Beschreibung der jeweiligen Figur erforderlich sind. Die dargestellten Ausführungsformen stellen lediglich Beispiele dar, wie die Erfindung ausgestaltet sein kann und stellen keine abschließende Begrenzung dar.

[0045] Figur 1 zeigt schematisch Verfahrensschritte zur Herstellung eines Ausgangsmaterials AM zur Fertigung von Seltenerd- Magneten. Als Basis hierzu dient eine geeignete RFeB- Legierung, die die Bestandteile R = Seltenerdmetall, Fe = Eisen und B = Bor in den gewünschten Mengenverhältnissen enthält. Beispielsweise wird eine NdFeB- Legierung zur Herstellung eines sogenannten Neodym- Magneten verwendet. Unter Umständen muss zuerst eine Legierung aus den Elementen in den gewünschten Mengenverhältnissen hergestellt werden. Diese Legierung wird in einem ersten Arbeitsschritt einer Grobvermahlung unterworfen. Beispielsweise in einer mechanischen Mahlanlage oder durch Versprödung mit Wasserstoff. Dabei werden insbesondere Partikel mit einer Größe von bis zu einigen mm erzeugt. Anschließend wird die im Rahmen der Grobvermahlung gewonnene grobe Pulverfraktion gPF einer Feinvermahlung unterzogen, wobei Partikel mit einer durchschnittlichen Partikelgröße zwischen $d_{50} = 2 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$ erzeugt werden bzw. erzeugt werden sollen. Das heißt der d_{50} Wert der feinen Pulverfraktion fPF liegt zwischen $2 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$ mit einer entsprechend breiten Partikelverteilung hin zu feineren und auch zu gröberen Partikeln,

mit den entsprechenden Mengen von Feinstanteilen ($d_{10} = \text{ca. } 1 - 2 \mu\text{m}$) bzw. von Grobanteilen ($d_{90} = \text{ca. } 8 - 15 \mu\text{m}$). Die groben Partikel gP sind im Gegensatz zu den nachfolgend beschriebenen Partikeln fP des Feinstanteils zwar chemisch stabil und lassen sich in Magnetfeldern auch gut orientieren, sie haben jedoch negative Auswirkungen auf die Gegenfeldstabilität des Magneten, weil diese groben Partikel gP sich bereits bei kleinen magnetischen Gegenfeldern ummagnetisieren und somit die Gegenfeldstabilität (bzw. die Koerzitivfeldstärke) des gesamten Magneten verschlechtern. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, den Anteil von groben Partikeln gP im Ausgangsgemisch für die Herstellung von gesinterten Permanentmagneten weiter zu reduzieren.

[0046] Die Partikel fP des Feinstanteils sind auf Grund ihrer Feinheit chemisch sehr reaktiv und reagieren bereits bei geringsten Sauerstoffkonzentrationen mit dem Sauerstoff oder auch mit dem Stickstoff aus der Umgebung. Diese Feinstpartikel fP können bei der weiteren Verarbeitung der Pulver spontane Pulverbrände hervorrufen. Ein weiterer Nachteil der Feinstpartikel fP besteht darin, dass diese feinen Pulverteilchen sich in den üblicherweise zur Verfügung stehenden Magnetfeldern und Pressvorrichtungen (Größenordnung etwa 10 - 20 kOe) nur sehr schlecht orientieren lassen und deshalb die Remanenz der daraus hergestellten Magnete verschlechtern. Aus diesem Grund werden in einem vierten bzw. zusätzlichen Verfahrensschritt Feinstanteile, insbesondere Partikel mit einem Durchmesser von $\leq 1 - 2 \mu\text{m}$, aus der feinen Pulverfraktion fPF entfernt. Hierzu wird das Gemisch beispielsweise im Anschluss an die Grobvermahlung und Feinvermahlung nach Ziffern 1. und 2. durch einen Zyklon geführt, dass den Feinstanteil über einen geeigneten Gasstrom mitführt und dabei von dem Gemisch abtrennt. Dadurch wird das Zwischenprodukt ZP gebildet. Dieses enthält aber immer noch einen nicht unerheblichen Anteil von bis zu 10% an Feinstpartikeln kleiner ca. $1 \mu\text{m}$ bis $2 \mu\text{m}$.

[0047] Um diese verbleibenden Anteile an Feinstpartikeln fP $\leq 1 \mu\text{m}$ bis $2 \mu\text{m}$ und/oder Grobpartikeln gP zwischen $10 \mu\text{m}$ und $15 \mu\text{m}$ möglichst vollständig zu entfernen, wird das Zwischenprodukt ZP mindestens einem weiteren Sichterprozess unterzogen, um ungewünschte Feinstpartikel fP oder Grobpartikeln gP oder Feinstpartikel fP und Grobpartikel gP zu entfernen und somit die Homogenität der Partikel in der Zielgröße ZG weiter zu verbessern, insbesondere um als Ausgangsmaterial AM ein Pulvergemisch zu erhalten, das im Wesentlichen nur noch Partikel mit Partikelgrößen in einem Zielbereich zwischen etwa $2 \mu\text{m}$ bis $8 \mu\text{m}$ umfasst, da diese Partikel in magnetischer Hinsicht die beste Pulverfraktion darstellen. Sämtlich weiteren Schritte, welche in zeitlicher Hinsicht an den Schritt nach Ziffer 4. Anschließen, werden unter Zuhilfenahme eines dynamischen Sichters 10 (vgl. Figuren 2 und 3) bzw. eines Hochleistungssichters umgesetzt.

