

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11

Veröffentlichungsnummer:

**0 362 380
A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG
veröffentlicht nach Art. 158 Abs. 3
EPÜ

21

Anmeldenummer: **88904708.0**

51

Int. Cl.⁵: **B03C 1/30**

22

Anmeldetag: **17.02.88**

66

Internationale Anmeldenummer:
PCT/SU88/00038

57

Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 89/07489 (24.08.89 89/20)

43

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.04.90 Patentblatt 90/15

84

Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB IT SE

71

Anmelder: **GOSUDARSTVENNY
PROEKTNO-KONSTRUKTORSKY INSTITUT
'GIPROMASHUGLEOBOGASCHENIE'
ul. Viktora Pyaterkina 30
Voroshilovgrad, 348006(SU)**

72

Erfinder: **VLASOV, Vladimir Nikolaevich
kvartal Geroev Stalingrada, 3-271
Voroshilovgrad, 348003(SU)**
Erfinder: **GUBAREVICH, Vladimir Nikolaevich
kvartal Druzhba, 13-6
Voroshilovgrad, 348040(SU)**
Erfinder: **ZASKEVICH, Mikhail Vladimirovich
ul. Olunskogo, 7-39
Mirny, 678170(SU)**
Erfinder: **KRAVCHENKO, Nikolai Dmitrievich
pr. Il'icha, 83-55
Donetsk, 340003(SU)**
Erfinder: **ZELENCHUK, Vladimir Alexandrovich
kvartal Gaevogo, 5-8
Voroshilovgrad, 348021(SU)**
Erfinder: **ALIPOV, Alexandr Ivanovich
ul. Krapivnitskogo, 4-95
Voroshilovgrad, 348005(SU)**

74

Vertreter: **Lehn, Werner, Dipl.-Ing. et al
Hoffmann, Eitle & Partner Patentanwälte
Arabellastrasse 4
D-8000 München 81(DE)**

EP 0 362 380 A1

54

FERROHYDROSTATISCHER SEPARATOR.

57

Der ferrohydrostatische Separator umfaßt eine
Magnetanlage (1) mit zwei Polen (N-S), deren Profil
ein Magnetfeld mit einer über die Höhe des Zwi-

schenpolraumes von der größten im Unterteil der
Pole bis auf die kleinste im Oberteil veränderlichen
Stärke (H) formiert, einen Behälter (2) aus unmagne-

tischem Werkstoff sowie eine Vorrichtung (4) zum Zuführen des mechanischen Gemisches der unmagnetischen Materialien und eine Vorrichtung (5) zum Entfernen der getrennten Teilchen des mechanischen Gemisches. Im Raum zwischen den Polen (N-S) sind Elemente aus einem ferromagnetischen Werkstoff angeordnet, die lokale Magnetfelder innerhalb der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit (3) formieren. Der Vektor der magnetischen Kraft (F_{ix}) jedes der lokalen Magnetfelder ist unter einem Winkel zum Vektor (V) der Bewegungsgeschwindigkeit eines Teilchens des mechanischen Gemisches gerichtet.

FERROHYDROSTATISCHER SEPARATOR

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Aufbereitung von Bodenschätzen und betrifft insbesondere ferrohydrostatischen Separator.

Besonders erfolgreich kann diese Erfindung in der Nichteisenmetallurgie zur Trennung von unmagnetischen Buntmetallen nach ihrer Dichte aus dem Altmaterial eingesetzt werden.

10 Zugrundeliegender Stand der Technik

Die Erfindung kann auch in der bergbauverarbeitenden Industrie zur Anreicherung der Mineralerze verwendet werden.

Zur Zeit ist die Tendenz erkennbar, daß in den gewonnenen Buntmetallen der Gehalt an Nutzkomponente stets absinkt, während der Bedarf an Buntmetallen in der ganzen Welt ständig ansteigt, wodurch die Notwendigkeit auftritt, immer größere Mengen von mehrkomponentigem Buntmetallschrott, von Schrott der elektrotechnischen Industrie und aus gewissen Arten der elektrischen Kabel zu verwerten. Jedoch besteht
15 jeweils keine Möglichkeit, den genannten Schrott zum Ausgleich des Mangels an Buntmetallen vollkommen auszunutzen, da in der Welt keine Ausrüstungen zur Schrotttrennung in Gruppen der Legierungssorten durch die Industrie fertiggestellt werden.

25 Einige Firmen aus Japan und den USA haben bei der Ausarbeitung der Technologie und der Durchführung der Untersuchungen zur Trennung der zerkleinerten Abfälle der Buntmetalle nach ihrer Dichte an experimentellen Modellen der ferrohydrostatischen Separatoren bestimmte Erfolge erreicht.

30 Die japanische Firma "Chitakky Seysaku" hat die Gewinnung von Buntmetallen, und zwar Aluminium, Zink, Kupfer, aus dem kraftwagenbaulichen Schrott an einem ferrohydrostatischen Versuchsseparator durchgeführt, der einen Behälter, welcher mit einer ferromagnetischen, aus Kerosin und disperser Phase - mit einer Oleinsäurehülle umgebenen
35 Magnetitkörnern der Größe 100 Å - bestehenden Flüssigkeit ausgefüllt ist, und eine Elektromagnetanlage umfaßt, in deren Zwischenpolraum der erwähnte Behälter

befindlich ist. Der Behälter ist mit einer Vorrichtung zum Zuführen des kraftwagenbaulichen Metallschrotts mit einer Größe von 6 bis 25 mm ausgerüstet. In dem genannten Versuchsseparator ist keine wirkungsvolle Gewinnung von Aluminium aus dem Schrott erreicht worden. Die Aluminiumgewinnung betrug nur 80%, während die übrigen 20% von im Schrott enthaltenem Aluminium im Gemisch mit Kupfer und Zink gewonnen wurden, was zur Verunreinigung der letztgenannten führte.

