

(19)



(11)

EP 2 934 758 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

01.02.2017 Patentblatt 2017/05

(51) Int Cl.:

B03B 1/04 (2006.01) **B03B 7/00** (2006.01)
B03B 9/00 (2006.01) **B03C 1/01** (2006.01)
B03C 1/02 (2006.01) **B03C 1/30** (2006.01)
B03D 1/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14821103.0**

(22) Anmeldetag: **15.12.2014**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/077692

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/091324 (25.06.2015 Gazette 2015/25)

(54) **VERFAHREN ZUR ABTRENNUNG EINER DEFINIERTEN MINERALISCHEN WERTSTOFFPHASE AUS EINEM GEMAHLENEN ERZ**

METHOD FOR SEPARATING A DEFINED MINERAL PHASE OF VALUE FROM A GROUND ORE

PROCÉDÉ DE SÉPARATION D'UNE PHASE DE MATIÈRE MINÉRALE DÉFINIE D'UN MINÉRAI BROYÉ

(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**

(30) Priorität: **20.12.2013 DE 102013226845**
13.01.2014 DE 102014200415

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.10.2015 Patentblatt 2015/44

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:

- **HARTMANN, Werner**
91085 Weisendorf (DE)
- **STARK, Theresa**
52064 Aachen (DE)
- **WOLFRUM, Sonja**
91052 Erlangen (DE)
- **WOTRUBA, Hermann**
52064 Aachen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

CN-U- 202 199 415 OA-A- 7 765
US-A- 4 192 738

EP 2 934 758 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Abtrennung von definierten mineralischen Wertstoffphasen aus einem gemahlene Erz die insbesondere sehr fein verteilt in dem Erz vorliegen, stellt stets ein technisches Problem dar. Dieses fein verteilte Vorliegen von Wertstoffphasen in einem Erz tritt insbesondere bei Seltenerdphasen aber auch bei anderen herkömmlichen metallischen Phasen wie Kupfermineralien auf. Aufgrund des gehäuft Auftretens dieser Separationsproblematik bei Seltenerdelementen bzw. Seltenerdverbindungen in mineralischem Gestein, wird im Weiteren insbesondere auf die Gewinnung von Seltenen Erden eingegangen. Das folgende beschriebene Verfahren lässt sich grundsätzlich jedoch auf eine Vielzahl von Gewinnungsprozessen anderer Metalle anwenden.

[0002] Die Seltenen Erden liegen in der Natur stets in oxidierte Form zum Beispiel als Carbonate oder Phosphate in unterschiedlichen Mineralien vor. Obwohl es eine Vielzahl von Mineralien gibt, bestehen 95% der weltweiten Seltenerdresourcen aus den drei Mineralien Bastnäsit, Monazit und Xenotim. Charakteristisch für Seltenerdminerale ist, dass sie das gesamte Spektrum der Seltenerdelemente beinhalten. Durch diese Vergesellschaftung und die hohe Ähnlichkeit der Seltenerdelemente in ihrem chemischen Verhalten bestehen sehr hohe Anforderungen an den Trennprozess der Einzelsubstanzen. Ein charakteristisches und technisch stets herausforderndes Merkmal bei den Seltenerdmineralen besteht darin, dass sie im Erz meist sehr fein verwachsen sind, wodurch zudem hohe Anforderungen an den Aufbereitungsprozess bestehen. So muss das Erz zum einen ausreichend zerkleinert werden um einen ausreichenden Aufschlussgrad an Wertstoffen zu erzielen. Zum anderen erschweren sehr feine Korngrößen häufig das Wertstoffausbringen bei der Konzentratherstellung (Flotation). Hinzu kommt, dass ein hoher Flächenbedarf für die anfallenden Mengen an wertlosem Material (Bergstrom, bzw. Gangart, im Weiteren Tailing genannt) benötigt wird. Eine weitere Eigenschaft der Seltenen Erden ist, dass sie häufig mit radioaktiven Begleitstoffen wie Thorium und Uran verwachsen sind. Diese werden bei der Aufbereitung mit freigelegt, wodurch ebenfalls Risiken für die Umwelt bestehen. Aufgrund der genannten ökologischen und ökonomischen Probleme werden viele Lagerstätten von Seltenerdmineralien heutzutage nicht abgebaut.