[0048] Die Partikel mit der Zielgröße ZG zwischen $2 \mu\text{m}$ bis $8 \mu\text{m}$ sind chemisch hinreichend stabil, so dass sie

im normalen Herstellungsprozess keinerlei zusätzliche Oxidation bewirken. Zudem lassen sie sich mit den üblichen Magnetfeldern gut orientieren. Sie tragen somit wesentlich zum Erreichen einer hohen Remanenz der hergestellten Magnete bei und sind deshalb erwünscht, notwendig und nützlich. Je mehr Pulverteilchen von dieser Zielgröße ZG vorhanden sind, umso besser sind die Magnetwerte (Remanenz B_r und Gegenfeldstabilität H_{cJ}) der daraus hergestellten Magnete.

[0049] In einem weiteren bzw. vorliegend 5. Verfahrensschritt wird das pulverförmige Zwischenprodukt ZP dispergiert, um eine möglichst homogene Verteilung der unterschiedlichen Partikel des Zwischenproduktes ZP herzustellen. Dabei werden insbesondere molekulare und magnetische Anziehungskräfte zwischen den Partikeln überwunden und eine der Dispergierung folgende erneute Sichtung und Abtrennung von Partikel des Feinstanteils und/oder Partikel des Grobanteils möglich. Auch für diesen Verfahrensschritt wird ein dynamischer Sichter 10 (vgl. Figuren 2 und 3) bzw. Hochleistungssichter eingesetzt.

[0050] Das dispergierte pulverförmige Zwischenprodukt ZP wird erneut gesichtet und Partikel des Feinstanteils und/oder Partikel des Grobanteils werden dabei entfernt. Dadurch wird eine optimierte Trennung von Feinst- und Grobanteil zur gewünschten Partikel- Zielgröße ZG hergestellt. Der Feinstanteil von Partikeln, deren Größe kleiner $1\mu m$ beträgt, wird dabei auf einen Anteil von weniger als 1 % reduziert. Alternativ oder zusätzlich kann der Grobanteil von Partikeln, deren Größe über $10\mu m$ liegt, ebenfalls auf einen Anteil von weniger als 1 % reduziert werden.

[0051] Dieser mindestens eine zusätzliche Sichterprozess wird vorzugsweise unter Schutzgasatmosphäre durchgeführt, beispielsweise unter Helium, Argon, oder Stickstoff, wobei dies keine abschließende Aufzählung der Möglichkeiten darstellen soll. Die Schutzgasatmosphäre verhindert insbesondere spontane Pulverbrände aufgrund der Feinstpartikel fP.

[0052] Besonders bevorzugt können der fünfte und sechste Verfahrensschritt bzw. die beiden letzten Verfahrensschritte, d.h. die Dispersion und die Abtrennung von Feinstpartikeln fP und/oder die Abtrennung von Grobpartikeln gP in einem dynamischen Sichter 10 gemäß Figuren 2 und 3 gemeinsam erfolgen.

[0053] Im Hinblick auf die Ausführungsform eines dynamischen Sichters 1 nach Figuren 2 und 3 wird über die Produktzugabe 1 das pulverförmige Zwischenprodukt ZP der Sichtervorrichtung bzw. dem dynamischen Sichter 10 von oben zugeführt. Durch den Sichterlufteintritt 2 erfolgt die Zuführung der notwendigen Verfahrensluft VL, die das über die Produktzugabe 1 zugeführte pulverförmige Zwischenprodukt ZP mitnimmt und durch eine Vielzahl einstellbarer Leitschaufel-Spalte des statischen Leitschaufelkorbes 3 führt, wodurch das Zwischenprodukt ZP aufdispergiert wird. Als Verfahrensluft VL wird vorliegend ein Schutzgas verwendet.

[0054] Das derart aufdispergierte Zwischenprodukt ZP

wird über ein in der Drehzahl stufenlos einstellbares Sicherterrad 4 geleitet, wobei die Trennung der Partikelgrößen entweder in Ziel- und Grobgut oder aber in Ziel- und Feinstgut erfolgt.