10 Vom Bergbaubüro der USA wurde eine Versuchsausführung des ferrohydrostatischen Separators zur Gewinnung von Buntmetallen aus einem nach der Verbrennung der industriellen und Haushaltsabgänge entstehenden, mechanischen Gemisch entwickelt und erprobt.

15 Dieser Separator enthält einen im Zwischenpolraum der Magnetanlage befindlichen und mit der ferromagnetischen Flüssigkeit ausgefüllten Behälter, welche Flüssigkeit eine Suspension des Magnetits im Kerosin mit einem Zusatz der Oleinsäure in einer Menge von 7 - 12% darstellt. Die Pole
20 der Elektromagnetanlage stehen zu der Horizontalebene schrag, wodurch eine Neigung des Spiegels der ferromagnetischen Flüssigkeit in Richtung der Entfernung der getrennten Gemischteilchen entsteht. Der Separator ist ebenfalls mit einer Vorrichtung zum Zuführen des zu trennenden, mechanischen Gemisches ausgestattet, welche Vorrichtung an
25 dem Flüssigkeitsbehälter befestigt ist, und besitzt noch eine Vorrichtung zum Abführen der getrennten Teilchen des mechanischen Gemisches.

In diesem Separator wurde ein mechanisches Gemisch
30 getrennt, das 58,5% Al, 14,8% Zn, 19,7% Cu sowie Plumbum-, Zinn- und Siliziumoxidteilchen enthielt. Jedoch wurde im Separator keine wirkungsvolle Gewinnung von Aluminium erreicht, weil das gewonnene Aluminium mit 5,5% Cu und 10,7% Pb verunreinigt war. Die Gewinnung eines solchen nicht standardgerechten Produktes erfordert zusätzliche Aufwendungen
35 zwecks dessen Nachseparation, wodurch das Verfahren verteuert wird.

In der UdSSR ist ein ferrohydrostatischer Separator

zur Durchführung der Schnellanalyse der unmagnetischen Erze bei der Untersuchung deren Aufbereitbarkeit und Mineralzusammensetzung entwickelt werden und wird serienmäßig produziert. Der praktische Einsatz dieser Separatoren hat deren hohe Genauigkeit bei der Durchführung der Schnellanalyse bestätigt. Jeoch kann der Separator nur zyklisch betrieben werden und weist eine geringe Leistung (50 kg/h) auf.

Das Wesen des Trennungsverfahrens bei der Trennung eines mechanischen Gemisches im ferrohydrostatischen Separator besteht darin, daß an einem in der ferromagnetischen Flüssigkeit befindlichen Feststoffteilchen außer der herausstoßenden archimedischen Auftriebskraft noch eine hydrostatische Druckkraft angreift, die innerhalb der ferromagnetischen Flüssigkeit bei der Einwirkung auf diese eines inhomogenen, durch die Magnetanlage des Separators erzeugten Magnetfeldes erzeugt wird.

Eine Bedingung der Trennung des aus Teilchen unterschiedlicher Dichte zusammengesetzten Gemisches in der ferromagnetischen Flüssigkeit ist die Erfüllung der folgenden Ungleichung:

$$\rho_1 < \rho_a < \rho_2,$$

worin ρ_a scheinbare Dichte der Flüssigkeit,
 ρ_1 die Dichte der leichten Teilchen,
 ρ_2 die Dichte der schweren Teilchen bedeuten.

Die scheinbare Dichte der ferromagnetischen Flüssigkeit ergibt sich bei dem inhomogenen Magnetfeld des Separators aus der Gleichung:

$$\rho_a = \rho_f + \frac{\mu_0 \cdot k}{g} \cdot H \cdot \text{grad } H \quad (1),$$

worin ρ_f physikalische Dichte der ferromagnetischen Flüssigkeit,

k die räumliche magnetische Suszeptibilität der ferromagnetischen Flüssigkeit,

μ_0 Magnetkonstante,

H magnetische Feldstärke in der Verweilzone des jeweiligen Stoffteilchens,

grad H Gradient der magnetischen Feldstärke in der

Verweilzone des jeweiligen Stoffteilchens und g Erdbeschleunigung sind.

An jedem in der ferromagnetischen Flüssigkeit befindlichen Teilchen des mechanischen Gemisches greifen an:

5 1) Schwerkraft $F_g = V \cdot \rho \cdot g$,

wo V und ρ Volumen und Dichte eines kugelförmigen Stoffteilchens, sind wobei $V = \pi \cdot d^3 / 6$, während es für das Teilchen einer anderen Form gilt $V = \pi \cdot d_e^3 / 6$, worin d_e gleichwertigen Durchmesser bedeutet;

10 2) hydrostatische Druckkraft F_1 , welche durch die an dem durch das Stoffteilchen verdrängten Flüssigkeitsvolumen angreifende ponderomotorische Kraft des Magnetfeldes bestimmt wird, und zwar

$$F_1 = V \cdot \mu_0 \cdot k \cdot H \cdot \text{grad} H = \frac{\pi \cdot d_e^3}{6} \cdot \mu_0 \cdot k \cdot H \cdot \text{grad} H \quad (2);$$

15 3) archimedische Auftriebskraft

$$F_a = V \cdot \rho_f \cdot g = \frac{\pi \cdot d_e^3}{6} \cdot \rho_f \cdot g \quad (3).$$

Bei der Bewegung des Stoffteilchens innerhalb der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit wirkt auf es die hydrodynamische Widerstandskraft, die von der Bewegungsgeschwindigkeit und Beschleunigung des Teilchens, dessen Dichte, Größe und Formgestaltung sowie von der Zähigkeit der ferromagnetischen Flüssigkeit abhängt. Wenn sich die Viskosität der ferromagnetischen Flüssigkeit durch die Reynolds-Zahlen $Re = 20 + 350$ kennzeichnet, so wird diese Widerstandskraft aus Newton-Rittinger-Gleichung ermittelt:

25

$$F_v = \frac{\pi}{12} \cdot V \cdot d_e \cdot \rho_f,$$

wo V die Bewegungsgeschwindigkeit des Stoffteilchens ist.