[0003] Bei der Aufbereitung von Bastnäsit, also einem typischen Seltenerdmineralien enthaltendes Erz, werden nach dem Brechen des Erzes die Bruchstücke auf eine Flotationsfeinheit von weniger als 150 Mikrometer gemahlen. Bei diesem Prozess entstehen erhebliche Energiekosten. Im Allgemeinen richtet sich die Zielkorngröße der Mahlung nach der Aufschlusskorngröße des Seltenerdminerals. Diese ist sehr stark vom Erztyp und der jeweiligen Lagerstätte abhängig. Unter Aufschlusskorngröße wird hierbei die Korngröße verstanden, in der die einzelnen mineralischen Phasen als einzelnes Korn vor-

liegen. Grundsätzlich wäre ein Aufschlussgrad von 100% anzustreben, in der Realität kann es je nach Lagerstätte sein, dass Aufschlussgrade von 50% - 70% realistisch sind. Wird die Aufschlusskorngröße, also die Korngröße bei der die einzelnen mineralischen Phasen singulär vorliegen, durch die Zerkleinerung unterschritten, kommt es zu einer Übermahlung der Partikel und damit zur Bildung eines hohen Feinanteils. Dieser kann bei der anschließenden Flotation, die der Trennung von Wertstoff und wertlosem Material (Gangart, Tailing) dient, häufig nicht mitgewonnen werden, bzw. den Prozess sogar negativ beeinträchtigen. Wird die Aufschlusskorngröße hingegen überschritten, liegt das Mineral nicht vollständig frei vor, wodurch die Interaktion zwischen Mineraloberfläche und den chemischen Agenzien reduziert bzw. verhindert wird. Dadurch kann der zu gewinnende Wertstoff bei der Flotation nicht hinreichend an den aufsteigenden Gasblasen anhaften und sich in der Schaumzone am Flüssigkeitsspiegel anreichern.

[0004] Neben der Effizienz der Extraktion beeinflusst die Ausbringung bei der Flotation (Recovery) maßgeblich die Effizienz des Gesamtprozesses zur Gewinnung von Seltenen Erden. Je höher die Ausbringung an Seltenen Erden und damit die Anreicherung von Seltenen Erden im Konzentrat ist, desto geringer ist der Verlust an Wertstoff im Prozess. Derzeit sind Ausbringungsraten an Seltenen Erden von 65% - 70% realisierbar. Somit werden allerdings auch 30% - 35 % der im Ausgangserz enthaltenen Seltenerdmaterialien nicht flотиert und gehen im Tailing verloren. Eine Ursache dafür ist die schlechte Flotierbarkeit feiner Werkstoffpartikel, insbesondere Partikel mit einer Korngröße unter 20 Mikrometer sind davon betroffen. Dies liegt vor allem an der geringen Kollisionseffizienz zwischen kleinen Partikeln und Gasblasen. Zudem erfordern kleine Partikelgrößen große Blasenoberflächen, um die Wertstoffpartikel zu binden, was bei der herkömmlichen Flotation nur mit einem hohen Anteil sehr kleinen Gasblasen erreicht werden kann. Diese wiederum sind jedoch nicht geeignet, die größeren Wertstoffpartikel in die Schaumschicht zu transportieren, und sind zudem in der konventionellen Flotation (Rührwerks- oder mechanische Zellen; Säulenzelle) nur mit erheblichem Energieaufwand herstellbar.