[0055] Durch das optimierte Sicherterraddesign ist gewährleistet, dass mit nur einem Sicherterrad 4 sehr hohe Feinheiten auch bei hohen Durchsätzen erreicht werden können. Die Feinstpartikel fP verlassen die Sichtervorrichtung 10 über das mit horizontaler Welle 8 eingebaute Sicherterrad 4 im Zentrum der Sichtervorrichtung bzw. des dynamischen Sichters 10. Die groben Partikel gP werden vom Sicherterrad 4 abgewiesen und durch das schraubenförmig ausgebildete und mit einer Trennwand 5 versehene Maschinengehäuse 9 rückseitig über den Grobgutaustritt 6 an der Unterseite des Maschinengehäuses 9 ausgetragen. Über die Stellung der Grobgutklappe 7 kann der Austrag der Grobpartikel gP bei schwierigen Trennaufgaben geregelt, und so die Sauberkeit der Grobpartikel gP beeinflusst werden. Die Partikel der Zielgröße ZP verlassen zusammen mit dem Grobgut den dynamischen Sichter 10 über den Grobgutaustritt 6. Der Feinstpartikel fP wurden von den Partikeln der Zielgröße ZP abgetrennt und bilden somit keinen Bestandteil der Fraktion, welche den dynamischen Sichter 10 über den Grobgutaustritt 6 verlässt.

[0056] Die Regulierung der gewünschten Zielpartikelgröße ZG erfolgt hierbei insbesondere über eine Regulierung des Gasstroms der Verfahrensluft VL und/oder der Drehzahl des Sicherterrads 4. Ein höherer Gasstrom und/oder eine niedrigere Drehzahl führen zu einem gröberen Produkt, während ein niedrigerer Gasstrom und/oder eine höhere Drehzahl zu einem feineren Produkt führen.

[0057] Zusätzlich zeigt die Figur 3 die mindestens zwei Spaltgaszuführungen (11), diese sind Notwendig um den Spalt zwischen Feingutaustritt und dem Sicherterrad (4) mit sogenannten Spaltgas zu spülen. Es sind aber auch Ausführungen mit nur einer Spaltgaszuführung (11) möglich. Durch diese Spülung wird vermieden, dass sich Partikel im Sicherterrad (4) und/oder dem Spalt zwischen Feingutaustritt und dem Sicherterrad (4) festsetzen und dieses verstopfen. Die Spülung erfolgt mittels eines dafür geeigneten Fluides, in einer bevorzugten Ausführungsform mittels Schutzgas.

[0058] Figur 4 zeigt die Partikelgrößenverteilung im Zwischenprodukt ZP und im Ausgangsmaterial AM. Im Diagramm ist insbesondere die Partikelgröße in μm gegen den Anteil an der Volumendichte der jeweiligen Mischung in % aufgetragen. Hierbei wird deutlich sichtbar, dass durch die zusätzlichen Verfahrensschritt des Dispergierens des Zwischenproduktes ZP und des Sichtens mit anschließendem Abtrennen von feinsten Partikeln fP $\leq 1\mu m$ und/oder groben Partikeln gP ≥ 10 über einen dynamischen Sichter 10 eine homogenere Partikelmischung im Ausgangsmaterial AM erzielt werden kann, bei der der Anteil an Feinstpartikeln fP $\leq 1\%$ der Volumendichte ausmacht und bei der der Anteil an Grobpartikeln gP ebenfalls $\leq 1\%$ der Volumendichte ausmacht.

Insbesondere werden die schraffiert dargestellten Anteile von Feinstpartikeln fP und Grobpartikeln gP aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt ZP entfernt.

[0059] Das derart hergestellte Ausgangsmaterial AM eignet sich aufgrund der zwischen 1 µm und 10 µm, vorzugsweise zwischen 2 µm und 8 µm, liegenden Partikelgröße besonders für die Herstellung von gesinterten Seltenerd-Magneten, da bei diesen Partikelgrößen des Ausgangsmaterials AM besonders gute Magnetwerke erzielt werden können. Insbesondere werden mit diesem Ausgangsmaterial AM für die Herstellung von Permanentmagneten hohe (verbesserte) Remanenzwerte BR und eine gute (verbesserte) Gegenfeldstabilität HcJ sowie eine deutliche Verbesserung der Rechteckigkeit der Entmagnetisierungskurve erzielt.

[0060] Figur 5 zeigt eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des pulverförmigen Zwischenproduktes ZP und Figur 6 zeigt eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des Ausgangsmaterials AM, wie es in diversen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellt und zur Fertigung von Seltenerd-Magneten Verwendung finden kann. Während das Zwischenprodukt ZP eine stark inhomogene Mischung verschiedener Partikelgrößen darstellt und insbesondere auch einen hohen Anteil an Feinstpartikeln fP enthält, zeigt Figur 6 deutlich, dass das doppelt gesichtete Ausgangsmaterial AM hauptsächlich nur noch Partikel einer Zielgröße ZG zwischen 1 µm und 10 µm, vorzugsweise zwischen 2 µm und 8 µm enthält.

[0061] Die Ausführungsformen, Beispiele und Varianten der vorhergehenden Absätze, die Ansprüche oder die folgende Beschreibung und die Figuren, einschließlich ihrer verschiedenen Ansichten oder jeweiligen individuellen Merkmale, können unabhängig voneinander oder in beliebiger Kombination verwendet werden. Merkmale, die in Verbindung mit einer Ausführungsform beschrieben werden, sind für alle Ausführungsformen anwendbar, sofern die Merkmale nicht unvereinbar sind. Die Erfindung wurde unter Bezugnahme auf bevorzugte Ausführungsformen beschrieben. Es ist für einen Fachmann vorstellbar, dass Abwandlungen oder Änderungen der Erfindung gemacht werden können, ohne dabei den Schutzbereich der nachstehenden Ansprüche zu verlassen. Es ist möglich, einige der Komponenten oder Merkmale eines der Beispiele in Kombination mit Merkmalen oder Komponenten eines anderen Beispiels anzuwenden.