Die Reynoldssche Zahl $Re = V \cdot d_e \cdot \rho_f / \eta$ bestimmt hierbei die Strömungsart der Flüssigkeit.

30 Bei der Trennung eines mechanischen Gemisches des Buntmetallbruchs mit der Teilchengröße unter 1 mm wird als Hauptkraft die Kraft des Viskositätswiderstandes auf das Teilchen einwirken, die aus der folgenden Stokes-Gleichung errechnet wird:

35 $F_v = 3 \pi \cdot \eta \cdot V \cdot d_e$, wo η Koeffizient der absoluten Viskosität bedeutet.

Bei Einwirkung des durch die Magnetanlage des Separators erzeugten inhomogenen Magnetfeldes auf die ferromagnetische Flüssigkeit nimmt der Spiegel dieser Flüssigkeit eine der Form der Magnetkraftlinien an der Trenngrenze von zwei Medien, und zwar der Trenngrenze Flüssigkeit-Luft, entsprechende Stellungslage ein. Der Flüssigkeitsspiegel erhält eine konvexe Form.

Deswegen steigen die Stoffteilchen mit der Dichte, die kleiner als die scheinbare Dichte der ferromagnetischen Flüssigkeit ist, im Laufe der Trennung des mechanischen Gemisches aus Buntmetallen an die Oberfläche der erwähnten Flüssigkeit. Dabei wird jedes auf dem oberflächlichen Flüssigkeitsspiegel befindliche Stoffteilchen durch die Wirkung einer seitlichen Komponente F_{gz} der Schwerkraft beeinflusst, durch welche die Teilchen an die Magnetpole verschoben und an die Wandungsoberfläche des Behälters angedrückt werden, was eine Ansammlung der Stoffteilchen an den Polen verursacht. Die seitliche Komponente F_{gz} der Schwerkraft kann aus der Abhängigkeit ermittelt werden:

$$F_{gz} = V \cdot \rho \cdot g \cdot \sin \beta \pm V \cdot \mu \cdot X \cdot H \cdot \frac{dH}{dz} \quad (4),$$

wo β den Neigungswinkel des Spiegels der ferromagnetischen Flüssigkeit zu der Horizontalebene bezogen auf die Z-Achse bedeutet.

Somit wirken auf jedes Stoffteilchen in der Tiefe der ferromagnetischen Flüssigkeit und an deren Oberfläche die obenerwähnten Kräfte ein, unter deren Einfluß das Stoffteilchen verschoben wird. Diese Verschiebung des Stoffteilchens kann durch das folgende Gleichungssystem beschrieben werden:

$$\left. \begin{aligned}
 \rho \cdot \frac{d^2x}{dt^2} &= \mu_0 \cdot X \cdot H \cdot \frac{dH}{dX} + \rho \cdot g \cdot \sin \alpha - \frac{v^2 \cdot \rho_{ax}}{2d} \\
 \rho \cdot \frac{d^2y}{dt^2} &= \mu_0 \cdot X \cdot H \cdot \frac{dH}{dy} + \rho \cdot g \cdot - \frac{v^2 \cdot \rho_{ay}}{2d} \rho_f \cdot g \\
 \rho \cdot \frac{d^2z}{dt^2} &= \rho \cdot g \cdot \sin \beta \pm \mu_0 \cdot X \cdot H \cdot \frac{dH}{dz} - \frac{v^2 \cdot \rho_{az}}{2d} \quad (5),
 \end{aligned} \right\}$$

5 worin α den Neigungswinkel des Spiegels der ferromagnetischen Flüssigkeit zu der Horizontalebene bezogen auf die X-Achse; ρ_{ax} , ρ_{ay} , ρ_{az} die Komponenten der scheinbaren Dichte bedeuten.

10 Zwecks Vereinfachung dieses Gleichungssystems wird es angenommen, daß die Teilchen die Form einer Kugel besitzen, während zwischen den Polen ein planparalleles Magnetfeld erzeugt wird.

15 Eine analytische Lösung des Gleichungssystems kann nicht gefunden werden, und zwar aus dem Grunde, daß viele zu diesem System gehörende Größen die Veränderlichen sind und viele von ihnen zusammenhängen. Es ist nur eine besondere Lösung des Gleichungssystems für die konkrete Magnetanlage des Separators, die anwendbare ferromagnetische Flüssigkeit in seinem Behälter und für das gegebene, mechanische Gemisch, das getrennt wird, möglich.

20 Eine Trennung des mechanischen Gemisches aus Buntmetallbruch erfolgt innerhalb ein in ihrer Höhe eingeschränkten Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit. Die Höhe dieser Schicht wird durch Kennwerte des zwischen den Polen der Magnetanlage des Separators erzeugten Magnetfeldes, die Magnetisierung (J) der ferromagnetischen Flüssigkeit und deren physikalische Dichte (ρ_f) bestimmt.

25 In Hinsicht auf die Verteilung des Gradienten der magnetischen Feldstärke im Raum zwischen den Polen muß man in Betracht ziehen, daß im Zwischenpolraum unter dem Bereich des kleinsten Abstandes zwischen den Polen der Gradient der Feldstärke sein Vorzeichen gegen das entgegengesetzte wechselt. Die Höhe h der Schicht, die von der Einwirkungsart des Magnetfeldes auf die ferromagnetische Flüssigkeit abhängt, ergibt sich aus der Gleichung:

30

$$h = \mu_0 \cdot J \cdot \int_{H_1}^{H_2} dH (\rho_f \cdot g) \quad (6).$$

Eine Bedingung, bei der der Gleichgewichtszustand der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit erreicht wird, besteht in der Erfüllung der Gleichung:

$$F_1 - F_2 = \rho_f \cdot g \cdot h,$$

worin F_1 die im Zwischenpolraum über dem Bereich des kleinsten Abstandes zwischen den Magnetpolen wirkende magnetische Kraft;

F_2 die im Zwischenpolraum unter dem Bereich des kleinsten Abstandes zwischen den Magnetpolen wirkende magnetische Kraft bedeuten.