[0005] Um hierfür Abhilfe zu schaffen werden prinzipiell zwei Ansätze verfolgt. Der eine besteht in der Erhöhung der Wertstoffpartikelgröße oder in der Reduzierung der Gasblasengröße. Zur Erhöhung der Partikelgröße dienen die selektive Flockung, die Koagulation und die hydrophobe Aggregation der Partikel. Diese Verfahren benötigen Zusätze wie Polymere oder Elektrolyte und sind bereits in der industriellen Anwendung. Der Vorteil von zugegebenen Polymeren im Vergleich zu Elektrolyten besteht in der hohen Selektivität, sie binden lediglich die Werkstoffpartikel und nicht das wertlose Material. Allerdings kommt es häufig zu Einschlüssen von Gangmaterial (Tailing) in den Zwischenräumen der gebildeten Aggregate. Die Reduzierung der Gasblasengröße wird beispielsweise bei der Dissolved Gas Flotation, der Electro-

flotation und der Turbulent Microflotation verfolgt. Aufgrund der kleinen Gasblasen werden geringe Auftriebsgeschwindigkeiten erreicht, wodurch die kleinen Partikel während der Aufwärtsbewegung haften bleiben können. Dies resultiert allerdings in großen Verweilzeiten des Wertstoffs in der Flotationszelle. Außerdem können sich die geringen Auftriebsgeschwindigkeiten negativ auf die Selektivität auswirken.

[0006] Die CN 202 199 415 U offenbart ein Verfahren zur Abtrennung einer mineralischen Wertstoffphase aus einem gemahlenen Erz, mit Klassieren des Erzes nach einem definierten Partikeldurchmesser in mindestens zwei Fraktionen, einer ersten Fraktion Partikel mit größerem Partikeldurchmesser und einer zweiten Fraktion Partikel mit kleinerem Partikeldurchmesser, wobei die definierten mineralischen Wertstoffpartikel in beiden Fraktionen enthalten sind, wobei hier die zweite Fraktion flotiert und magnetisch separiert wird.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Ausbeute an mineralischen Wertstoffphasen, die fein verteilt in einem gemahlenen Erz vorliegen, gegenüber dem zum Stand der Technik gehörenden Flotationsverfahren zu verbessern.

[0008] Die Lösung der Aufgabe besteht in einem Verfahren zur Abtrennung einer definierten mineralischen Wertstoffphase aus einem gemahlenen Erz nach Anspruch 1.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren nach Anspruch 1 dient zur Abtrennung einer definierten mineralischen Wertstoffphase, im Wesentlichen einer Phase eines Seltenerdminerals aber auch zur Abtrennung von anderen metallischen Erzen wie Kupfer aus einem gemahlenen Erz. Dabei weist das gemahlene Erz mehrere chemische Phasen auf und es liegt in einer heterogenen Korngrößenverteilung vor. Das Verfahren umfasst dabei folgende Schritte:

[0010] Zunächst wird das Erz klassiert, wobei ein Partikeldurchmesser definiert wird, und mindestens zwei Fraktionen erstellt werden, wobei die eine Fraktion Partikeldurchmesser aufweist, die im Wesentlichen größer als der definierte Partikeldurchmesser sind und die zweite Fraktion Partikel aufweist, die im Wesentlichen kleiner als der definierte Partikeldurchmesser ist. Der Begriff im Wesentlichen wird deshalb dazugefügt, da es großtechnisch nicht möglich ist, eine beliebige Trennung in zwei Fraktionen bei einem exakt diskreten Partikeldurchmesser zu erzeugen. Es ist nicht auszuschließen, dass in der Fraktion mit dem größeren Partikeldurchmesser auch Partikel enthalten sind, die nominell kleiner als der definierte Partikeldurchmesser sind und umgekehrt.

[0011] Die Fraktion mit dem größeren Partikeldurchmesser wird einem herkömmlichen Flotationsprozess zugeführt und die mineralischen Wertstoffpartikel werden selektiv in einem Flotationskonzentrat angereichert. Ferner werden die mineralischen Wertstoffpartikel in der zweiten Fraktion mit dem kleineren Partikeldurchmesser selektiv mit magnetisierbaren Partikeln (im Folgenden mit dem Überbegriff "Magnetit" bezeichnet, wobei auch

andere geeignete ausreichend chemisch inerte magnetische Werkstoffe als Magnetit Fe_3O_4 verwendet werden können)) versehen und anschließend einem Magnetseparationsprozess unterzogen. Auch hier entsteht ein Konzentrat mit einer Anreicherung der definierten mineralischen Wertstoffphase, die jedoch in einem geringeren Partikeldurchmesser vorliegt.

