

(19)



(11)

EP 4 382 216 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.06.2024 Patentblatt 2024/24

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B07C 5/34 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22212148.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B07C 5/34

(22) Anmeldetag: **08.12.2022**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:
BA

Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Hydro Aluminium Recycling
Deutschland GmbH
41542 Dormagen (DE)**

(72) Erfinder:

- **Schmidt, Christian
50859 Köln (DE)**
- **Gillner, Ronald
53913 Swisstal (DE)**

(74) Vertreter: **Brinkmann, Stefan Ulrich
Brinkmann & Partner Patentanwälte
Am Seestern 8
40547 Düsseldorf (DE)**

Bemerkungen:

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2)
EPÜ.

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ANALYSIEREN UND SORTIEREN VON MATERIALTEILEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Analysieren und Sortieren von Materialteilen, insbesondere Schrottteilen aus Aluminium, das zweistufig durchgeführt wird, wobei in einer ersten Stufe eine Vorsortierung und in einer zweiten Stufe eine Nachsortierung erfolgen, wobei in der ersten Stufe in einem ersten Schritt eine vorgebbare Materialeigenschaft der Materialteile (4) bestimmt wird und in einem zweiten Schritt der ersten Stufe die Materialteile (4) jeweils in Abhängigkeit der jeweils bestimmten Materialeigenschaft entweder einer ersten

Fraktion (F1) oder einer zweiten Fraktion (F2) zugeführt werden, und wobei in der zweiten Stufe in einem ersten Schritt die Materialteile (4) einer der beiden Fraktionen (F1, F2) in einen kontinuierlichen Förderstrom überführt und einer Prompte-Gamma-Neutronenaktivierungsanalyse (PGNAA) unterzogen werden und in einem zweiten Schritt der zweiten Stufe der Förderstrom abhängig von einer durch die PGNAA erhaltenen Elementbestimmung einzelnen Unterfraktionen (A1 bis C2) zugeleitet wird.

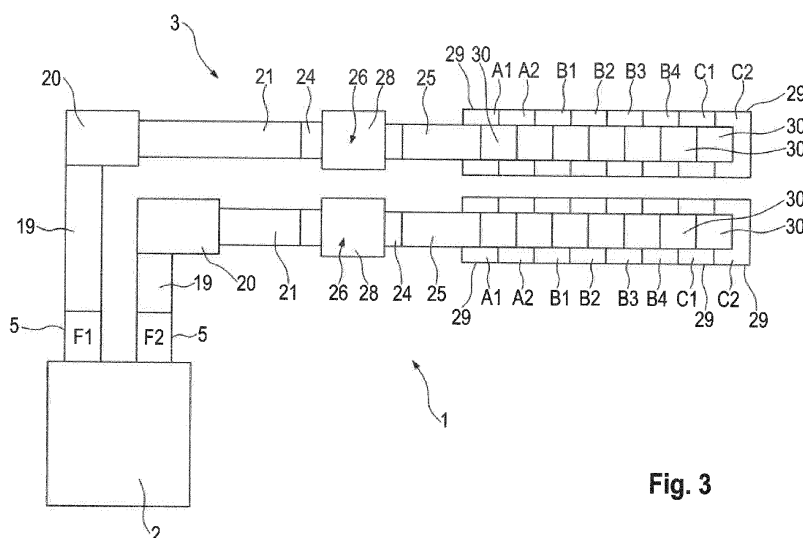


Fig. 3

EP 4 382 216 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein System zum Analysieren und Sortieren von Materialteilen, insbesondere Schrottteilen aus Aluminium. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

[0002] Ein aus dem Stand der Technik wohlbekanntes Verfahren zum Analysieren und Sortieren von Materialteilen, insbesondere von Schrottteilen aus Aluminium, ermöglicht eine Sortierung auf Basis einer laserinduzierten Plasmaspektroskopie, auch LIBS (laser-included break down spectroscopy) genannt. Dabei wird die laserinduzierte Plasmaspektroskopie zur Bestimmung einer elementspezifischen Zusammensetzung eines Materialteils, das heißt einer Probe mit Hilfe eines Plasmas eingesetzt. Das Plasma wird mit hochintensiver, fokussierter Laserstrahlung an einer Oberfläche des Materialteils erzeugt. Vom Plasma emittiertes Licht wird detektiert und spektral ausgewertet, um auf eine elementare Zusammensetzung des Materialteils rückzuschließen.

[0003] Ein Verfahren der vorbeschriebenen Art ist beispielsweise aus der EP 3 352 919 B1 bekannt, die auch eine gattungsgemäße Vorrichtung zur Verfahrensdurchführung offenbart.

[0004] Gemäß der EP 3 352 919 B1 werden zu sortierende Materialteile einem Zuführmittel aufgegeben. Bei dem Zuführmittel kann es sich beispielsweise um schwingungsbewegte Platten handeln, die eine Zuführfläche bereitstellen, entlang derer die Materialteile bewegt werden.

[0005] Mittels des Zuführmittels werden die zu analysierenden und zu sortierenden Materialteile einer Rutsche aufgegeben. Der Schwerkraft folgend rutschen die Materialteile die Rutsche herunter und verlassen diese über eine untere Randkante der Rutsche. Von hier bewegen sich die zu analysierenden und zu sortierenden Materialteile im freien Fall durch die Umgebungsluft hindurch. Dabei dienen das Zuführmittel und die Rutsche dazu, dass eine Vereinzelung der Materialteile stattfindet und diese nach einem Verlassen der Rutsche im freien Fall durch einen räumlich definierten Fallkorridor hindurchbewegt werden.

[0006] Während des freien Falls findet für jedes die Rutsche verlassende Materialteil eine laserinduzierte Plasmaspektroskopie statt. Zu diesem Zweck ist eine Lasereinrichtung vorgesehen, die dazu eingerichtet ist, mit einem sich entlang einer Strahlachse ausbreitenden Laserstrahl auf einer Oberfläche eines Materialteils ein Plasma zu erzeugen. Des Weiteren ist ein Spektrometersystem vorgesehen, das dazu eingerichtet ist, eine Spektralanalyse eines von dem laserinduzierten Plasma emittierten Plasmalichts durchzuführen und in Entsprechung eines Ergebnisses der durchgeführten Spektralanalyse ein Ausgangssignal zu erzeugen.

[0007] Dieses Ausgangssignal dient dann in Kombination mit einem Sortierkriterium im Weiteren einer Sortiereinheit dazu, die die Rutsche verlassenden Materialteile

einer von zwei Fraktionen zuzuführen. Als Sortiereinheit kann beispielsweise eine Luftdüse zum Einsatz kommen, die mittels einer Steuervorrichtung entsprechend angesteuert wird. Aus dem Strom an Materialteilen, die die Rutsche verlassen, können so unter Luftdruckeinwirkung bestimmte Materialteile aussortiert werden. Im Ergebnis stehen so eine Fraktion von aussortierten und eine Fraktion von nicht aussortierten Materialteilen.

[0008] Typischerweise dient das vorbeschriebene Verfahren dazu, Materialteile einer bestimmten Zusammensetzung zu erkennen und von Materialteilen einer anderen Zusammensetzung zu trennen. Dabei erfolgt eine solche Trennung entweder deshalb, weil ein Materialteil einer ungewünschten Zusammensetzung erkannt und mittels der Sortiereinheit ausgeschleust wird oder weil die Zusammensetzung eines Materialteils nicht sicher festgestellt werden konnte und deshalb eine Ausschleusung mittels der Sortiereinheit stattfindet. Die Fraktion der ausgeschleusten Materialteile setzt sich mit hin zusammen aus in ihrer Zusammensetzung eindeutig identifizierten und nicht gewünschten Materialteilen einerseits und in ihrer Zusammensetzung nicht eindeutig identifizierten Materialteilen andererseits.

[0009] Die Fraktion der in ihrer Zusammensetzung eindeutig identifizierten und gewünschten Materialteile wird auch als "Gutfraktion" bezeichnet. Die andere Fraktion, das heißt die Fraktion der eindeutig identifizierten und nicht gewünschten Materialteile einerseits und der nicht eindeutig identifizierten Materialteile andererseits, wird auch als "Restfraktion" bezeichnet.

[0010] Die Praxis hat gezeigt, dass die Menge an Restfraktion im Vergleich zur Menge an Gutfraktion nicht unerheblich klein ausfällt. Da die Restfraktion in ihrer Zusammensetzung undefiniert und insofern unbekannt ist, ist eine wirtschaftliche Verwertung der zur Restfraktion gehörenden Materialteile nicht möglich.

[0011] Analytierte und sortierte Materialteile können im Weiteren insbesondere dazu verwendet werden, dem Ofen einer Schmelzanlage zugeführt zu werden, um für ein späteres Gussstück die gewünschte Legierungszusammensetzung bereitzustellen. So ist es beispielsweise bei Materialteilen, die als Schrottteile aus Aluminium vorliegen, das vorrangige Ziel der Sortierung, die für einen bestimmungsgemäßen Betrieb einer Umschmelzanlage richtige Aluminiumlegierung auszusortieren.