Diese magnetischen Kräfte ergeben sich aus folgenden Beziehungen:

$$F_1 = - \mu_0 \cdot J \cdot \frac{dH_1}{dy}; \quad F_2 = \mu_0 \cdot J \cdot \frac{dH_2}{dy};$$

Ausgehend von der Analyse der obenerwähnten Beziehungen kann die Höhe der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit im Zwischenpolraum nachfolgender Gleichung bestimmt werden:

$$h = \mu_0 \cdot J \cdot [(dH_1 + dH_2)/dy] \cdot \rho_f^{-1} \cdot g^{-1} \quad (7).$$

Zur Aufrechterhaltung einer erforderlichen Höhe der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit während der Trennung des mechanischen Gemisches bei den den Gleichgewichtszustand dieser Schicht nicht sichernden geringen Werten der magnetischen Feldstärke im Zwischenpolraum muß eine Vorrichtung zum Entfernen der getrennten Teilchen vorgesehen werden, durch welche eine hydrostatische Stauung vermittelt einer Säule einer anderen, mit der ferromagnetischen Flüssigkeit nicht vermischbaren Flüssigkeit zustandegebracht wird.

Dieselbezüglich muß die folgende Beziehung erfüllt werden:

$$F_1 + \rho_f \cdot g \cdot h = F_2 + \rho_w \cdot g \cdot h_w.$$

Hierbei ergibt sich die Höhe der Stausäule der anderen Flüssigkeit aus der Gleichung:

$$h_w = \left[\mu_0 \cdot \gamma \left(\frac{dH_1}{dy} - \frac{dH_2}{dy} + \rho_f \cdot g \cdot h \right) \right] / (\rho_w \cdot g) \quad (8).$$

Versuche, die Qualität der Trennung eines mechanischen Gemisches des Buntmetallbruches zu verbessern, wurden im ferrohydrostatischen Separator nach US,A 2 265 458 vorgenommen. Dieser bekannte Separator enthält eine Magnetanlage mit zwei Polen, durch deren Profil ein Magnetfeld mit einer über die Höhe des Zwischenpolraums längs der y-Achse von der größtmöglichen im Unterteil desselben bis auf die kleinste in dessen Oberteil veränderlichen Stärke formiert wird, und einen im Zwischenpolraum befindlichen Behälter aus einem unmagnetischen Werkstoff mit der ferromagnetischen Flüssigkeit.

An den Polen sind im Bereich der Zuführung des mechanischen Gemisches und im Bereich der Austragung der getrennten Teilchen Magnetelemente vorgesehen, von denen jedes ein dreieckiges Prisma darstellt, das mit dessen einer Fläche am Pol befestigt ist, die andere Fläche eine Verlängerung der Stirnfläche des Pols darstellt und die dritte eine schiefe, mit der Längsachse X des Zwischenpolraums einen spitzen Winkel bildende Ebene verkörpert.

Die genannten Magnetelemente erzeugen lokale Magnetfelder, in jedem von denen der Gradient der magnetischen Feldstärke zu der X-Achse des Zwischenpolraums hin gerichtet ist.

Bei der Zuführung des mechanischen Gemisches an den Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit greift an den Gemischteilchen außer der Schwerkraft, der archimedischen Auftriebskraft und hydrostatischen Druckkraft noch eine durch die vorhandenen lokalen Magnetfelder verursachte zusätzliche magnetische Kraft an. Diese Kraft verhindert die Ansammlung der Teilchen an der Spiegelfläche der ferromagnetischen Flüssigkeit in der Nähe der Pole und beschleunigt die Bewegung der Teilchen in die Trennungszone des Gemisches.

Es ist allgemein bekannt, daß für eine qualitätsgerechte Trennung des mechanischen Gemisches des Buntmetallbruches nach der Dichte, der sich durch einen minimalen Anteil der nach ihrer Dichte leichten Teilchen in den

schweren kennzeichnet und umgekehrt, eine bestimmte Länge dieser Trennungszone erforderlich ist, und zwar die Länge des Zwischenpolraumes in Richtung der X-Achse, die durch die Absetzgeschwindigkeit der schweren Teilchen bestimmt wird. Daher muß die Länge der Trennungszone bei der Trennung des mechanischen Gemisches mit einem kleinen Unterschied der Teilchendichten groß sein. In dem Separator der bekannten Ausführung verläuft die Trennung des mechanischen Teilchengemisches nach der Dichte außerhalb der Wirkungszone der lokalen Magnetfelder. In der Trennungszone bewegen sich die am Spiegel befindlichen Gemischteilchen unter Einwirkung der seitlichen Kräfte in Richtung zu den Polen, sie werden an die Wandungsoberfläche des Behälters angedrückt, wo sie sich unter Mitnahme der schweren Teilchen und Bildung von Flocken ansammeln. Durch die erwähnte Bildung der Flocken an der Oberfläche der Pole wird die Bewegung der Teilchen des Gemisches über den Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit behindert, wodurch die Leistung eingeschränkt und die Qualität der Trennung des mechanischen Gemisches nach der Dichte beeinträchtigt wird.

In der Trennungszone bewegen sich die nach ihrer Dichte einander ähnlichen Teilchen mit der scheinbaren Dichte der ferromagnetischen Flüssigkeit in der Schicht dieser Flüssigkeit in nahen Höhen, wodurch die Austragung der Teilchen mit der als die scheinbare Dichte der ferromagnetischen Flüssigkeit kleineren Dichte erschwert wird. Infolgedessen werden die leichten Teilchen, die man beim Separieren des mechanischen Gemisches aus Teilchen einer nahen Dichte gewinnt, durch die schweren Teilchen verunreinigt, und umgekehrt.