[0012] Im Vergleich zum Stand der Technik, bei dem alle Partikel des gemahlenen Erzes über einen herkömmlichen Flotationsprozess konzentriert werden, liegt der wesentliche Punkt der vorliegenden Erfindung darin, selektiv nach mindestens zwei Partikelfraktionen zu unterscheiden und die kleinere Partikelfraktion mit einem Magnetseparationsverfahren zu konzentrieren. Im Vergleich zum herkömmlichen Flotationsprozess, bei dem die Gasblasengröße die selektierbaren Erzpartikel limitiert, können zum einen bei der Magnetseparation Magnetit-Partikel mit einem kleinen Durchmesser verwendet werden, wodurch die spezifische Oberfläche erhöht wird und damit mehr Oberfläche zur Anbindung des Wertstoffs zur Verfügung steht. Zum anderen können die beladenen kleinen Magnetit-Partikel mit einer höheren Trennleistung im Magnetfeld abgetrennt werden, als die kleinen Gasblasen bei der Flotation. Ein weiterer Vorteil der Magnetseparation besteht in der gezielten Steuerbarkeit der Magnetitkorngrößenverteilung. So ist es im Vergleich zur Herstellung von Gasblasen einfacher die Größenverteilung des Magnetits hinsichtlich des abzutrennenden Wertstoffs maßzuschneidern, wodurch die Ausbeute erheblich erhöht werden kann.

Weiterhin vorteilhaft an der Kombination aus Flotation und Magnetseparation in der Aufbereitung von Seltenen Erden ist die Gewinnung von zwei verschiedenen Tailing-Strömen. Die Tailing-Ströme aus der Magnetseparation die eher feine Partikel enthalten, enthalten in der Regel auch den Großteil an umweltschädlichen Substanzen wie beispielsweise Thorium oder Schwermetalle, da diese umweltschädlichen Substanzen ebenfalls beim klassieren mitsepariert werden. Ist dies der Fall, so resultiert aufgrund der beiden getrennt gewonnenen Tailingströme ein deutlich geringerer Volumenbedarf für die Lagerung der kritischen Substanzen.

[0013] In herkömmlichen Verfahren werden sowohl die feinen als auch die groben Erzpartikel der Flotation zugeführt, wodurch sich Ausbeuten von lediglich 65% - 70% erzielen lassen. Durch die erfindungsgemäße Kombination aus Flotation und Magnetseparation lässt sich die Gesamtausbringung an Seltenen Erden je nach Erz und Lagerstätte signifikant (je nach Erz um 5% - 15%) erhöhen und damit die Effizienz der Aufbereitungsprozesse positiv beeinflussen. Als Konsequenz kann damit der Abbau verschiedener Seltenerdlagerstätten wirtschaftlich rentabel werden, die bisher nicht in Betracht gezogen wurde.

[0014] In einer Ausgestaltungsform der Erfindung wird ein Tailingstrom, der beim Flotieren anfällt, zumindest teilweise dem Magnetseparationsprozess zugeführt. Es hat sich herausgestellt, dass der Magnetseparationspro-

zess durchaus auch mit einem größerem Spektrum einer Korngrößenverteilung zurechtkommt, so dass Wertstoffpartikel bzw. Wertstoffphasen, die bei der Flotation nicht erfolgreich separiert werden konnten, in einem weiteren alternativen Verfahrensschritt noch einmal der Separation unterzogen werden können.

[0015] Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, dass der definierte Partikeldurchmesser, der beim Klassieren eingestellt wird, kleiner als 70 Mikrometer ist. Insbesondere ist er kleiner als 50 Mikrometer. Hierbei wird insbesondere ein Hydrozyklon zur Klassierung eingesetzt. Andere Klassierverfahren wie Sieben, Spiralförderer etc. sind ebenfalls möglich.