Bezugszeichenliste

[0062]

- | | |
|---|---------------------|
| 1 | Produktzugabe |
| 2 | Sichterlufteintritt |
| 3 | Leitschaukelkorb |
| 4 | Sichterrad |
| 5 | Trennwand |
| 6 | Grobgutaustritt |

- | | |
|-------|-----------------------------------|
| 7 | Grobgutklappe |
| 8 | Welle |
| 9 | Maschinengehäuse |
| 10 | Sichtervorrichtung |
| 5 11 | Spaltgaszuführung |
| AM | Ausgangsmaterial |
| fP | feinste Partikel / Feinstpartikel |
| fPF | feine Pulverfraktion |
| 10 gP | grobe Partikel Grobpartikel |
| gPF | grobe Pulverfraktion |
| VL | Verfahrensluft |
| ZG | Zielgröße |
| ZP | Zwischenprodukt |
| 15 SG | Spaltgas |

Patentansprüche

- | | |
|----|--|
| 20 | 1. Verfahren zur Herstellung eines pulverförmigen und zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehenen Ausgangsmaterials (AM), umfassend folgende Schritte: |
| 25 | - Zerkleinern einer mindestens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung, wobei aus der einen mindestens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung ein pulverförmiges Zwischenprodukt (ZP) entsteht und |
| 30 | - Durchführen mindestens einer auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichteten Klassierung für das pulverförmige Zwischenprodukt (ZP), wobei eine mittels der mindestens einen Klassierung gebildete Fraktion des pulverförmigen Zwischenproduktes (ZP) das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial (AM) ausbildet, dadurch gekennzeichnet, dass |
| 35 | für das Verfahren wenigstens ein dynamischer Sieb (10) vorgesehen ist, welcher wenigstens eine auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung für das pulverförmige Zwischenprodukt (ZP) umsetzt und hierbei die Fraktion aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt (ZP) abtrennt, welche das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial (AM) ausbildet. |
| 40 | |
| 45 | |
| 50 | 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem das pulverförmige Zwischenprodukt (ZP) zunächst mindestens einem ersten statischen Sieb zugeführt wird und wobei hierauf folgend ein mittels des mindestens statischen Siebs aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt (ZP) abgetrennter Anteil dem wenigstens einen dynamischen Sieb (10) zugeführt wird, welcher wenigstens eine dynamische Sieb (10) die wenigstens eine auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung für den mittels des |
| 55 | |

- mindestens einen statischen Sichters aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt (ZP) abgetrennten Anteil umsetzt und hierbei die Fraktion aus dem Anteil abtrennt, welche das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial (AM) ausbildet.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei welchem der wenigstens eine dynamische Sichter (10) das pulverförmige Zwischenprodukt (ZP) sichtet und zudem dispergiert, woraus resultierend die Fraktion aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt abgetrennt wird, welche das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial (AM) ausbildet.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem über den wenigstens einen dynamischen Sichter (10) mindestens zwei zeitlich aufeinanderfolgende und jeweils auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierungen umgesetzt werden, wobei
- im Rahmen einer ersten auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichteten Klassierung der wenigstens eine dynamische Sichter (10) Grobgut (gP) aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt (ZP) abtrennt und wobei
 - im Rahmen einer zweiten auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichteten Klassierung der wenigstens eine dynamische Sichter (10) Feingut (fP) aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt (ZP) abtrennt, wonach ein vom Feingut und Grobgut abgetrennter Anteil des pulverförmigen Zwischenproduktes die Fraktion bereitstellt, welche das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial (AM) ausbildet.
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei welchem die erste auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung und die zweite auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung über genau einen dynamischen Sichter (10) durchgeführt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei welchem die mindestens ein Seltenerdmetall umfassend Legierung in zwei voneinander getrennten Schritten jeweils vorzugsweise mechanisch zerkleinert wird, wobei aus den Zerkleinerungen in getrennten Schritten das pulverförmige Zwischenprodukt (ZP) entsteht.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei welchem der wenigstens eine dynamische Sichter (10) die wenigstens eine auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung für das pulverförmige Zwischenprodukt (ZP) unter Schutzgasatmosphäre umsetzt.
8. Zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial (AM), hergestellt durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei welchem ein Anteil an Partikeln $> 8\mu\text{m}$ bei ≤ 2 Volumenprozent liegt, insbesondere in einem Bereich zwischen 0,1 Volumenprozent und 1 Volumenprozent und/oder bei welchem ein Anteil an Partikeln $< 2\mu\text{m}$ bei ≤ 2 Volumenprozent liegt, insbesondere in einem Bereich zwischen 0,05 Volumenprozent und 2 Volumenprozent.
9. Verfahren zur Fertigung von Seltenerd-Magneten, umfassend folgende Schritte:
- Herstellen eines Ausgangsmaterials (AM) mittels eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
 - Einbringen des Ausgangsmaterials (AM) in Formen und Verpressen des Ausgangsmaterials (AM) in den Formen, wobei Rohlinge aus dem Ausgangsmaterial (AM) entstehen,
 - Sintern der Rohlinge und Beaufschlagen der gesinterten Rohlinge mit einem Magnetisierungsimpuls, so dass hieraus resultierend die gesinterten und mit einem Magnetisierungsimpuls beaufschlagten Rohlinge als Seltenerd-Magnete ausgebildet sind.
10. Verfahren zur Fertigung von Seltenerd-Magneten nach Anspruch 9, bei welchem mittels des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ein Ausgangsmaterial (AM) nach Anspruch 8 hergestellt wird.
11. Anlage zur Herstellung eines pulverförmigen und zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehenen Ausgangsmaterials (AM), umfassend
- mindestens eine Zerkleinerungseinrichtung, welche auf eine Erzeugung eines pulverförmigen Zwischenproduktes (ZP) durch Zerkleinerung einer mindestens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung ausgerichtet ist und
 - wenigstens eine Trenneinrichtung, welche über wenigstens eine auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung eine Fraktion aus dem pulverförmigen Zwischenprodukt (ZP) abtrennen kann, die das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial (AM) ausbildet, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - die wenigstens eine Trenneinrichtung wenigstens einen dynamischen Sichter (10) umfasst, der über eine auf Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung die Fraktion aus dem