Die Verbesserung der Qualität der Trennung des mechanischen Gemisches aus den Teilchen einer ähnlichen Dichte wurde im ferrohydrostatischen Separator nach Patentschrift DE 3 321 102 C2 erzielt.

Der besagte ferrohydrostatische Separator umfaßt eine Magnetanlage mit zwei Polen, deren Profil ein Magnetfeld mit einer über die Höhe von der größtmöglichen im Unterteil der Pole bis auf die kleinste im Oberteil derselben ver-

5 änderlichen Stärke formiert, und einen im Raum zwischen den
 Polen befindlichen Behälter aus unmagnetischem Werkstoff
 mit einer ferromagnetischen Flüssigkeit. In diesem Behälter
 ist zum Absondern der getrennten Teilchen des mechanischen
 10 Gemisches voneinander eine Trennwand vorgesehen, die in-
 nerhalb der Flüssigkeitsschicht mit Möglichkeit ihrer Ver-
 stellung längs einer der Prismaflächen, die einen spitzen
 Winkel mit dem Schwerkraftvektor des Teilchens bildet, un-
 tergebracht ist. Das Prisma ist mit seinen Grundflächen
 15 an den Seitenwandungen des Behälters befestigt. Die Not-
 wendigkeit, die Trennwand zu verstellen, ist durch die Ein-
 schränkung der Höhe der Schicht der ferromagnetischen Flüs-
 sigkeit hervorgerufen, in der sich die nach ihrer Dichte
 leichteren Teilchen bewegen. Der bekannte Separator ent-
 20 hält auch eine Vorrichtung zur Zuführung des mechanischen
 Gemisches des Buntmetallbruches, die über dem Spiegel der
 ferromagnetischen Flüssigkeit angeordnet und an den Polen
 befestigt ist, sowie eine mit dem Behälter gekoppelte Vor-
 richtung zum Entfernen der nach der Dichte getrennten
 25 Teilchen des mechanischen Gemisches. Die Pole in der Mag-
 netanlage sind in Bewegungsrichtung der leichten Teilchen
 geneigt.

Bei der Zuführung des mechanischen Gemisches des Bunt-
 metallbruches an den Spiegel der ferromagnetischen Flüs-
 30 sigkeit greifen an den Teilchen des Ausgangsgemisches eine
 Horizontalkomponente des Gradienten der magnetischen Feld-
 stärke und die seitliche Komponente F_{gz} der Schwerkraft an.
 Dabei nimmt der Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit
 eine Lage ein, die der Form der Magnetkraftlinien an der
 35 Trenngrenze von Medien, und zwar Flüssigkeit-Luft, ent-
 spricht. Der Spiegel nimmt eine konvexe Form an. Dabei
 greift an jedem Teilchen mit der Dichte kleiner als die
 scheinbare Dichte der ferromagnetischen Flüssigkeit die
 Kraft F_{gz} an, welche die erwähnten Teilchen an die Seiten-
 40 flächen des Behälters andrückt. Die leichteren Teilchen,
 die sich an den Polen ansammeln, reißen die schwereren Teil-
 chen mit und bilden somit Flocken. Diese Flockenbildung
 an der Oberfläche der Pole verkleinert stark die Größe des

Zwischenpolraums in der zur Längsachse dieses Raums senkrechten Ebene, was eine Leistungsabnahme zur Folge hat und eventuell zur Stillsetzung des Separators führen kann. Die bekannte Ausführung des Separators wird durch eine relativ geringe Qualität der gewonnenen Produkte infolge Verunreinigung der leichteren Teilchen mit den schwereren Teilchen und umgekehrt gekennzeichnet.

Der Strom der Teilchen mit der Dichte größer als die scheinbare Dichte der ferromagnetischen Flüssigkeit trägt bei seiner Bewegung in der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit die leichteren Teilchen mit, die unter Einwirkung der Adhäsions-, Viskositätskräfte nicht an die Oberfläche der ferromagnetischen Flüssigkeit rechtzeitig steigen können und mit den schwereren Teilchen zusammen in das Fertiggut gelangen, indem sie dessen Qualität beeinträchtigen.

Bei der Trennung des mechanischen Gemisches des Bruchs von Aluminiumlegierungen, dessen Teilchen eine äußerst ähnliche Dichte aufweisen, wie beispielsweise die Legierung Al.Mg mit der Dichte $2,63 \text{ g/cm}^3$ und die Legierung Al.Si mit der Dichte $2,67 \text{ g/cm}^3$, gestattet diese bekannte Ausführung des Separators eine genügend hohe Qualität des getrennten mechanischen Gemisches zu erreichen, wodurch das Fertiggut zum Schmelzen der hochwertigen Aluminiumlegierungen ausgenutzt werden kann. Durch Anwendung der Trennwand wurde es möglich, die Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit einzuschränken, in welcher Schicht sich die leichteren Teilchen mit ihrer mit der Dichte der schwereren Teilchen ähnlichen Dichte bewegen.

Offenbarung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen ferrohydrostatischen Separator zu entwickeln, in dem durch Erzeugung von die Bewegung der leichten bzw. schweren Teilchen in Richtung der X- und Z-Achsen intensivierenden zusätzlichen magnetischen Kräften im Zwischenpolraum eine Steigerung der Wirksamkeit bei der Trennung des mechanischen Gemisches erreicht wird.