[0016] Bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren auf mineralische Wertstoffpartikel aus den Reihen der Seltenen Erden angewandt. Unter dem Begriff Seltene Erden werden Verbindungen der Seltenerdelemente insbesondere deren Oxide aber auch Carbonate und Phosphate verstanden. Unter dem Begriff Seltenerdelemente werden insbesondere die sogenannten Lanthanoiden, u.a. Lanthan, Cer, Praseodym, Neodym, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Ytterbium und Lutetium verstanden, es werden jedoch wegen ihrer chemischen Ähnlichkeiten in diesem Fall hier auch das Yttrium und das Scandium dazu gezählt. Seltene Erden sind wiederum Verbindungen von Seltenerdelementen, insbesondere deren Oxide und Phosphate.

[0017] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsformen und weitere Merkmale der Erfindung werden anhand der folgenden Figur und Auflistung der folgenden Beispiele näher erläutert. Hierbei handelt es sich lediglich um Ausführungsbeispiele, die keine Einschränkung des Schutzbereichs darstellen.

[0018] Dabei zeigt Figur 1 einen Prozess zur Separation eines mineralischen Wertstoffpartikels, also einem gemahlene Erz unter Verwendung einer Kombination von Flotation und Magnetseparation.

[0019] Anhand der einzigen Figur wird im Weiteren beispielhaft eine Ausgestaltung des Verfahrens zur Abtrennung einer Wertstoffphase 2 aus einem gemahlene Erz 4 beschrieben. Das Erz 4 wird nach einem herkömmlichen Verfahren gemahlen, wodurch zwangsläufig eine heterogene Korngrößenverteilung der einzelnen Partikel auftritt. Der Mahlgrad und damit Aufschlussgröße bzw. -grad sind abhängig von der Lagerstätte bzw. den dort vorliegenden Phasengrößen der zu separierenden Wertstoffphase 2. Jedoch gibt es auch bei dieser Phasengröße der Wertstoffphase 2 eine Verteilungskurve der Phasengröße, so dass es zweckmäßig ist, dass gemahlene Erz 4 in zwei Fraktionen zu klassieren. Dies geschieht in einer Klassiervorrichtung 6, in der zum einen eine erste Fraktion 8 erzeugt wird, die eine Korngrößenverteilung aufweist, die im Wesentlichen größer als 50 Mikrometer ist. Ferner wird in der Klassiervorrichtung 6, die bevorzugt in Form eines Hydrozyklons ausgestaltet ist, eine zweite Fraktion 10 abgetrennt, die Partikelgrößen aufweist, die im Wesentlichen unter 50 Mikrometer

liegen. Grundsätzlich ist es möglich noch weitere Fraktionen herzustellen, die unterschiedlicher Korngrößenverteilungen aufweisen, wenn hierdurch der Selektionsprozess technisch optimiert werden kann.

[0020] Die erste Fraktion 8 mit dem größeren Partikeldurchmesser wird nun in eine Flotationsvorrichtung 11 gegeben, die einer herkömmlichen Flotationsvorrichtung entspricht. Bei der Flotation wird ein Flotationskonzentrat 12 erzeugt, das eine Anreicherung der Wertstoffphase 2 enthält. Je nach Flotationsverfahren und je nach Art und Beschaffenheit des gemahlene Erzes ist die Ausbeute an Wertstoffphase 2 in dem Flotationskonzentrat unterschiedlich hoch. Deshalb kann es zweckmäßig sein, den Flotationsprozess 11 mehrfach ablaufen zu lassen.