[0012] Für die bestmögliche Nutzung sowohl der Gutfraktion als auch der Restfraktion ist eine analytische Auswertung notwendig. Das Ergebnis einer solchen Analyse kann dann auch zur Planung einer Beschickung eines Ofens einer Umschmelzanlage herangezogen werden. Dies geschieht unter Berücksichtigung eines "Sicherheitspuffers", der notwendig ist, um sicher innerhalb eines bestimmten Ziellegierungsfensters zu bleiben. Analytische Ungenauigkeiten können so zwar zum Teil ausgeglichen werden, doch der maximal mögliche Einsatz an Schrottteilen wird so in nachteiliger Weise reduziert.

[0013] Die analytische Ungenauigkeit der Auswertung

ist dadurch begründet, dass zwecks Analyse nur auf wenige Proben zurückgegriffen wird, die nur einen Bruchteil der insgesamt weiter zu verarbeitenden Materialteile ausmacht. Dabei nimmt die Wahrscheinlichkeit einer analytischen Unsicherheit bei heterogen ausgebildeten Fraktionen zu. Und so ist insbesondere die Restfraktion dem Grunde nach nicht weiter wirtschaftlich verwertbar, und wenn, dann nur sehr bedingt und dies mit einer hohen Wahrscheinlichkeit von analytischen Ungenauigkeiten.

[0014] Ausgehend vom Vorbeschriebenen ist es die **Aufgabe** der Erfindung, ein Verfahren zum Analysieren und Sortieren von Materialteilen, insbesondere von Schrottteilen aus Aluminium, anzugeben, das hilft, mögliche Analysefehler zu minimieren und die weitere Verwertbarkeit von Materialteilen, insbesondere in Umschmelzanlagen zu maximieren. Ferner soll eine Vorrichtung zum Analysieren und Sortieren von Materialteilen, insbesondere von Schrottteilen aus Aluminium vorge schlagen werden.

[0015] Verfahrensseitig wird zur **Lösung** der vorstehenden Aufgabe vorgeschlagen ein Verfahren zum Analysieren und Sortieren von Materialteilen, insbesondere Schrottteilen aus Aluminium, das zweistufig durchgeführt wird, wobei in einer ersten Stufe eine Vorsortierung und in einer zweiten Stufe eine Nachsortierung erfolgen, wobei in der ersten Stufe in einem ersten Schritt eine vorgebbare Materialeigenschaft der Materialteile bestimmt wird und in einem zweiten Schritt der ersten Stufe die Materialteile jeweils in Abhängigkeit der jeweils bestimmten Materialeigenschaft entweder einer ersten Fraktion oder einer zweiten Fraktion zugeführt werden, und wobei in der zweiten Stufe in einem ersten Schritt die Materialteile einer der beiden Fraktionen in einen kontinuierlichen Förderstrom überführt und einer Prompte-Gamma-Neutronenaktivierungsanalyse (kurz: PGNA) unterzogen werden, und in einem zweiten Schritt der zweiten Stufe der Förderstrom abhängig von einer durch die PGNA erhaltenen Elementbestimmung einzelnen Unterfraktionen zugeleitet wird.

[0016] Vorrichtungssseitig wird zur **Lösung** der vorstehenden Aufgabe vorgeschlagen eine Vorrichtung zum Analysieren und Sortieren von Materialteilen, insbesondere Schrottteilen aus Aluminium, mit einer ersten Analyseeinrichtung und einer zweiten Analyseeinrichtung, wobei die erste Analyseeinrichtung dazu eingerichtet ist, eine vorgebbare Materialeigenschaft der Materialteile zu bestimmen und die Materialteile mittels einer Sortiereinrichtung einer von zwei Fraktionen zuzuführen, wobei die zweite Analyseeinrichtung dazu eingerichtet ist, die Materialteile einer der beiden Fraktionen einer PGNA zu unterziehen und die Materialteile abhängig von einer Elementbestimmung durch die PGNA einzelnen Unterfraktionen zuzuführen.

[0017] Die erfindungsgemäße Verfahrensdurchführung erfolgt zweistufig. Es sind eine Vorsortierung einerseits und eine Nachsortierung andererseits vorgesehen. Die Vorsortierung dient dazu, wenigstens zwei Materi-

alteil-Fraktionen zu bilden, eine Gutfraktion einerseits und eine Restfraktion andererseits.

[0018] Die Fraktionsbildung erfolgt erfindungsgemäß in Abhängigkeit einer vorgebbaren Materialeigenschaft der Materialteile. Zu diesem Zweck wird in einem ersten Schritt eine vorgebbare Materialeigenschaft der Materialteile bestimmt. In einem zweiten Schritt der ersten Stufe erfolgt dann eine Sortierung der Materialteile, d. h. eine Aufteilung der Materialteile auf wenigstens zwei Fraktionen, nämlich eine erste Fraktion und eine zweite Fraktion. Diese Fraktionsbildung erfolgt in Abhängigkeit der jeweils bestimmten Materialeigenschaft der Materialteile. Die Materialteile werden mithin in Abhängigkeit des Ergebnisses der Bestimmung der Materialeigenschaft gemäß erstem Schritt fraktioniert.

[0019] Die Fraktionierung erfolgt mithin erfindungsgemäß in einer solchen Weise, dass zumindest zwei Fraktionen ausgebildet werden, wobei die eine der beiden Fraktionen vermehrt Materialteile beinhaltet, die die vorgebbare Materialeigenschaft aufweisen, wohingegen die andere Fraktion vornehmlich aus Materialteilen gebildet ist, die diese Materialeigenschaft eben nicht aufweisen.

[0020] Als Materialeigenschaft im Sinne der Erfindung kann grundsätzlich eine solche Materialeigenschaft gewählt werden, die zweckmäßigerweise dazu beiträgt, das gewünschte Sortierergebnis zu optimieren. Als in diesem Sinne besonders geeignet werden als vorgebbare Materialeigenschaft der Materialteile die jeweilige Dichte, Absorptionsfähigkeit und/oder chemische Zusammensetzung der Materialteile gewählt.

[0021] Die Fraktionsbildung der Vorsortierung kann auch weitere Stufen umfassen. Insbesondere ist es möglich, eine Sortierung in Abhängigkeit einer Mehrzahl von zu bestimmender Materialeigenschaften durchzuführen. So kann beispielsweise vorgesehen sein, in einem ersten Schritt eine erste vorgebbare Materialeigenschaft der Materialteile zu bestimmen und in einem zweiten Schritt die Materialteile jeweils in Abhängigkeit der jeweils bestimmten ersten Materialeigenschaft entweder einer ersten Fraktion oder einer zweiten Fraktion zuzuführen. Eine der beiden so entstehenden Fraktionen wird dann im Sinne der Erfindung einer weiteren Vorsortierung unterzogen, indem in einem dritten Schritt eine zweite vorgebbare Materialeigenschaft der Materialteile bestimmt wird und in einem vierten Schritt die Materialteile jeweils in Abhängigkeit der jeweils bestimmten zweiten Materialeigenschaft entweder einer dritten Fraktion oder einer vierten Fraktion zugeführt werden.

[0022] Von erfindungswesentlicher Bedeutung ist mithin nicht die Vorsortierung als solche, sondern die Kombination von Vorsortierung und Nachsortierung, wobei mit Beendigung der Vorsortierung wenigstens zwei Fraktionen von Materialteilen vorliegen und mindestens eine dieser beiden Fraktionen einer PGNA unterzogen wird.

[0023] Gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass in der ersten Stufe in einem ersten Schritt die jeweilige chemische Zusammensetzung der Materialteile bestimmt wird, indem je

Materialteil geprüft wird, ob eine vorgebbare chemische Komponente Bestandteil des Materialteils ist, und in einem zweiten Schritt der ersten Stufe die Materialteile jeweils abhängig von dem Vorhandensein der vorgebbaren chemischen Komponente als Bestandteil des Materialteils entweder einer ersten Fraktion oder einer zweiten Fraktion zugeführt werden.

[0024] Die Fraktionsbildung erfolgt bevorzugter Weise mithin in Abhängigkeit der chemischen Zusammensetzung der Materialteile. Zu diesem Zweck wird in einem ersten Schritt die jeweilige chemische Zusammensetzung der Materialteile bestimmt, indem je Materialteil geprüft wird, ob eine vorgebbare chemische Komponente Bestandteil des Materialteils ist. Bejahendenfalls wird dieses Materialteil der Gutfraktion zugeführt, andernfalls der Restfraktion. Sollte hinsichtlich eines Materialteils keine eindeutige Bestimmung möglich sein, wird es der Restfraktion zugeschlagen.

[0025] Als vorgebbare chemische Komponente können einzelne Elemente gewählt werden, wie zum Beispiel Zink, Kupfer, Eisen oder Mangan. Alternativ können auch Elementgruppen vorgegeben werden, beispielsweise bestimmte Aluminiumlegierungen, so zum Beispiel die Legierungen der 5000er Reihe oder der 6000er Reihe.

[0026] Es ist besonders bevorzugt, die vorbeschriebene Vorsortierung mittels LIBS durchzuführen. Es können aber auch andere Verfahren zum Einsatz kommen, denn es geht zunächst einmal nur darum, Materialteile nach ihrer chemischen Zusammensetzung zu analysieren und alsdann zwei Fraktionen zuzuordnen, und zwar in Abhängigkeit der bestimmten chemischen Zusammensetzung.