Die gestellte Aufgabe wird dadurch gelöst, daß im

ferrohydrostatischen Separator, umfassend eine Magnetanlage mit zumindest zwei Polen, deren Profil ein Magnetfeld mit der über die Höhe des Zwischenpolraums veränderlichen Stärke von ihrem größten Wert im Unterteil der Pole bis auf den kleinsten Wert im Oberteil formiert, einen im Zwischenpolraum befindlichen Behälter aus unmagnetischem Werkstoff mit der ferromagnetischen Flüssigkeit, eine Vorrichtung zur Zuführung des mechanischen Gemisches aus unmagnetischen Materialien, die über dem Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit angeordnet und an den Polen befestigt ist, sowie eine mit dem Behälter gekoppelte Vorrichtung zum Entfernen der nach ihrer Dichte getrennten Teilchen des mechanischen Gemisches, erfindungsgemäß im Zwischenpolraum Elemente aus einem ferromagnetischen Werkstoff angeordnet sind, die innerhalb der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit lokale Magnetfelder formieren, wobei der Vektor der magnetischen Kraft in jedem der lokalen Magnetfelder unter einem Winkel zum Vektor der Bewegung der Teilchen des mechanischen Gemisches gerichtet ist.

Durch diese konstruktive Ausführung des ferrohydrostatischen Separators wird eine wesentliche Steigerung der Qualität der Trennung des mechanischen Gemisches sowohl mit einem großen als auch mit einem geringen Dichteunterschied der Teilchen zielt.

In der Einflußzone des lokalen Magnetfeldes hat die scheinbare Dichte der ferromagnetischen Flüssigkeit einen größeren Wert als diese scheinbare Dichte in der Trennungszone. Bei der Bewegung innerhalb der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit und an der Flüssigkeitsoberfläche werden die Teilchen des mechanischen Gemisches einer Einwirkung der durch die lokalen Magnetfelder erzeugten zusätzlichen magnetischen Kräfte ausgesetzt. Durch diese Zusammenwirkung der Teilchen des mechanischen Gemisches mit den Zonen erhöhter scheinbarer Dichte kann auch die Bewegungsbahn der Teilchen unter Verlängerung ihrer Verweilzeit innerhalb der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit verändert werden.

Bei der Bildung der Flocken an der Oberfläche der fer-

romagnetischen Flüssigkeit werden diese letztgenannten in-
dem sie sich bewegen, einer Einwirkung der zusätzlichen mag-
netischen Kräfte ausgesetzt, wobei diese Flocken eine al-
ternierende Bewegungsrichtung längs der Z-Achse bei deren
5 Bewegung in Richtung der X-Achse erhalten. Diese Erschei-
nung begünstigt die Überwindung der Kraft der Oberflächen-
spannung der ferromagnetischen Flüssigkeit und der Kraft
der intermolekularen Wechselwirkung der Teilchen des me-
chanischen Gemisches. Infolgedessen zerfallen die Flocken
10 unter Freigabe der schweren Teilchen, welche dann sich in
der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit nieder-
schlagen, während die leichteren Teilchen sich über den
Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit in Richtung der
Entfernung der getrennten Teilchen aus dem Behälter weiter-
15 bewegen.

Falls die schweren Teilchen des mechanischen Gemisches
bei deren Durchgang durch die Schicht der ferromagneti-
schen Flüssigkeit die Teilchen mit der im Vergleich zur
scheinbaren Dichte der ferromagnetischen Flüssigkeit in
20 der Trennungszone kleineren Dichte mitreißen und auf ihrem
Wege die Zonen der erhöhten scheinbaren Dichte der Flüssig-
keit treffen, verändern sie ihre Bewegungsbahn und bewegen
sich in diesen Zonen in Richtung der Entfernung der gesunk-
enen Teilchen aus dem Behälter. Dabei werden die Teilchen
25 mit der im Vergleich zur scheinbaren Dichte der ferromag-
netischen Flüssigkeit in der Trennungszone kleineren Dichte
einer erhöhten hydrostatischen Druckkraft ausgesetzt. Un-
ter Einwirkung dieser erhöhten Kraft werden die leichteren
Teilchen von den schwereren abgetrennt, steigen an den
30 Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit und bewegen sich
mit den anderen leichteren Teilchen zusammen in Richtung
der Entfernung aus dem Behälter.

Es ist zweckmäßig, daß jedes der Elemente einen Stab
darstellt, welche Stäbe in gleichen Abständen zueinander
35 angeordnet sind, während alle Stäbe durch unmag-
netische am Behälter befestigte Überbrückungen unter Bil-
dung einer zur Richtung des Vektors der Bewegungsgeschwin-
digkeit der Teilchen des mechanischen Gemisches innerhalb

der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit parallelen Ebene miteinander verbunden sind, wobei eine zur Stabsachse senkrechte Stirnseite dieser Ebene sich im Bereich der Zuführung des mechanischen Gemisches unter dem Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit befindet und die andere, ebenfalls zur Stabsachse senkrechte Stirnseite in der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit im Bereich der maximalen magnetischen Feldstärke liegt.

In Räumen zwischen und über den Stäben erregen sich infolge von kleinen Abständen zwischen diesen Stäben lokale Magnetfelder mit der Stärke H und deren Gradienten $\text{grad}H$, die hier wesentlich größer als in der Trennungszone sind. Diese lokalen Magnetfelder, indem sie auf die ferromagnetische Flüssigkeit einwirken, erzeugen in den genannten Räumen die Bereiche einer wesentlich höheren, hydrostatischen Druckkraft als in der Trennungszone. Dieser Bereich ist in bezug auf die Stäbe äquidistant. Die Stärke der hydrostatischen Druckkraft ist durch die Größe der magnetischen Suszeptibilitäten der Stäbe und der ferromagnetischen Flüssigkeit bedingt. Sie ist an der unter dem Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit im Bereich der Zuführung des mechanischen Gemisches liegenden Stirnseite der durch die genannten Stäbe gebildeten Ebene die kleinste und nimmt dann in Richtung der anderen im Bereich der maximalen magnetischen Feldstärke befindlichen Stirnseite der erwähnten Ebene bis auf ihren größten Wert stetig zu.