[0021] Die zweite Fraktion 10 des gemahlene Erzes 4 wird parallel dazu einem Magnetseparationsprozess zugeführt. Hierzu erfolgt zunächst einer chemischen Konditionierung 20 der Partikel der Fraktion 10, wobei die Konditionierung 20 an sich bekannt ist und daher auf diese hier nicht weiter eingegangen werden soll. Es sei nur gesagt, dass die Wertstoffpartikel mit selektiv wirkenden organischen Substanzen zusammengebracht werden, die sich auf die Oberfläche der Wertstoffpartikel legen, und somit ihre Oberflächeneigenschaften beeinflussen. Ferner wird beim Konditionieren ebenfalls oberflächenbehandelter Magnetit (Fe_3O_4) oder eine andere magnetische Phase zugeführt, die selektiv oberflächenbehandelte Wertstoffpartikel 2 anlagern. In einem nachgeschalteten Magnetseparationsreaktor 15 werden die aus Magnetit-Partikel 14 und den Wertstoff-Partikeln 2 bestehenden Partikelagglomerate abgetrennt. Hierbei fällt ein Tailing-Strom 19 an, der ein weiteres Mal dem Magnetseparationsprozess zugeführt werden kann. Dies ist davon abhängig, wie hoch die Ausbeute an Wertstoffpartikeln nach dem ersten Separationsprozess im Separationsreaktor 15 ist. Nach dem Separieren der Magnetitpartikel von der zweiten Fraktion 10 werden die Magnetitpartikel 14, die mit den Wertstoffpartikeln 2 verbunden sind, in einer Trennvorrichtung wieder von den Wertstoffpartikeln 2 getrennt, so dass auf der einen Seite ein Magnetseparationskonzentrat 16 mit Wertstoffpartikeln 2 anfällt, auf der anderen Seite werden die Magnetitpartikel 14 zurückgewonnen und wieder dem Konditionierungsvorgang 20 zugeführt.

[0022] Es hat sich bei verschiedenen Erzen als zweckmäßig herausgestellt, einen Tailing-Strom 18, der bei der Flotation 11 anfällt ebenfalls dem Magnetseparationsprozess zuzufügen, wenn dieser noch einen ausreichend hohen Anteil an Wertstoffpartikeln 2 enthält. Dies bedeutet natürlich im Gegenzug, dass in diesem Fall die Ausbeute der Flotation 11 noch nicht befriedigend war. Es hat sich herausgestellt, dass die Magnetseparation 15 gegenüber einer breiteren Korngrößenverteilung weniger anfällig ist als die Flotation 11. Grundsätzlich kann jedoch auch der Tailing-Strom 18 in Form von 18' verworfen werden und auf einer entsprechenden Deponie endgelagert werden bzw. es können auch hier weitere alternative Wertstoffpartikel separiert werden.

[0023] Es hat sich ferner herausgestellt, dass umweltkritische Substanzen in dem gemahlene Erz 4, insbesondere radioaktive Partikel wie Uranoxid oder Thoriumdioxid, ebenfalls sehr fein verteilt in dem gemahlene Erz 4 vorliegen, weshalb ein Großteil dieser umweltschädlichen Substanzen in der zweiten Fraktion 10 angesammelt sind. Diese bleiben dann im Tailing-Strom 19 übrig und können separat vom Tailing-Strom 18 endgelagert werden. Dies ist insbesondere deshalb vorteilhaft, da der Tailing-Strom 19, der aus der Magnetseparation resultiert verglichen mit dem Tailing-Strom 18 bzw. Tailing-Strom 18', der aus dem Flotationsprozess entsteht, das verhältnismäßig geringere Volumen aufweist. Wenn in diesem Tailing-Strom 19 die Anreicherungen an umweltschädlichen Substanzen größer ist, kann dieser vergleichsweise kleine Tailing-Strom separat auf einer hierfür ausgewiesenen Deponie gelagert werden, so dass die umweltschädlichen Produkte die beim Abbau von Seltenerdelementen anfallen, in einer kleineren Fraktion getrennt aufbewahrt werden können, was die Umweltbelastung deutlich reduziert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abtrennung einer definierten mineralischen Wertstoffphase (2) aus einem gemahlene Erz (4), das mehrere chemische Phasen aufweist und in einer heterogenen Korngrößenverteilung vorliegt, umfassend folgende Schritte:
 - Klassieren (6) des Erzes nach einem definierten Partikeldurchmesser in mindestens zwei Fraktionen, wobei eine erste Fraktion (8) Partikel aufweist, die im Wesentlichen größer als der definierte Partikeldurchmesser sind und eine zweite Fraktion (10) Partikel umfasst die im Wesentlichen kleiner sind als der definierte Partikeldurchmesser und wobei die definierten mineralischen Wertstoffpartikel (2) in beiden Fraktionen (8, 10) enthalten sind,
 - Flotieren (11) der ersten Fraktion mit den größeren Partikeldurchmessern und selektieren der definierten mineralischen Wertstoffpartikel (2) in einem Flotationskonzentrat (12),
 - Selektives Versetzen der definierten mineralischen Wertstoffpartikel (2) in der Fraktion (10) mit den kleineren Partikeldurchmessern mit magnetisierbaren Partikeln (14),
 - Anwenden eines Magnetseparationsprozesses auf die zweite Fraktion (10) mit geringeren Partikeldurchmessern und Separieren eines Konzentrats (16) mit einer Anreicherung der definierten mineralischen Wertstoffphase (2).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Tailingstrom (18) der beim Flotieren (11) anfällt, zumindest teilweise dem Magnet-