[0027] Eine Vorsortierung kann anstelle von LIBS auch mittels Röntgensortierung, beispielsweise mittels Röntgentransmission durchgeführt werden, insbesondere dann, wenn andere Materialeigenschaften der Materialteile als Sortierkriterium für die Vorsortierung herangezogen werden sollen. So ist beispielsweise auch eine zweistufige Röntgensortierung möglich, bei der in einer ersten Stufe eine Röntgensortierung zur Aluminiumanreicherung und in einer zweiten Stufe eine Röntgensortierung zur Aufteilung in Guss- und Knetlegierungen erfolgt.

[0028] Der Vorsortierung folgt erfindungsgemäß eine Nachsortierung nach. Es werden dabei die Materialteile zumindest einer Fraktion nachsortiert. Es können aber auch die Materialteile beider Fraktionen jeweils nachsortiert werden. Bevorzugter Weise findet insbesondere eine Nachsortierung der Restfraktion statt.

[0029] Die Nachsortierung erfolgt mittels PGNA, das heißt durch eine Prompte-Gamma-Neutronenaktivierungsanalyse. Diese ermöglicht eine Online-Qualitätskontrolle, wobei sämtliche zu einer Fraktion gehörenden Materialteile analysiert werden, das heißt im Unterschied zum Stand der Technik nicht nur einzelne Proben. Dies erbringt insbesondere den Vorteil einer äußerst zuverlässigen Messung, womit die nach dem Stand der Tech-

nik bestehenden Ungenauigkeiten bei einer erfindungsgemäß vorgesehenen Probenanalyse vermieden sind. Der bei einer Chargenoptimierung zur Beschickung eines Ofens zu berücksichtigende "Sicherheitspuffer" kann ob der mit der erfindungsgemäßen Verfahrensdurchführung erzielten analytischen Genauigkeit reduziert werden. Dies wiederum gestattet einen höheren Anteil an verwertbaren minderwertigen Schrotten und damit einhergehend geringere Kosten für den Einsatz von Primärmetallen und/oder -legierungen.

[0030] Von besonderem Vorteil der PGNA ist darüber hinaus, dass die Materialteile der analysierten Fraktion Unterfraktionen zugeführt werden können, und zwar in Abhängigkeit der durchschnittlichen chemischen Zusammensetzung, die in Echtzeit durch PGNA bestimmt wird.

[0031] Insbesondere die Restfraktion beinhaltet Materialteile, die in ihrer chemischen Zusammensetzung stark variieren. Dabei wird der betriebswirtschaftliche Wert der Verwertbarkeit der Restfraktion durch den Gehalt der darin enthaltenen Legierungselemente bestimmt, insbesondere durch Legierungselemente wie zum Beispiel Zink und Kupfer. Das erfindungsgemäße Verfahren gestattet es, die tatsächliche chemische Zusammensetzung der Materialteile online, das heißt in Echtzeit zu ermitteln, was dann im Weiteren ein Zuführen der Materialteile zu einzelnen Unterfraktionen gestattet. Es werden auf diese Weise voneinander getrennt Unterfraktionen erzeugt, die aufgrund der bekannten chemischen Zusammensetzung einen betriebswirtschaftlich höheren Wert haben als eine ungetrennte Mischung. Die erfindungsgemäße Verfahrensdurchführung kann mithin dazu beitragen, die wirtschaftliche Verwertbarkeit der in den Fraktionen enthaltenen Materialteile zu steigern, womit gleichzeitig unerwünschtes Downcycling reduziert wird. Darüber hinaus wird eine zusätzliche Qualitätssicherung geschaffen.

[0032] Die Prompte-Gamma-Neutronenaktivierungsanalyse ermöglicht eine Multielement-Messung der in einem Förderstrom fortbewegten Materialteile einer Fraktion. Erfindungsgemäß ist deshalb gemäß einem ersten Schritt der zweiten Stufe vorgesehen, dass die Materialteile einer der beiden Fraktionen in einen kontinuierlichen Förderstrom überführt werden. Als dann werden die Materialteile einer PGNA unterzogen. Der Vorteil von PGNA besteht dabei darin, dass kontinuierlich über den gesamten Förderstromquerschnitt gemessen und eine repräsentative Elementbestimmung durchgeführt wird. Elemente wie zum Beispiel Kupfer können mit einer Genauigkeit von bis zu 0,02% Kupfer gemessen werden, womit es gestattet ist, Unterfraktionen auszubilden, die definiert voneinander unterscheidbar sind.

[0033] In einem zweiten Schritt der zweiten Stufe wird der Förderstrom an Materialteilen einzelnen Unterfraktionen zugeleitet, was in Abhängigkeit der mittels PGNA erhaltenen Elementbestimmung erfolgt.

[0034] Im Ergebnis der erfindungsgemäßen Verfahrensdurchführung steht in vorteilhafter Weise, dass eine

Sortierung von Materialteilen in Abhängigkeit des betriebswirtschaftlichen Werts ausgewählter Legierungselemente wie zum Beispiel Kupfer, Zink, Eisen oder Mangan erfolgen kann. Dabei erfolgt keine Analyse nicht anhand von repräsentativen Proben, sondern vielmehr eine Komplettanalyse sämtlicher zu einer Fraktion gehörenden Materialteile, und dies in Echtzeit, was einen Onlinebetrieb gestattet. Dabei sind Analyseungenauigkeiten minimiert, was es gestattet, den für einen bestimmungsgemäßen Betrieb einer Gießerei vorzuhaltenden "Sicherheitspuffer" zu verkleinern, was wiederum einen verminderten Einsatz von Primärmetallen gestattet.

[0035] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass die beiden Stufen zeitlich unmittelbar aufeinander nachfolgend durchgeführt werden. Es findet mithin eine Vorsortierung, unmittelbar gefolgt von einer Nachsortierung statt. Die der Vorsortierung entstammenden Fraktionen werden mithin im Anschluss an die Vorsortierung weiterverarbeitet und der erfindungsgemäß vorgesehenen zweiten Sortierstufe unterzogen. Es ist so eine zeitlich und auch räumlich optimierte Verfahrensdurchführung gestattet.

[0036] Alternativ ist es aber natürlich auch möglich, die beiden erfindungsgemäßen Verfahrensstufen zeitlich voneinander zu entkoppeln. Insbesondere ist es gestattet, die aus einer Vorsortierung der bestimmungsgemäßen Art entstammenden Fraktionen zwischenzulagern und erst zu einem späteren Zeitpunkt einer Nachsortierung der erfindungsgemäßen Art zuzuführen. Eine solche zeitlich verzögerte zweistufige Sortierung kann sich insbesondere aus logistischen Gründen als vorteilhaft erweisen. So können insbesondere Fraktionen der Vorsortierung gesammelt und als alsdann gemeinschaftlich in vorbeschriebener Weise nachsortiert werden.

[0037] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, nicht nur die Materialteile einer Fraktion, sondern die Materialteile beider Fraktionen jeweils einer PGNA zu unterziehen. Dabei werden die Fraktionen getrennt voneinander verarbeitet, so dass eine unbeabsichtigte Durchmischung der zuvor in zwei Fraktionen unterteilten Materialteile sicher vermieden ist.

[0038] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Materialteile in der ersten Stufe mittels LIBS erfolgt. Da das LIBS-Verfahren sehr zuverlässig Gutfraktionen erzeugt, ist es bei einer Vorsortierung mittels LIBS insbesondere bevorzugt, die Restfraktion mittels PGNA weiterzuverarbeiten. Aber auch die nach dem LIBS-Verfahren erzeugte Gutfraktion kann natürlich einer Nachsortierung mittels PGNA unterzogen werden.

[0039] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass als vorgebbare chemische Komponente eine charakteristische Komponente einer bestimmten Aluminiumlegierung gewählt wird.

[0040] Für bestimmte Aluminiumlegierungen sind bestimmte einzelne chemische Elemente charakteristisch. Um Aluminiumlegierung voneinander unterscheiden zu

können, ist es deshalb nicht erforderlich, sämtliche Legierungsbestandteile eines zu sortierenden Materialteils zu analysieren. Die Bestimmung nur eines Legierungselements zur eindeutigen Unterscheidung zweier Aluminiumlegierungen kann deshalb ausreichen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn in der Legierungszusammensetzung erwartbare Komponenten enthalten sind. Liegen beispielsweise in einem zu sortieren Schrottgemisch insbesondere Materialteile nur zweier Aluminiumlegierungen vor, so sind auch nur diese beiden Aluminiumlegierungen erwartbar. Sofern sich diese beiden erwartbaren Aluminiumlegierungen durch ein charakteristisches Legierungselement unterscheiden, so ist es ausreichend, die chemische Zusammensetzung der Materialteile anhand dieses Legierungselements zu bestimmen.

[0041] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass in der zweiten Stufe bei der Elementbestimmung mittels PGNA insbesondere Legierungselemente aus der Gruppe Zink, Kupfer, Eisen und Mangan berücksichtigt werden. Diese Legierungselemente sind insbesondere aus betriebswirtschaftlicher Sicht bedeutsam, weshalb es von Vorteil ist, den Förderstrom an Materialteilen in diese Legierungselemente repräsentierende Unterfraktionen zu unterteilen.