Die schweren und nicht aufgeschwommenen leichten Teilchen verändern ihre Bewegungsbahn unter dem Einfluß dieser erhöhten, durch die Wirkung der lokalen Magnetfelder zwischen den Stäben auf die ferromagnetische Flüssigkeit erzeugten und in einem Winkel zum Vektor der Schwerkraft der Teilchen gerichteten hydrostatischen Druckkraft und bewegen sich über den Stäben. Während dieser Bewegung trennen sich die leichten Teilchen von den schwereren unter Einwirkung der erhöhten hydrostatischen Druckkraft und steigen an die Oberfläche der ferromagnetischen Flüssigkeit, wo sie dann zusammen mit den anderen leichten Teilchen ausgetragen werden. Dadurch erhöht sich die Wirksam-

keit der Gewinnung von Buntmetallen aus deren mechanischem Gemisch.

Es empfiehlt sich weiter, daß jedes Element einen Teil des an der Symmetrieachse entlang zerschnittenen, mit seiner Ebene an dem Pol befestigten Kegels mit sphärischer Grundfläche darstellt, der sich längs der Erzeugenden des Polprofils in bezug auf den anderen in einem gleichen Abstand befindet und gegen das Element des anderen Poles versetzt ist, während die Spitze des Kegels in Richtung des Vektors der Bewegungsgeschwindigkeit der Teilchen des mechanischen Gemisches über den Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit zeigt.

Durch diese Anordnung der erwähnten Elemente und deren Form werden die lokalen Magnetfelder mit einer erhöhten Stärke H und deren Gradienten $\text{grad } H$ im Vergleich zu denselben Kenngrößen in der Trennungszone des mechanischen Gemisches formiert. Jedes der genannten lokalen Magnetfelder verändert, indem es mit der ferromagnetischen Flüssigkeit zusammenwirkt, die Form des Spiegels in Richtung der Z-Achse, während die Standhöhe der ferromagnetischen Flüssigkeit sich im Bereich um jedes der Elemente herum in bezug auf die Gesamtstandhöhe der Flüssigkeit in der Trennungszone hebt. Durch diese Art der Zusammenwirkung wird die Erzeugung einer seitlichen Kraft F_{gz} vermieden, welche die Teilchen des mechanischen Gemisches an die Seitenwänden des Behälters angedrückt, was die Leistung des Separators erhöht.

Unter dem Einfluß der lokalen Magnetfelder werden die im Bereich der Zuführung des mechanischen Gemisches gebildeten Flocken der Einwirkung eines Kraftmomentes, das ihre Drehbewegung um die Eigenachse verursacht, und der hydrostatischen Druckkraft ausgesetzt, durch welche ihre Bewegung zickzackförmig wird. Infolgedessen werden die Flocken zerstört und die Teilchen, deren Dichte größer als die scheinbare Dichte der ferromagnetischen Flüssigkeit in der Trennungszone ist, versinken. Dadurch vergrößert sich die Wirksamkeit der Gewinnung von Buntmetallen aus deren mechanischem Gemisch.

Es ist wünschenswert, daß jeder der Pole in dem ferrohydrostatischen Separator entlang seiner Längsachse mit einem veränderlichen Querschnitt ausgeführt wird, der sich von seinem Kleinstwert im Bereich der Zuführung des mechanischen Gemisches der Buntmetalle bis auf seinen Größtwert im Bereich der Entfernung der getrennten Teilchen des mechanischen Gemisches ändert.

Bei dieser konstruktiven Ausführung der Pole haben die magnetischen Kraftlinien unterschiedliche Dichte im Zwischenpolraum, wodurch sich die Stärke des Magnetfeldes von den maximalen Werten in dem Bereich der Zuführung des mechanischen Gemisches bis auf die kleinsten Werte im Bereich der Entfernung der leichten Teilchen des mechanischen Gemisches verändert. Dies führt dazu, daß die Oberflächen der Pole, die einen gleichen Zwischenraum bilden, in seiner Größe nach unterschiedliches magnetisches Potential entlang der Längsachse des Zwischenraumes aufweisen. Der Unterschied der Größen des magnetischen Potentials an den Poloberflächen im Bereich der Zuführung des mechanischen Gemisches und im Bereich der Entfernung der getrennten Teilchen wird durch einen unterschiedlichen Sättigungsgrad des Metalls der Pole in den genannten Bereichen erzielt. Folglich verteilt sich die Stärke H des Magnetfeldes im Zwischenraum zwischen den Polen derart, daß ein Gradient der magnetischen Feldstärke $\text{grad}H$ erzeugt wird, dessen Vektor dem Vektor der Bewegung der Teilchen des mechanischen Gemisches über den Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit entgegengerichtet ist. Durch die Wirkung von H und $\text{grad}H$ auf die ferromagnetische Flüssigkeit wird innerhalb der Flüssigkeitsschicht eine Horizontalkomponente F_{1x} der hydrostatischen Druckkraft erzeugt, die zum Bewegungsvektor der Teilchen des mechanischen Gemisches über den Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit parallel gerichtet ist. Unter der Wirkung dieser Horizontalkomponente auf die Teilchen des mechanischen Gemisches wird eine rechtzeitige Entfernung der Teilchen aus dem Zuführungsbereich begünstigt und den Teilchen des Gemisches, die sich sowohl innerhalb der Flüssigkeitsschicht als auch an deren Oberfläche befin-

den, eine Bewegung von dem Zuführungsbereich zum Bereich der Entfernung der getrennten Teilchen erteilt, was einerseits die Wirksamkeit der Teilchentrennung verbessert und andererseits die Leistung des Separators erhöht.

5 Andere Ziele und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus dem nachfolgenden konkreten Beispiel ihrer Ausführung und aus den beiliegenden Zeichnungen verständlicher, in denen es zeigt

10 Fig. 1 den erfindungsgemäßen ferrohydrostatischen Separator zur Trennung des mechanischen Gemisches der Teilchen einer hohen Dichte in schematischer Isometriedarstellung;

15 Fig. 2 schematische Darstellung der Elemente, die lokale Magnetfelder formieren, im vergrößerten Maßstab gemäß der Erfindung;

Fig. 3 Schnitt nach Linie III-III der Fig. 1;

Fig. 4 Draufsicht auf den zwischen den Polen N-S angeordneten Behälter;

20 Fig. 5 den erfindungsgemäßen ferrohydrostatischen Separator zur Trennung des mechanischen Gemisches der Teilchen einer niedrigen Dichte in schematischer Isometriedarstellung.