pulverförmigen Zwischenprodukt (ZP) abtrennen kann, die das zur Fertigung von Seltenerd-Magneten vorgesehene Ausgangsmaterial (AM) ausbildet.

5

12. Anlage nach Anspruch 11, bei welcher die wenigstens eine Trenneinrichtung mindestens einen statischen Siebter umfasst, welchem das pulverförmige Zwischenprodukt (ZP) zuführbar ist und wobei der wenigstens eine statische Siebter und der wenigstens eine dynamische Siebter (10) derart miteinander in Verbindung stehen, dass ein mittels des mindestens einen statischen Siebters aus dem zugeführten Zwischenprodukt (ZP) abgetrennter Anteil dem wenigstens einen dynamischen Siebter (10) zuführbar ist.
13. Anlage nach Anspruch 11 oder Anspruch 12, bei welcher der wenigstens eine dynamische Siebter (10) zum Sieben und Dispergieren des zugeführten pulverförmigen Zwischenproduktes (ZP) ausgebildet ist.
14. Anlage nach einem der Ansprüche 11 bis 13, bei welchem die wenigstens eine Zerkleinerungseinrichtung zwei aufeinanderfolgende Zerkleinerungsmaschinen umfasst, die jeweils zur mechanischen Zerkleinerung der wenigstens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung ausgebildet sind und zur Erzeugung des pulverförmigen Zwischenproduktes (ZP) aus der wenigstens ein Seltenerdmetall umfassenden Legierung miteinander zusammenwirken.
15. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei welcher der wenigstens eine dynamische Siebter (10) die auf eine Partikelgröße und/oder Dichte ausgerichtete Klassierung unter Schutzgasatmosphäre umsetzen kann.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