[0042] Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient insbesondere einer Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die mit der Erfindung vorgeschlagene Vorrichtung verfügt zu diesem Zweck über eine erste Analyseeinrichtung und eine zweite Analyseeinrichtung. Dabei dienen die erste Analyseeinrichtung der Vorsortierung gemäß der ersten Verfahrensstufe und die zweite Analyseeinrichtung der Nachsortierung gemäß der zweiten Verfahrensstufe. Die beiden Analyseeinrichtungen können fördertechnisch miteinander gekoppelt sein, was es ermöglicht, die beiden Verfahrensstufen zeitlich unmittelbar aufeinander nachfolgend durchzuführen.

[0043] Die erste Analyseeinrichtung ist dazu eingerichtet, eine vorgebbare Materialeigenschaft der Materialteile zu bestimmen und die Materialteile mittels einer Sortiereinrichtung zu fraktionieren. Eine vorgebbare Materialeigenschaft im erfindungsgemäßen Sinn können insbesondere Dichte, Absorptionsfähigkeit und chemische Zusammensetzung sein. Die erste Analyseeinrichtung ist dementsprechend auszubilden, sodass die Materialteile in Entsprechung der gewünschten Materialeigenschaft sortiert werden können.

[0044] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die erste Analyseeinrichtung insbesondere dazu eingerichtet, die chemische Zusammensetzung der Materialteile zu bestimmen, indem je Materialteil geprüft wird, ob eine vorgebbare chemische Komponente Bestandteil des Materialteils ist. Diese Prüfung kann in schon vorbeschriebener Weise vorzugsweise mittels LIBS durchgeführt werden.

[0045] Die erste Analyseeinrichtung verfügt über eine Sortiereinrichtung, mittels welcher die Materialteile einer von zwei Fraktionen zugeführt werden. Dabei bilden sich

vorzugsweise eine Gutfraktion einerseits und eine Restfraktion andererseits aus, und zwar in Abhängigkeit der zuvor durchgeführten Materialanalyse, beispielsweise anhand der chemischen Zusammensetzung der Materialteile.

[0046] Die zweite Analyseeinrichtung ist dazu eingerichtet, die Materialteile einer der beiden Fraktionen einer PGNAA zu unterziehen und alsdann die Materialteile abhängig von einer Elementbestimmung durch die PGNAA einzelnen Unterfraktionen zuzuführen. Dabei erfolgt die Analyse der Materialteile in Echtzeit, was eine sofortige Zusortierung der im Förderstrom fortbewegten Materialteile zu einzelnen Unterfraktionen gestattet.

[0047] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass die erste Analyseeinrichtung eine Analyse mittels LIBS ermöglicht, zu welchem Zweck die erste Analyseeinrichtung umfasst:

- eine Sortiereinheit, die dazu eingerichtet ist, ein Materialteil einer von zwei Fraktionen zuzuführen,
- eine Lasereinrichtung, die dazu eingerichtet ist, mit einem sich entlang einer Strahlachse ausbreitenden Laserstrahl auf einer Oberfläche des Materialteils ein Plasma zu erzeugen, ein Spektrometersystem, das dazu eingerichtet ist, eine Spektralanalyse eines von dem laserinduzierten Plasma emittierten Plasmalichts durchzuführen und in Entsprechung eines Ergebnisses der durchgeführten Spektralanalyse ein Ausgangssignal zu erzeugen, und
- eine Steuervorrichtung, die dazu eingerichtet ist, das Ausgangssignal zu empfangen und die Sortiereinheit basierend auf dem Ausgangssignal und einem Sortierkriterium zu betreiben.

[0048] Das Spektrometersystem verfügt seinerseits über ein Spektrometer und eine mit dem Spektrometer optische verbundene Detektionseinheit. Dabei weist die Detektionseinheit ein Objektiv auf, dem ein Detektionskegel zugeordnet ist, der in einem Überlappungsbereich mit dem Laserstrahl einen Plasmadetektionsbereich ausgebildet.

[0049] Mittels einer derart ausgerüsteten Analyseeinrichtung kann in an sich bekannter Weise die chemische Zusammensetzung eines Materialteils mittels LIBS durchgeführt werden, wobei eine Einstellung der Einrichtung auf ein bestimmtes vorgebbares Element oder eine bestimmte vorgebbare Legierung, beispielsweise eine Aluminiumlegierung erfolgen kann.

[0050] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass die zweite Analyseeinrichtung eine Transporteinrichtung mit Transportbändern zum Transport der Materialteile in einem kontinuierlichen Förderstrom aufweist. Die Transportbänder dienen dazu, die Materialteile in einen Förderstrom zu überführen, und zwar einen Förderstrom vorgebar Breite und Höhe. Dabei erfolgt die geometrische Ausgestaltung des För-

derstroms insbesondere in Abhängigkeit der zur PGNAA einzusetzenden Detektionseinheit.

[0051] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass die zweite Analyseeinrichtung eine Detektionseinheit aufweist, die über eine unterhalb eines Transportbandes angeordnete Neutronenquelle und einen oberhalb des Transportbandes angeordneten und der Neutronenquelle gegenüberliegenden Detektor verfügt. Es ist so ein flächenhaftes Abtasten des Förderstroms ermöglicht, so dass im Weiteren bei bekannter Fördergeschwindigkeit berechnet werden kann, welche Transportbandlänge mit Materialteilen einer bestimmten durchschnittlichen chemischen Zusammensetzung belegt ist. Es können so zeitlich gesteuert Zuordnungen des Förderstroms zu einzelnen Unterfraktionen vorgenommen werden, was in einfacher Weise, gleichwohl aber effektiv eine Zuführung des Förderstroms zu voneinander separierten unterschiedlichen Unterfraktionen gestattet. Auch eine umgekehrte Anordnung von Neutronenquelle und Detektor ist natürlich möglich.

[0052] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass der Detektionseinheit in Transportrichtung des Transportbandes voneinander getrennte Kompartments nachgeschaltet sind, wobei die Kompartments jeweils der Aufnahme von Materialteilen einer Unterfraktion dienen.

[0053] Zur Aufteilung des Förderstroms in unterschiedliche Unterfraktionen sind Kompartments vorgesehen. Diese Kompartments stellen voneinander räumlich getrennte Sammelstellen für die Materialteile dar, wobei je Unterfraktion eine Sammelstelle vorgesehen ist. Eine solche Sammelstelle kann beispielsweise durch eine Box, einen Behälter und/oder dergleichen gebildet sein. Von Bedeutung ist allein, dass diese Kompartments der Detektionseinheit in Transportrichtung der Materialteile nachgeschaltet sind, so dass nach erfolgter PGNAA eine bestimmungsgemäße Zuteilung des Förderstroms auf die einzelnen Kompartments vorgenommen werden kann.

[0054] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass jedem Kompartiment ein umlaufendes Transportband zugeordnet ist, das in Höhenrichtung oberhalb des Kompartments angeordnet ist.

[0055] Die einzelnen Kompartments sind in Transportrichtung des Materialteilstroms hintereinander angeordnet. Oberhalb der Kompartments sind jeweils einzelne Transportbänder vorgesehen, die in Transportrichtung ebenfalls hintereinandergeschaltet sind, so dass der Förderstrom an Materialteilen von Transportband zu Transportband übergeben werden kann. Dabei ist jedem Kompartiment ein Transportband zugeordnet, womit der Förderstrom von Kompartiment zu Kompartiment mittels des jeweils zugehörigen Transportbandes weitergegeben werden kann. Die erfindungsgemäße Ausgestaltung ermöglicht es mithin, je nach zum Einsatz kommenden Transportbändern den diesen aufgegebenen Materialstrom gezielt einzelnen Kompartments zuführen zu können.

[0056] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass die Transportbänder jeweils zur Horizontalen geneigt ausgebildet sind. Sie verfügen mithin über einen ersten Endabschnitt und über einen zweiten Endabschnitt, wobei die beiden Endabschnitte in Höhenrichtung auf einem unterschiedlichen Höhenniveau liegen. Dabei überragt ein in Förderrichtung hinterer Endabschnitt eines Transportbandes einen in Transportrichtung vorderen Endabschnitt eines dem ersten Transportband nachgeschalteten Transportbandes.

[0057] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist die Laufrichtung der Transportbänder umkehrbar. In Kombination mit der Schrägstellung der Transportbänder zur Horizontalen kann so in einfacher und zugleich effektiver Weise eine gezielte Zuordnung des geförderten Materialstroms zu den einzelnen Kompartments sichergestellt werden. Denn die in Transportrichtung laufenden Transportbänder transportieren den Materialstrom von Transportband zu Transportband, und dies bis zu demjenigen Transportband, das in umgekehrter Richtung umläuft. Dieses in umgekehrter Richtung umlaufende Transportband fördert das auf ihn aufgegebenes Material in das ihm zugehörige Kompartiment. Soll ein anderes Kompartiment bedient werden, so wird die Laufrichtung dieses Transportbandes wieder umgekehrt. In technisch einfacher, gleichwohl aber wirkungsvoller Weise ist so eine gezielte Verteilung des Förderstroms an Materialteilen auf einzelne Kompartments gestattet.