separationsprozess (15) zugeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der definierte Partikeldurchmesser beim Klassieren (6) kleiner als 70 μm , insbesondere kleiner als 50 μm ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Klassieren (6) mit Hilfe eines Hydrozyklons erfolgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mineralischen Wertstoffpartikel (2) aus den Reihen der Seltenen Erden, insbesondere Salze der Lanthanoiden stammen.

Claims

1. Method for separating out a defined mineral phase of value (2) from a ground ore (4) which has several chemical phases and in which the grain sizes are heterogeneous, including the following steps:
 - Classification (6) of the ore against a defined particle diameter into at least two fractions, where a first fraction (8) has particles which are essentially larger than the defined particle diameter and a second fraction (10) contains particles which are essentially smaller than the defined particle diameter and where the defined mineral particles of useful material (2) are contained in both fractions (8, 10),
 - Flotation (11) of the first fraction with the larger diameter particles and selection of the defined mineral particles of useful material (2) in a flotation concentrate (12),
 - Selective mixing, in the fraction (10) which has the smaller diameter particles, of the defined mineral particles of useful material (2) with magnetisable particles (14),
 - Application of a magnetic separation process to the second fraction (10) with the smaller diameter particles and separation of a concentrate (16) with enrichment of the defined mineral phase of the useful material (2).
2. Method according to claim 1, **characterised in that** a tailing flow (18) which arises from the flotation (11) is, at least in part, fed to the magnetic separation process (15).
3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the particle diameter defined for the classification (6) is less than 70 μm , in particular less than 50 μm .