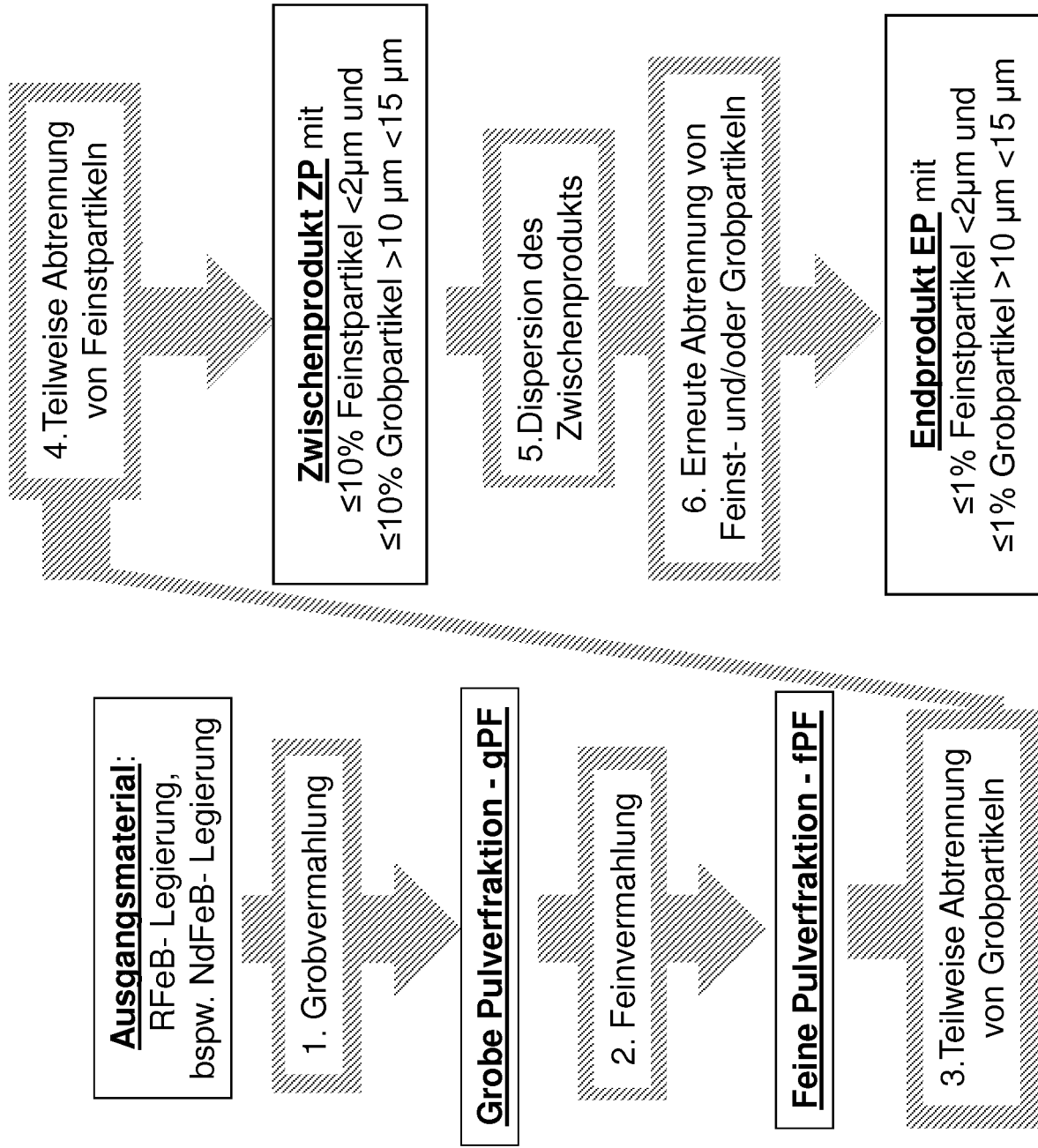


Fig.2

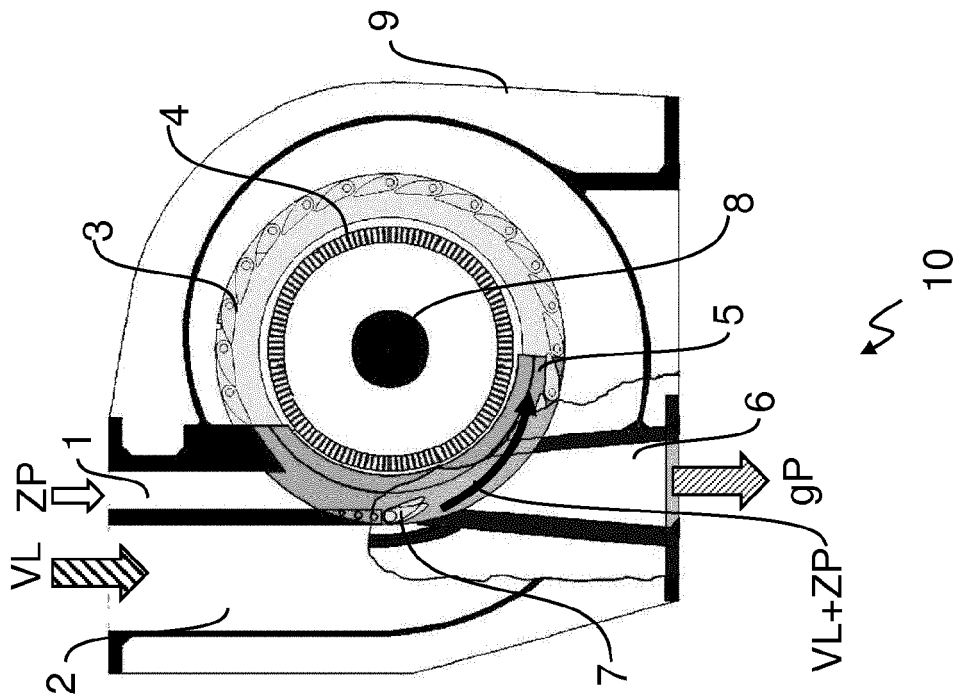


Fig.3

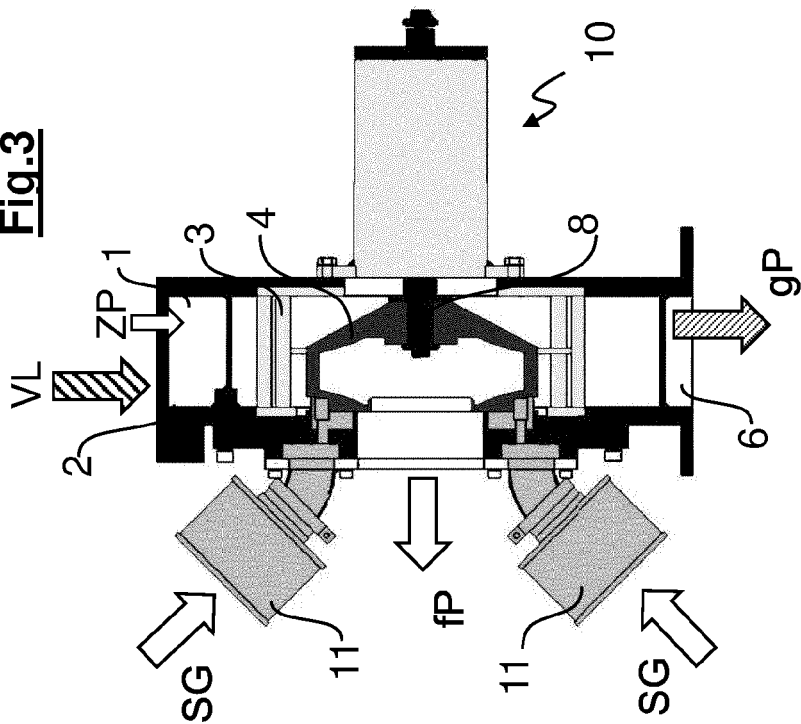


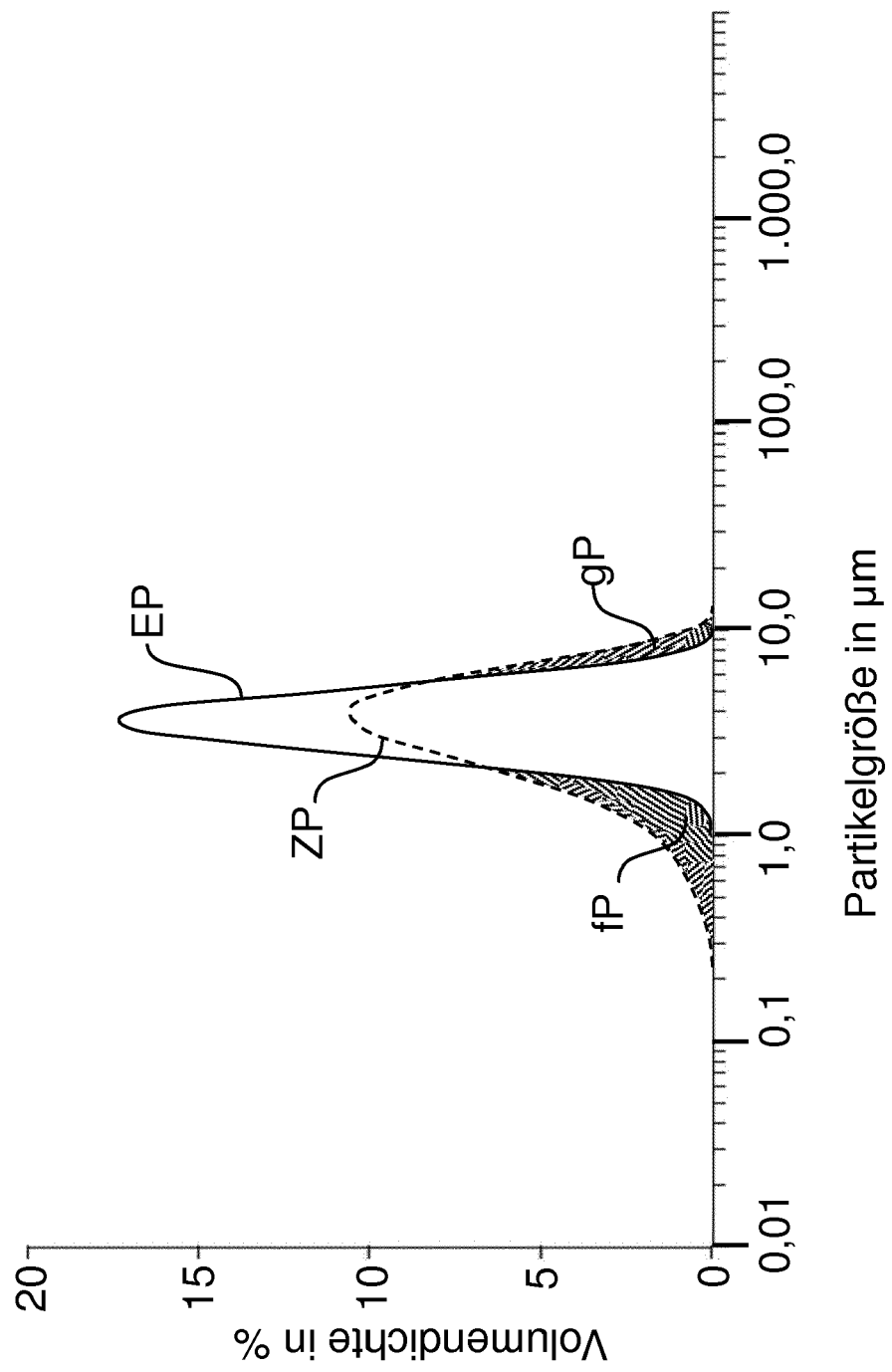
Fig.4

Fig.6

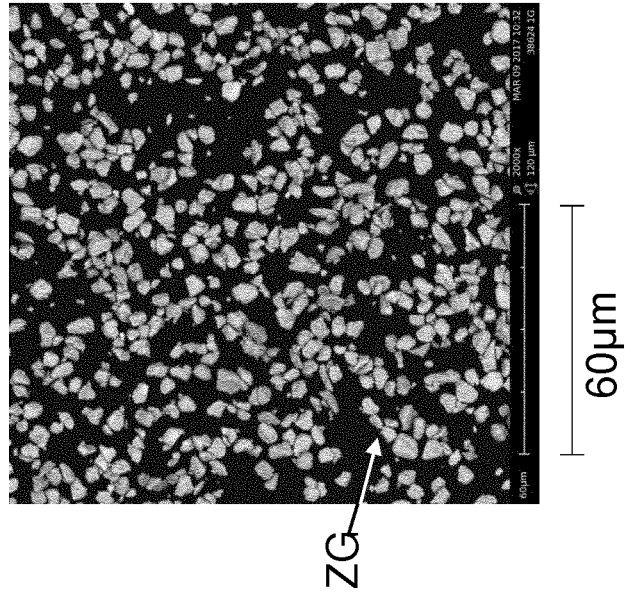
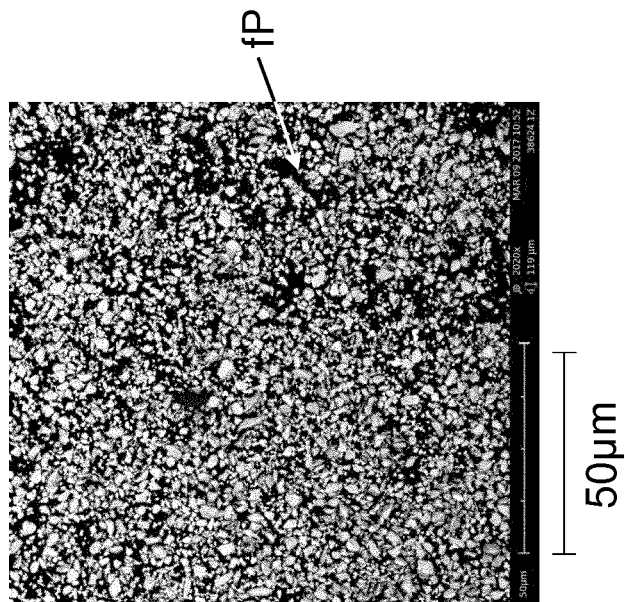


Fig.5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 18 2618

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 414 376 A2 (SHINETSU CHEMICAL CO [JP]) 27. Februar 1991 (1991-02-27) * Seite 1, Zeilen 1-5 * * Seite 1, Zeile 43 - Seite 4, Zeile 46 * * Seite 5, Zeilen 3-12 * * Seite 5, Zeilen 30-41 *	1-15	INV. B22F1/00 B07B7/083 B22F3/12 B22F3/24 B22F9/04 H01F1/057
X	EP 2 273 513 A1 (HITACHI METALS LTD [JP]) 12. Januar 2011 (2011-01-12) * Absätze [0001], [0019], [0020], [0053], [0058] - [0083] *	1,6,7, 9-11,14, 15	