[0058] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung anhand der Figuren. Dabei zeigen

Fig. 1 in schematischer Darstellung eine erste Analyseeinrichtung der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2 in schematischer Darstellung eine zweite Analyseeinrichtung der erfindungsgemäßen Vorrichtung und

Fig. 3 in schematischer Darstellung eine erfindungsgemäße Vorrichtung sowie deren Funktionsweise.

[0059] Fig. 3 lässt in schematischer Darstellung eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 zum Analysieren und Sortieren von Materialteilen 4 erkennen. Dabei verfügt die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 über eine erste Analyseeinrichtung 2 und eine zweite Analyseeinrichtung 3. Diese sind in den Figuren 1 und 2 näher dargestellt, wie sich dies aus den weiteren Ausführungen ergibt.

[0060] Fig. 1 lässt in schematischer Darstellung die erste Analyseeinrichtung 2 erkennen. Diese dient dazu, Materialteile 4 auf der Basis einer laserinduzierten Plasmaspektroskopie, kurz auch als LIBS bezeichnet, zu sortieren und zwei Fraktionen F1 und F2 zuzuordnen.

[0061] Die in Fig. 1 gezeigte erste Analyseeinrichtung

2 ist dazu eingerichtet, ein Materialteil 4 einer laserinduzierten Plasmaspektroskopie zu unterziehen und in Abhängigkeit des Ergebnisses der Spektralanalyse zu sortieren, wobei im gezeigten Ausführungsbeispiel zwei Fraktionen F1 und F2 vorgesehen sind, denen das Materialteil 4 zugeordnet werden kann. Zur Aufnahme der jeweiligen Fraktion F1 und F2 dienen Sammelstellen 5, beispielsweise in Form von Behältern.

[0062] Wie die schematische Darstellung nach Fig. 1 erkennen lässt, verfügt die Analyseeinrichtung 2 über ein Zuführmittel 6 gefolgt von einer Rutsche 9. Im bestimmungsgemäßen Verwendungsfall wird ein Materialteil 4 dem Zuführmittel 6 aufgegeben. Das Zuführmittel 6 dient dem Transport des Materialteils 4 entlang einer vom Zuführmittel 6 bereitgestellten Zuführfläche 7, und zwar bis zu einem oberen Abschnitt 8 der Rutsche 9. Hier wird das Materialteil 4 vom Zuführmittel 6 auf die Rutsche 9 übergeben.

[0063] Das Zuführmittel 6 dient insbesondere dazu, eine Mehrzahl von auf das Zuführmittel 6 aufgegebenen Materialteilen 4 zu vereinzeln, so dass diese im Weiteren voneinander beabstandet der Rutsche 9 zugeführt werden können.

[0064] Ein auf die Rutsche 9 übergebenes Materialteil 4 rutsche der Schwerkraft folgend die Rutsche 9 hinunter, bis zur unteren Randkante 10 der Rutsche 9, die dem oberen Abschnitt 8 der Rutsche 9 gegenüberliegend ausgebildet ist. Es ist insbesondere die Aufgabe der Rutsche 9, das Materialteil 4 auszurichten und in einen definierten Fallkorridor zu überführen. Mit Verlassen der Rutsche 9 bewegt sich das Materialteil 4 nach wie vor unter Schwerkrafteinwirkung im freien Fall durch die Umgebungsatmosphäre. Dabei passiert es ein Spektrometersystem 11. Dieses sorgt für eine Analyse des Materialteils 4. In Entsprechung eines Ergebnisses einer durchgeführten Spektralanalyse erzeugt das Spektrometersystem 11 ein Ausgangssignal. Dieses wird einer Steuereinrichtung 12 zugeführt, die in Abhängigkeit dieses Ausgangssignals einerseits und einem hinterlegten Sortierkriterium andererseits eine Sortiereinheit 13 betreibt, d. h. ansteuert. Mittels dieser Sortiereinheit 13 wird das Materialteil 4 in seinem freien Fall entweder abgelenkt oder es findet keine Ablenkung statt. Für den Fall, dass keine Ablenkung stattfindet, gelangt das Materialteil 4 zur Sammelstelle 5 der Fraktion F2. Andernfalls, wenn also eine Aussortierung mittels der Sortiereinheit 13 stattfindet, gelangt das Materialteil 4 zur Sammelstelle 5 für die Fraktion F1.

[0065] Zur Analyse der Zusammensetzung des Materialteils 4 dient das Spektrometersystem 11, das Teil eines LIBS-Moduls 14 ist. Dabei gehören zum LIBS-Modul 14 ferner eine Lasereinrichtung 15 sowie die Steuereinrichtung 12. Bevorzugter Weise sind die Lasereinrichtung 15, das Spektrometersystem 11 und die Steuereinrichtung 12 in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht, was in Fig. 1 nicht im Einzelnen dargestellt ist.

[0066] Die Lasereinrichtung 15 verfügt ihrerseits über weitere Einzelkomponenten, beispielsweise über eine Laserstrahlquelle, eine Lichtleitfaser und eine Fokussie-

roptik.

[0067] Das Spektrometersystem 11 verfügt ferner über eine Detektionseinheit, die ihrerseits mehrere Objektive bereitstellt. Jedem dieser Objektive ist ein Detektionskegel 16 zugeordnet, die in einem Überlappungsbereich mit einem von der Lasereinrichtung 15 abgegebenen Laserstrahl 17 jeweils einen Plasmadetektionsbereich 18 ausbilden. Diese Plasmadetektionsbereiche 18 sind entlang der Strahlachse des Laserstrahls 17 versetzt zueinander angeordnet und bilden zusammen einen Sichtbereich der Detektionseinheit aus. Der Sichtbereich setzt sich mithin aus den einzelnen Plasmadetektionsbereichen zusammen, wodurch der von der Detektionseinheit insgesamt abgedeckte Detektionsbereich definiert ist.

[0068] Sobald ein Materialteil 4 den Detektionsbereich passiert, erfolgt ein Laserstrahlbeschuss mit der Folge, dass an der Oberfläche des Materialteils 4 laserinduziertes Plasma entsteht. Dieses wird in schon vorbeschriebener Weise mittels des Spektrometersystems 11 analysiert und in Abhängigkeit des Analyseergebnisses erfolgt ein Ablenken des Materialteils 4 mittels der Sortiereinheit 13. Dabei kann die Sortiereinheit 13 insbesondere eine Luftdüse umfassen, die im Falle einer Druckbeaufschlagung eine Aussortierung des Materialteils 4 ermöglicht.

[0069] Fig. 2 zeigt in schematischer Darstellung die zweite Analyseeinrichtung 3 der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1.

[0070] Im gezeigten Ausführungsbeispiel dient die zweite Analyseeinrichtung 3 dazu, die in einem Bunker 20 bevorrateten Materialteile 4 der ersten Fraktion F1 nachzusortieren. Eine solche Nachsortierung kann auch für die Materialteile 4 der zweiten Fraktion F2 erfolgen.

[0071] Mittels der zweiten Analyseeinrichtung 3 werden die Materialteile 4 in Unterfraktionen überführt, wobei je Unterfraktion ein separates Kompartiment 29 beispielsweise in der Ausgestaltung als Behälter vorgesehen ist. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind insgesamt acht Unterfraktionen vorgesehen, und zwar die Unterfraktionen A1, A2, B1, B2, B3, B4, C1 und C2. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Unterfraktionen A1 und A2 ein erstes Legierungselement gemein haben, sich dann aber hinsichtlich eines zweiten Legierungselements unterscheiden. Selbiges gilt für die weiteren Unterfraktionen, wobei die Unterfraktionen der Gruppe B sich hinsichtlich vier möglicher weiterer Legierungselemente unterscheiden.

[0072] Für einen Transport der Materialteile 4 vom Bunker 20 zu den einzelnen Kompartments 29 dient eine Transporteinrichtung 23, die über eine Mehrzahl von Transportbändern 21, 24, 25 und 30 verfügt. Dabei sind die Transportbänder 21, 24, 25 und 30 in Transportrichtung vom Bunker 20 zu den Kompartments 29 hintereinander angeordnet.

[0073] Mittels der Transporteinrichtung 23 werden die dem Bunker 20 entstammenden Materialteile 4 in einen kontinuierlichen Förderstrom überführt, der dann einer PGNAA unterzogen wird. Im Weiteren wird dann der För-

derstrom in Abhängigkeit von einer durch die PGNAA erhaltenen Elementbestimmung den einzelnen Unterfraktionen A1 bis C2 zugeleitet.

[0074] Das in Transportrichtung erste Förderband 21 ist mit einer Bandwaage 22 ausgestattet. Mittels der Bandwaage 22 wird das Gewicht der insgesamt auf das erste Förderband 21 ausgegebenen Materialteile 4 bestimmt, so dass hierauf basierend zwecks Vergleichmäßigung des Förderstroms die Geschwindigkeit des Förderbandes 21 angepasst werden kann.