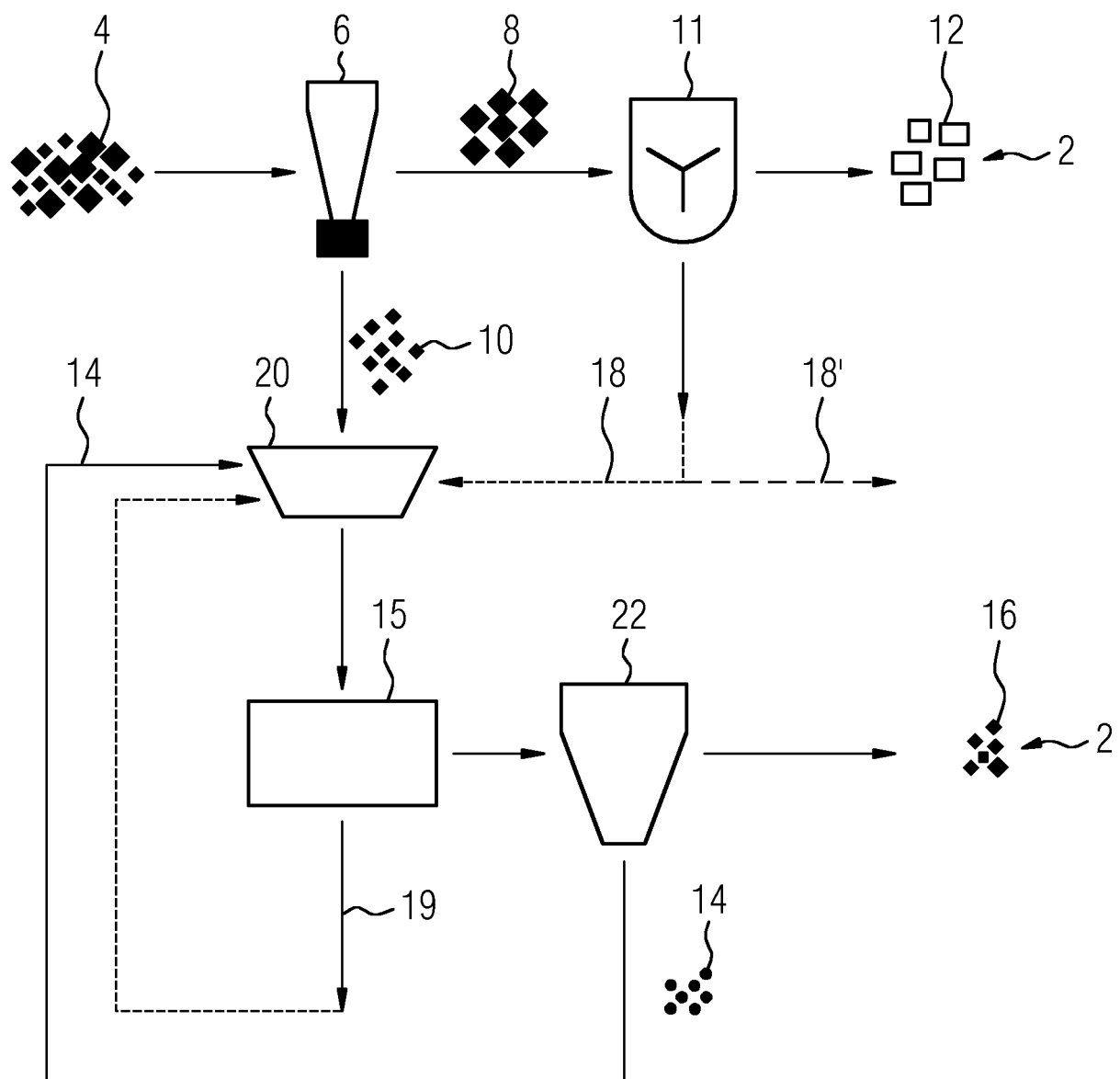
4. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the classification (6) is effected with the help of a hydrocyclone.
5. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the mineral particles of the useful material (2) derive from the layers of the rare earths, in particular from salts of the lanthanides.

5. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les particules (2) de matière minérale de valeur proviennent de la série des terres rares, notamment de celle des lanthanides.

10

Revendications

1. Procédé de séparation d'une phase (2) définie d'une matière minérale de valeur à partir d'un minerai (4) broyé, qui a plusieurs phases chimiques et qui se présente dans une répartition granulométrique hétérogène, comprenant les stades suivants :
- Classification (6) du minerai suivant un diamètre de particule défini en au moins deux fractions, une première fraction (8) ayant des particules qui sont sensiblement plus grandes que le diamètre de particule défini et une deuxième fraction (10) comprenant des particules, qui sont sensiblement plus petites que le diamètre de particule défini et les particules (2) définies de matière minérale de valeur étant contenues dans les deux fractions (8, 10),
 - Flottation (11) de la première fraction ayant les diamètres de particule plus grands et sélection des particules (2) définies de matière minérale de valeur dans un concentré (12) de flottation,
 - Mélange sélectif des particules (2) définies de matière minérale de valeur de la fraction (10) ayant les diamètres de particule plus petits à des particules (14) magnétisables,
 - Application d'un processus de séparation magnétique à la deuxième fraction (10) ayant des diamètres de particule plus petits et séparation d'un concentré (16) ayant un enrichissement en la phase (2) définie de matière minérale de valeur.
2. Procédé suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on envoie un courant (18) de queue qui se produit à la flottation (11), au moins en partie, au processus (15) de séparation magnétique.
3. Procédé suivant les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le diamètre de particule défini à la classification (6) est plus petit que 70 μm , notamment plus petit que 50 μm .
4. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la classification (6) s'effectue à l'aide d'un hydrocyclone.



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- CN 202199415 U [0006]