X	US 2002/129874 A1 (KANEKO YUJI [JP] ET AL) 19. September 2002 (2002-09-19) * Absätze [0002], [0044], [0052], [0057], [0059] - [0087] * * Abbildungen 1-7 *	1,4,6,7, 11,14,15	
X	WO 2007/045320 A1 (VACUUMSCHMELZE GMBH & CO KG [DE]; BLANK ROLF [DE]; KATTER MATTHIAS [DE]) 26. April 2007 (2007-04-26) * Absätze [0001], [0079] - [0102] * * Abbildungen 1-11 *	1,6,8, 11,14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B22F B07B H01F C22C
X	JP 2000 317338 A (NIPPON PNEUMATIC MFG; SUMITOMO SPEC METALS) 21. November 2000 (2000-11-21) * Zusammenfassung * * Absatz [0017] * * Anspruch 7 * * Abbildungen 1-10 *	1,11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 16. November 2018	
		Prüfer Stocker, Christian	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 18 2618

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-11-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0414376 A2	27-02-1991	EP 0414376 A2	27-02-1991
		JP H0354806 A	08-03-1991
		US 4992234 A	12-02-1991
EP 2273513 A1	12-01-2011	CN 101981634 A	23-02-2011
		EP 2273513 A1	12-01-2011
		JP 5477282 B2	23-04-2014
		JP W02009122709 A1	28-07-2011
		US 2011025440 A1	03-02-2011
		WO 2009122709 A1	08-10-2009
US 2002129874 A1	19-09-2002	CN 1353206 A	12-06-2002
		US 2002129874 A1	19-09-2002
		US 2004050455 A1	18-03-2004
WO 2007045320 A1	26-04-2007	GB 2443187 A	30-04-2008
		US 2007089806 A1	26-04-2007
		US 2011171056 A1	14-07-2011
		WO 2007045320 A1	26-04-2007
JP 2000317338 A	21-11-2000	JP 4230050 B2	25-02-2009
		JP 2000317338 A	21-11-2000

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82