[0075] Der Förderstrom wird vom ersten Förderband 21 auf ein zweites Förderband 24 übergeben. Hier befindet sich eine Detektionseinheit 26 zur Durchführung einer PGNAA. Die Detektionseinheit 26 verfügt zu diesem Zweck über eine Neutronenquelle 27 sowie über einen der Neutronenquelle 27 gegenüberliegend angeordneten Detektor 28. In an sich bekannter Weise ergibt sich im Ergebnis der PGNAA eine Elementbestimmung in Entsprechung der chemischen Zusammensetzung der Materialteile 4.

[0076] Die analysierten Materialteile 4 werden alsdann auf ein weiteres Transportband 25 übergeben, an das sich in Transportrichtung weitere Transportbänder 30 anschließen. Dabei ist einem jeden Kompartiment 29 ein Transportband 30 zugeordnet. So ist das in Transportrichtung erste Transportband 30 beispielsweise der Unterfraktion A1 und das in Transportrichtung nachfolgende zweite Transportband 30 der Unterfraktion A2 zugeordnet usw.

[0077] Die Transportbänder 30 sind in ihrer Laufrichtung umkehrbar ausgestaltet, das heißt sie können im Uhrzeigersinn umlaufen, als auch in entgegengesetzter Richtung.

[0078] Durch die Umkehrung der Laufrichtung einzelner Transportbänder 30 kann eine gezielte Zuführung des Förderstroms zu einzelnen Kompartments 29 und damit zu einzelnen Unterfraktionen vorgenommen werden.

[0079] Sofern sämtliche Transportbänder 30 allesamt im Uhrzeigersinn umlaufen, wird der Förderstrom von Transportband 30 zu Transportband 30 übergeben, bis das in Transportrichtung letzte Transportband 30 erreicht ist, von wo aus dann der Förderstrom in das Kompartiment 29 der Unterfraktion C2 fällt.

[0080] Sobald die Umlaufrichtung eines der Transportbänder 30 umgekehrt wird, wird der diesem Transportband 30 aufzugebene Förderstrom nicht weiter in Transportrichtung gefördert, sondern entgegengesetzt hierzu mit der Folge, dass er in das diesem Transportband 30 zugeordnete Kompartiment 29 überführt wird. Durch den Wechsel der Laufrichtung der Transportbänder 30 kann mithin eine gezielte Zuordnung des Volumenstroms zu den einzelnen Kompartments 29 vorgenommen werden.

[0081] Die Umschaltung der Laufrichtung der Transportbänder 30 erfolgt in zeitlicher Abhängigkeit und der Transportgeschwindigkeit. Wird beispielsweise mittels der Detektionseinheit 26 für eine Laufzeit von zum Beispiel 10 sec eine bestimmte durchschnittliche chemische

Zusammensetzung des Förderstroms detektiert, so kann die für diese chemische Durchschnittszusammensetzung zugehörige Unterfraktion bestimmt und alsdann berechnet werden, wie lange es noch dauert, bis der detektierte Abschnitt des Förderstroms das zugehörige Transportband 30 erreicht. Ferner kann berechnet werden, wie lange mit Erreichen dieses Transportbandes 30 das Transportband 30 in umgekehrter Richtung zu betreiben ist, damit der zuvor detektierte Förderstromabschnitt dem entsprechenden Kompartiment 29 zugeführt werden kann.

[0082] Fig. 3 lässt schließlich in einer Zusammenstellung die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 erkennen. Wie sich aus dieser Darstellung beispielhaft ergibt, werden die Materialteile beider Fraktionen F1 und F2, die der ersten Analyseeinrichtung 2 entstammen, jeweils mittels einer zweiten Analyseeinrichtung 3 nachsortiert. Zu diesem Zweck sind Förderbänder 19 vorgesehen, die die Fraktionen F1 und F2 jeweiligen Bunkern 20 zuführen. Von dort aus findet dann eine Nachsortierung in Entsprechung der Ausführungen anhand von Fig. 2 statt. Dabei zeigt Fig. 2 die zweite Analyseeinrichtung 3 in schematischer Darstellung von der Seite, wohingegen mit Fig. 3 eine schematische Ansicht von oben wiedergegeben ist.

Bezugszeichen

[0083]

- 1 Vorrichtung
- 2 erste Analyseeinrichtung
- 3 zweite Analyseeinrichtung
- 4 Materialteil
- 5 Sammelstelle
- 6 Zufuhrmittel
- 7 Zuführfläche
- 8 oberer Abschnitt
- 9 Rutsche
- 10 untere Randkante
- 11 Spektrometersystem
- 12 Steuereinrichtung
- 13 Sortiereinheit
- 14 LIBS-Modul
- 15 Lasereinrichtung
- 16 Detektionskegel
- 17 Laserstrahl
- 18 Plasmadetektionsbereich
- 19 Förderband
- 20 Bunker
- 21 Förderband
- 22 Bandwaage
- 23 Transporteinrichtung
- 24 Transportband
- 25 Transportband
- 26 Detektionseinheit
- 27 Quelle
- 28 Detektor
- 29 Kompartiment

30 Transportband

F1/F1 Fraktion
A1-C2 Unterfraktion

Patentansprüche

1. Verfahren zum Analysieren und Sortieren von Materialteilen, insbesondere Schrottteilen aus Aluminium, das zweistufig durchgeführt wird, wobei in einer ersten Stufe eine Vorsortierung und in einer zweiten Stufe eine Nachsortierung erfolgen, wobei in der ersten Stufe in einem ersten Schritt eine vorgebbare Materialeigenschaft der Materialteile (4) bestimmt wird und in einem zweiten Schritt der ersten Stufe die Materialteile (4) jeweils in Abhängigkeit der jeweils bestimmten Materialeigenschaft entweder einer ersten Fraktion (F1) oder einer zweiten Fraktion (F2) zugeführt werden, und wobei in der zweiten Stufe in einem ersten Schritt die Materialteile (4) einer der beiden Fraktionen (F1), (F2) in einen kontinuierlichen Förderstrom überführt und einer Prompte-Gamma-Neutronenaktivierungsanalyse (PGNAA) unterzogen werden und in einem zweiten Schritt der zweiten Stufe der Förderstrom abhängig von einer durch die PGNAA erhaltenen Elementbestimmung einzelnen Unterfraktionen (A1 bis C2) zugeleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Stufen zeitlich unmittelbar aufeinander nachfolgend durchgeführt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Materialteile (4) beider Fraktionen (F1, F2) jeweils einer PGNAA unterzogen werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als vorgebbare Materialeigenschaft der Materialteile (4) die jeweilige Dichte, die Absorptionsfähigkeit, die chemische Zusammensetzung und/oder dergleichen der Materialteile (4) gewählt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** im ersten Schritt der ersten Stufe die jeweilige chemische Zusammensetzung der Materialteile (4) bestimmt wird, indem je Materialteil (4) geprüft wird, ob eine vorgebbare chemische Komponente Bestandteil des Materialteils (4) ist, und in einem zweiten Schritt der ersten Stufe die Materialteile (4) jeweils abhängig von dem Vorhandensein der vorgebbaren chemischen Komponente als Bestandteil des Materialteils (4) entweder der ersten Fraktion (F1) oder der zweiten Fraktion (F2) zugeführt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Materialteile (4) in der ersten Stufe mittels LIBS erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** als vorgebbare chemische Komponente eine charakteristische Komponente einer bestimmten Aluminiumlegierung gewählt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der zweiten Stufe bei der Elementbestimmung mittels PGNAA insbesondere Legierungselemente aus der Gruppe Zn, Cu, Fe und Mn berücksichtigt werden.
9. Vorrichtung zum Analysieren und Sortieren von Materialteilen, insbesondere Schrottteilen aus Aluminium, mit einer ersten Analyseeinrichtung (2) und einer zweiten Analyseeinrichtung (3), wobei die erste Analyseeinrichtung (2) dazu eingerichtet ist, eine vorgebbare Materialeigenschaft der Materialteile (4) zu bestimmen und die Materialteile (4) mittels einer Sortiereinrichtung (12) einer von zwei Fraktionen (F1, F2) zuzuführen, wobei die zweite Analyseeinrichtung (3) dazu eingerichtet ist, die Materialteile (4) einer der beiden Fraktionen (F1, F2) einer PGNAA zu unterziehen und die Materialteile (4) abhängig von einer Elementbestimmung durch die PGNAA einzelnen Unterfraktionen (A1 bis C2) zuzuführen.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Analyseeinrichtung (2) dazu eingerichtet ist, die chemische Zusammensetzung der Materialteile (4) zu bestimmen, indem je Materialteil (4) geprüft wird, ob eine vorgebbare chemische Komponente Bestandteil des Materialteils (4) ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Analyseeinrichtung (2) umfasst:
- eine Sortiereinheit (13), die dazu eingerichtet ist, das Materialteil (4) einer von zwei Fraktionen (F1, F2) zuzuführen,
 - eine Lasereinrichtung (15), die dazu eingerichtet ist, mit einem sich entlang einer Strahlachse ausbreitenden Laserstrahl (17) auf einer Oberfläche des Materialteils (4) ein Plasma zu erzeugen,
 - ein Spektrometersystem (11), das dazu eingerichtet ist, eine Spektralanalyse eines von dem Laser induzierten Plasma emittierten Plasmalichts durchzuführen und in Entsprechung eines Ergebnisses der durchgeführten Spektralanalyse ein Ausgangssignal zu erzeugen, und
 - eine Steuervorrichtung (12), die dazu einge-

richtet ist, das Ausgangssignal zu empfangen und die Sortiereinheit (13) basierend auf dem Ausgangssignal und einem Sortierkriterium zu betreiben.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Analyseeinrichtung (3) eine Detektionseinheit (26) aufweist, die über eine Neutronenquelle (27) und einen der Neutronenquelle (27) gegenüberliegenden Detektor (28) oder nur einen Detektor (28) verfügt, wobei der Detektor (28) oberhalb, unterhalb oder seitlich des Transportbandes (24) angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Detektionseinheit (26) in Transportrichtung der Transporteinrichtung (23) voneinander getrennte Kompartments (29) nachgeordnet sind, wobei die Kompartments (29) jeweils der Aufnahme von Materialteilen (4) einer Unterfraktion (A1 bis C2) dienen.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedem Kompartiment (29) ein umlaufendes Transportband (30) zugeordnet ist, das in Höhenrichtung oberhalb des Kompartments (29) angeordnet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laufrichtung der Transportbänder (30) umkehrbar ist.

Geänderte Patentansprüche gemäß Regel 137(2) EPÜ.

1. Verfahren zum Analysieren und Sortieren von Materialteilen, insbesondere Schrottteilen aus Aluminium, das zweistufig durchgeführt wird, wobei in einer ersten Stufe eine Vorsortierung und in einer zweiten Stufe eine Nachsortierung erfolgen, wobei in der ersten Stufe in einem ersten Schritt eine vorgebbare Materialeigenschaft der Materialteile (4) mittels einer Analyseeinrichtung (2) bestimmt wird und in einem zweiten Schritt der ersten Stufe die Materialteile (4) jeweils in Abhängigkeit der jeweils bestimmten Materialeigenschaft entweder einer ersten Fraktion (F1) oder einer zweiten Fraktion (F2) zugeführt werden, und wobei in der zweiten Stufe in einem ersten Schritt die Materialteile (4) einer der beiden Fraktionen (F1), (F2) in einen kontinuierlichen Förderstrom überführt und einer Prompte-Gamma-Neutronenaktivierungsanalyse (PGNAA) unterzogen werden und in einem zweiten Schritt der zweiten Stufe der Förderstrom abhängig von einer durch die PGNAA erhaltenen Elementbestimmung einzelnen Unterfraktionen (A1 bis C2) zugeleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Stufen zeitlich unmittelbar aufeinander nachfolgend durchgeführt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Materialteile (4) beider Fraktionen (F1, F2) jeweils einer PGNAA unterzogen werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als vorgebbare Materialeigenschaft der Materialteile (4) die jeweilige Dichte, die Absorptionsfähigkeit, die chemische Zusammensetzung und/oder dergleichen der Materialteile (4) gewählt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** im ersten Schritt der ersten Stufe die jeweilige chemische Zusammensetzung der Materialteile (4) bestimmt wird, indem je Materialteil (4) geprüft wird, ob eine vorgebbare chemische Komponente Bestandteil des Materialteils (4) ist, und in einem zweiten Schritt der ersten Stufe die Materialteile (4) jeweils abhängig von dem Vorhandensein der vorgebbaren chemischen Komponente als Bestandteil des Materialteils (4) entweder der ersten Fraktion (F1) oder der zweiten Fraktion (F2) zugeführt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Materialteile (4) in der ersten Stufe mittels LIBS erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** als vorgebbare chemische Komponente eine charakteristische Komponente einer bestimmten Aluminiumlegierung gewählt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der zweiten Stufe bei der Elementbestimmung mittels PGNAA insbesondere Legierungselemente aus der Gruppe Zn, Cu, Fe und Mn berücksichtigt werden.
9. Vorrichtung zum Analysieren und Sortieren von Materialteilen, insbesondere Schrottteilen aus Aluminium, mit einer ersten Analyseeinrichtung (2) und einer zweiten Analyseeinrichtung (3), wobei die erste Analyseeinrichtung (2) dazu eingerichtet ist, eine vorgebbare Materialeigenschaft der Materialteile (4) zu bestimmen und die Materialteile (4) mittels einer Sortiereinrichtung (12) einer von zwei Fraktionen (F1, F2) zuzuführen, wobei die zweite Analyseeinrichtung (3) dazu eingerichtet ist, die Materialteile (4) einer der beiden Fraktionen (F1, F2) einer PGNAA zu unterziehen und die Materialteile (4) abhängig von einer Elementbestimmung durch die PGNAA einzelnen Unterfraktionen (A1 bis C2) zuzuführen.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Analyseeinrichtung (2) dazu eingerichtet ist, die chemische Zusammensetzung der Materialteile (4) zu bestimmen, indem je Materialteil (4) geprüft wird, ob eine vorgebbare chemische Komponente Bestandteil des Materialteils (4) ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Analyseeinrichtung (2) umfasst:
 - eine Sortiereinheit (13), die dazu eingerichtet ist, das Materialteil (4) einer von zwei Fraktionen (F1, F2) zuzuführen,
 - eine Lasereinrichtung (15), die dazu eingerichtet ist, mit einem sich entlang einer Strahlachse ausbreitenden Laserstrahl (17) auf einer Oberfläche des Materialteils (4) ein Plasma zu erzeugen,
 - ein Spektrometersystem (11), das dazu eingerichtet ist, eine Spektralanalyse eines von dem Laser induzierten Plasma emittierten Plasmalichts durchzuführen und in Entsprechung eines Ergebnisses der durchgeführten Spektralanalyse ein Ausgangssignal zu erzeugen, und
 - eine Steuervorrichtung (12), die dazu eingerichtet ist, das Ausgangssignal zu empfangen und die Sortiereinheit (13) basierend auf dem Ausgangssignal und einem Sortierkriterium zu betreiben.
12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Analyseeinrichtung (3) eine Detektionseinheit (26) aufweist, die über eine Neutronenquelle (27) und einen der Neutronenquelle (27) gegenüberliegenden Detektor (28) oder nur einen Detektor (28) verfügt, wobei der Detektor (28) oberhalb, unterhalb oder seitlich des Transportbandes (24) angeordnet ist.
13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Detektionseinheit (26) in Transportrichtung der Transporteinrichtung (23) voneinander getrennte Kompartments (29) nachgeordnet sind, wobei die Kompartments (29) jeweils der Aufnahme von Materialteilen (4) einer Unterfraktion (A1 bis C2) dienen.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedem Kompartiment (29) ein umlaufendes Transportband (30) zugeordnet ist, das in Höhenrichtung oberhalb des Kompartments (29) angeordnet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laufrichtung der Transportbänder (30) umkehrbar ist.

5

10

15

20

25

30

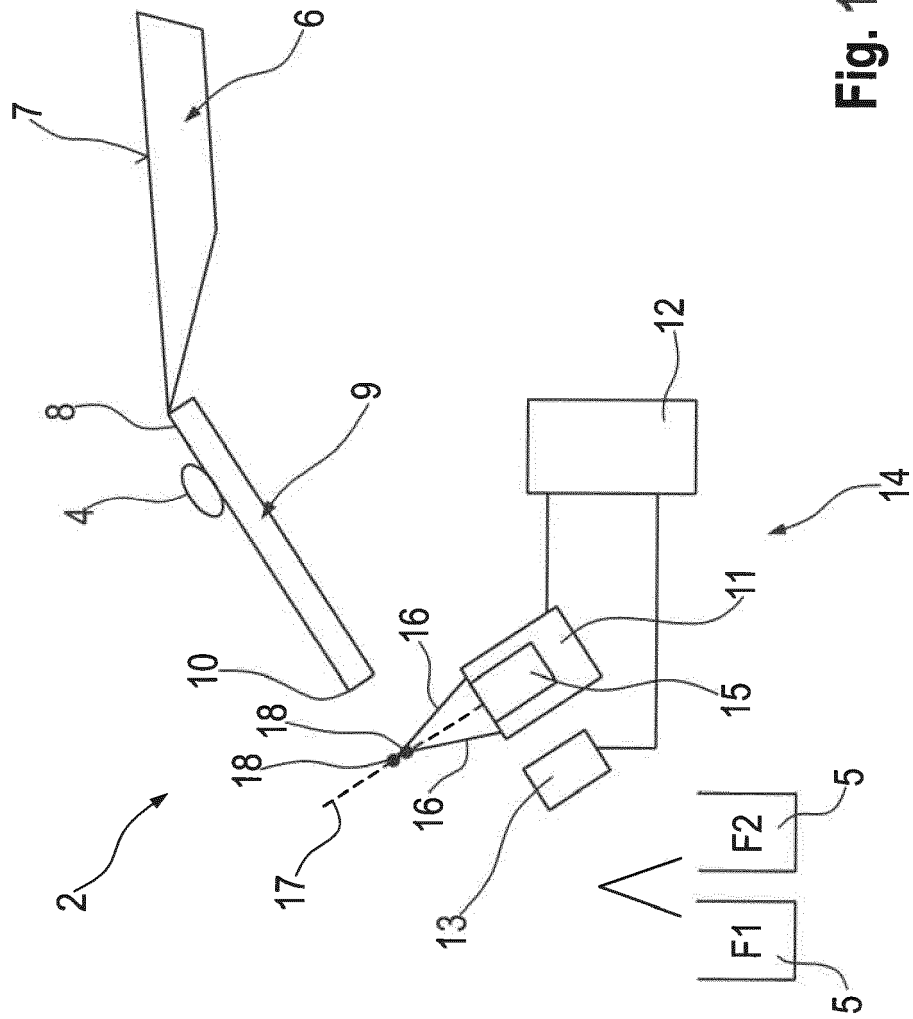
35

40

45

50

55



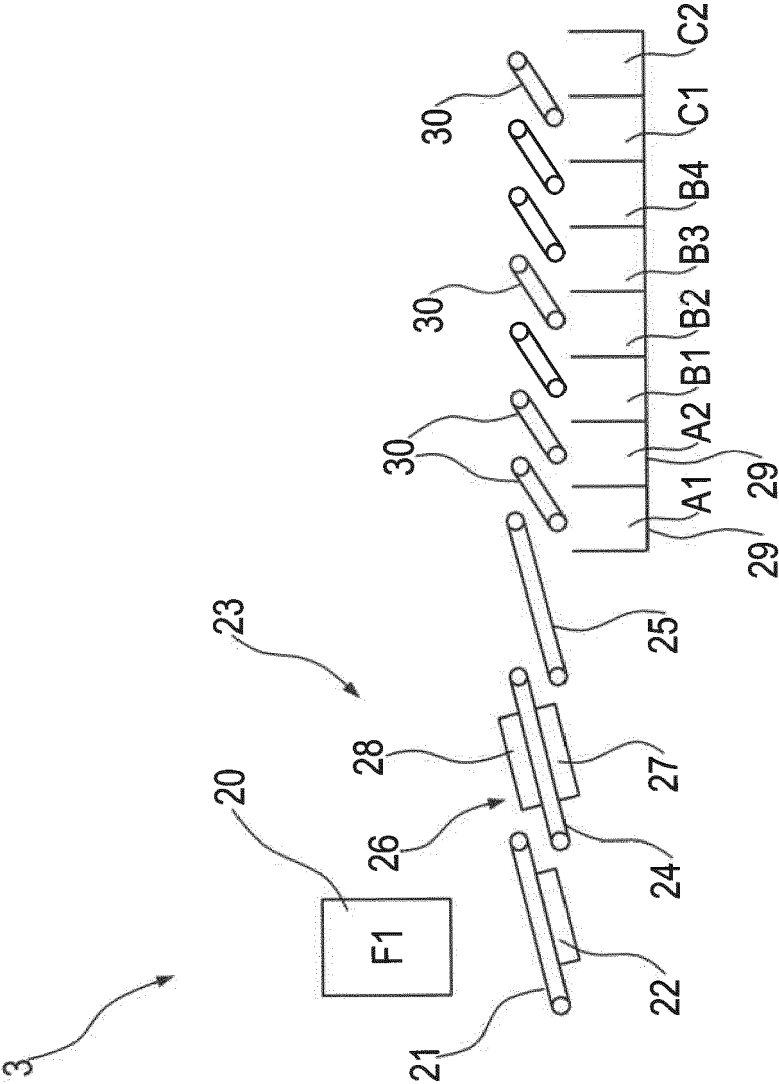
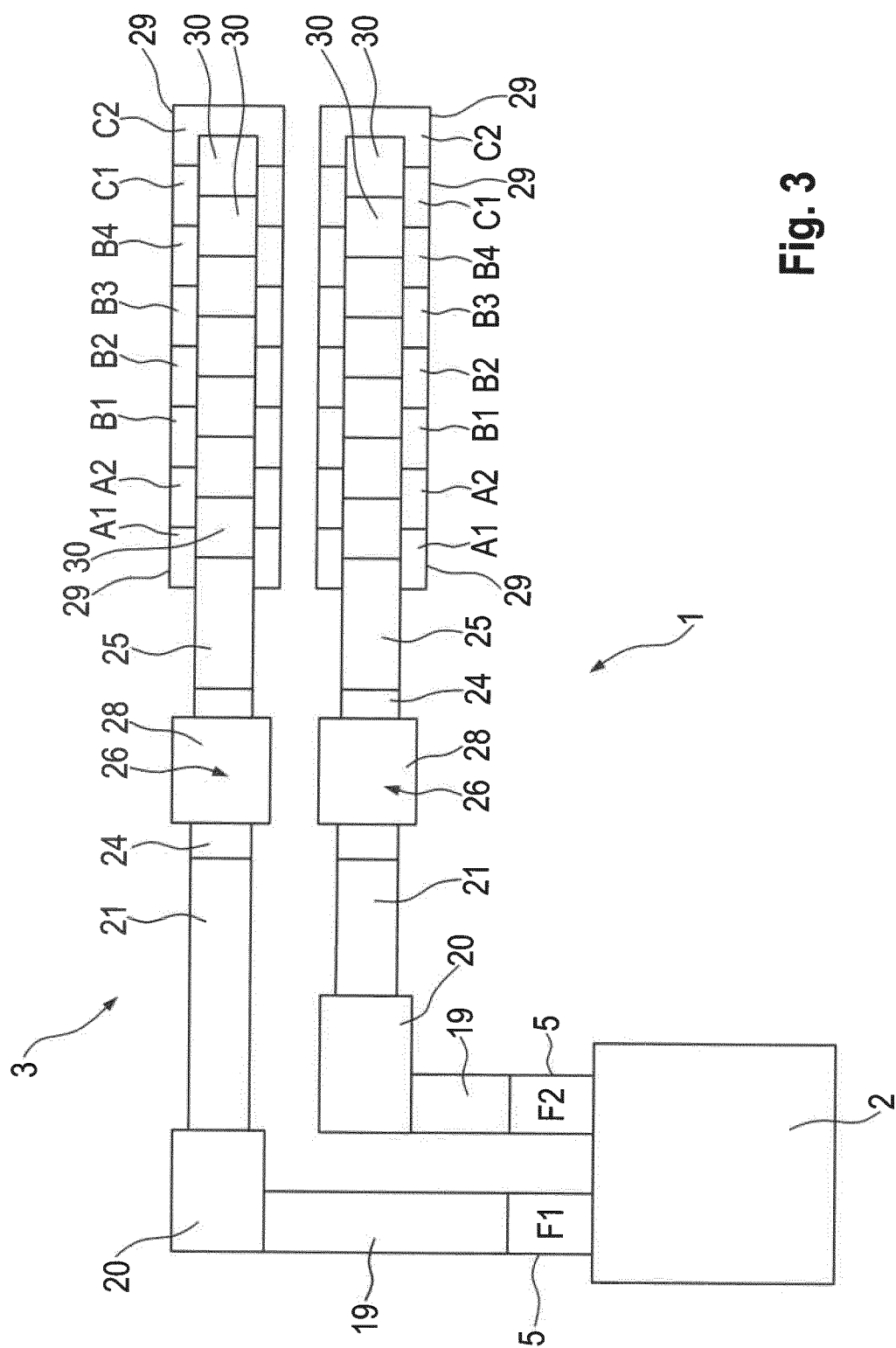


Fig. 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 21 2148

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	WO 2022/172238 A1 (DANIELI OFF MECC [IT]) 18. August 2022 (2022-08-18)	1-13	INV. B07C5/34
A	* Abbildungen *	14, 15	

Y	US 2013/292307 A1 (BAMBER ANDREW SHERLIKER [CA] ET AL) 7. November 2013 (2013-11-07)	1-13	
A	* Abbildung 6 *	14, 15	

A	WO 2017/108908 A1 (HYDRO ALUMINIUM ROLLED PROD [DE]) 29. Juni 2017 (2017-06-29)	7, 8	
	* Abbildungen *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B07C
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		14. April 2023	Wich, Roland
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
A : technologischer Hintergrund		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
O : nichtschriftliche Offenbarung		L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 22 21 2148

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.

14-04-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2022172238 A1	18-08-2022	KEINE	
US 2013292307 A1	07-11-2013	AU 2013255051 A1	13-11-2014
		AU 2016216528 A1	08-09-2016
		AU 2018203576 A1	14-06-2018
		CA 2871632 A1	07-11-2013
		CL 2014002925 A1	10-07-2015
		DK 2844403 T3	17-09-2018
		EP 2844403 A1	11-03-2015
		EP 3369488 A1	05-09-2018
		PL 2844403 T3	31-01-2019
		US 2013292307 A1	07-11-2013
		US 2016193630 A1	07-07-2016
		US 2019134671 A1	09-05-2019
		WO 2013163759 A1	07-11-2013
WO 2017108908 A1	29-06-2017	BR 112018010095 A2	13-11-2018
		CN 108463293 A	28-08-2018
		DE 102015122818 A1	29-06-2017
		EP 3393687 A1	31-10-2018
		ES 2748862 T3	18-03-2020
		HU E045422 T2	30-12-2019
		JP 6454449 B1	16-01-2019
		JP 2019503850 A	14-02-2019
		KR 20180090892 A	13-08-2018
		PL 3393687 T3	31-12-2019
		US 2018297091 A1	18-10-2018
		WO 2017108908 A1	29-06-2017

EPO FORM P0461

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

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

- EP 3352919 B1 [0003] [0004]