25 Der erfindungsgemäße ferrohydrostatische Separator, der zur Trennung eines mechanischen Gemisches der unmagnetischen Materialien, beispielsweise des Bruches der radioelektronischen Haushaltsapparatur bzw. des zerkleinerten Kabelbruchs und der Abfälle in der Bleiumhüllung mit einer Größe bis 40 mm vorgesehen ist, umfaßt eine Magnetanlage 1 (Fig. 1) mit zwei Polen N - S veränderlichen Querschnitts, deren Profil ein Magnetfeld formiert mit einer über die Höhe des Zwischenpolraums veränderlichen Stärke H von der größten im Unterteil der Pole bis zur kleinsten im Oberteil derselben und mit einer längs der Erzeugenden des Polprofils veränderlichen Stärke H

30 von der größten im Bereich der Zuführung des mechanischen Gemisches bis auf die kleinste in der Zone der Entfernung der getrennten Teilchen des Gemisches, einen im Zwischenpolraum befindlichen Behälter 2 aus unmagnetischem

35

Werkstoff mit einer ferromagnetischen Flüssigkeit 3, eine Vorrichtung 4 zum Zuführen des mechanischen Gemisches der Buntmetalle, die über dem Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit angeordnet ist, und eine Vorrichtung zum Entfernen der getrennten Teilchen des mechanischen Gemisches, Die Magnetanlage 1 besteht aus zwei Erregerwicklungen 6, von denen jede auf einem Joch 7 montiert ist, das vermittels Kragstützen 8 an einem auf einem Fundament aufgesetzten Unterrahmen 9 befestigt ist. Die Pole N-S der Magnetanlage 1 sind ebenfalls an dem Joch 7 befestigt.

Die Vorrichtung 4 zum Zuführen des mechanischen Gemisches aus Buntmetallen enthält einen an den Polen N-S vermittels eines Auslegers 11 starr befestigten Bunker 10 und eine kinematisch mit dem Behälter 2 verbundene Schüttelrinne 12. Der Bunker 10 ist über der Schüttelrinne 12 angeordnet. Zum besseren Verständnis der Erfindung sind schwere Teilchen des mechanischen Gemisches mit dunklen und leichte Teilchen mit hellen Kreisen bezeichnet. Die Vorrichtung 5 zum Entfernen der getrennten Teilchen des mechanischen Gemisches stellt ein an den Seitenwandungen des Behälters 2 im Bereich der größten Entfernung von der Zuführungsstelle des mechanischen Gemisches befestigtes flaches Element 13 dar, dessen Stirnende aus der Stirnseite des Behälters 2 unter Bildung eines Kanals 14 zum Abführen der schweren Teilchen und eines Kanals 15 zum Entfernen der leichten Teilchen herausragt. Im Zwischenpolraum zwischen den Polen N-S sind Elemente aus einem ferromagnetischen Werkstoff untergebracht, durch welche lokale Magnetfelder innerhalb der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit formiert werden, wobei der Vektor der magnetischen Kraft jedes der lokalen Magnetfelder in einem Winkel zum Vektor der Bewegungsgeschwindigkeit V eines Teilchens des mechanischen Gemisches gerichtet ist. Zum Einwirken auf die Gemischteilchen einer größeren Dichte stellt jedes der Elemente einen Stab 16 (Fig. 2) dar, welche Stäbe in gleichen Abständen zueinander angeordnet sind. Alle Stäbe 16 sind durch unmagnetische Überbrückungen 17, die am Behälter 2 (Fig. 3) befestigt sind, unter

Bildung einer zur Richtung des Vektors der Bewegungsgeschwindigkeit V der schweren Teilchen parallelen Ebene miteinander verbunden. Eine Stirnseite der erwähnten Ebene, die zur Achse des Stabes 16 senkrecht ist, befindet sich im Bereich der Zuführung des mechanischen Gemisches unterhalb des Spiegels der ferromagnetischen Flüssigkeit, während die andere, zur Achse des Stabes 16 senkrechte Stirnseite in der Zone der maximalen Stärke des Magnetfeldes liegt.

10 Zum Einwirken auf die am Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit befindlichen Teilchen des mechanischen Gemisches stellt jedes der Elemente einen Teil des längs der Symmetrieachse geschnittenen Kegels 18 (Fig. 4) mit einer sphärischen Grundfläche dar, der mit seiner Ebene
15 am Pol N bzw. S befestigt ist. Jeder der Kegel 18 ist längs der Erzeugenden des Profils des Pols N bzw. S angeordnet, von dem benachbarten Kegel in gleichem Abstand angebracht und in bezug auf die Elemente des anderen Pols versetzt. Die Spitze des erwähnten Kegels zeigt in Richtung des Vektors der Bewegungsgeschwindigkeit V der Teilchen des Separationsgutes über den Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit.

Der erfindungsgemäße Separator wird wie folgt betrieben.

25 Bei Stromzuführung in die Erregerwicklungen 6 (Fig.1) entsteht im Zwischenpolraum ein inhomogenes Magnetfeld, das auf die ferromagnetische Flüssigkeit einwirkt und durch Vorhandensein eines Gradienten der magnetischen Feldstärke $\text{grad}H$, dessen Vektor zum Bereich des kleinsten
30 Abstandes zwischen den Polen N-S längs der Y-Achse gerichtet ist, sowie durch Vorhandensein eines $\text{grad}H$ gekennzeichnet ist, dessen Vektor zum Bereich der Zuführung des mechanischen Gemisches längs der X-Achse zugekehrt ist. Dabei erhält die ferromagnetische Flüssigkeit eine scheinbare Dichte ρ_a , deren Größe sich aus
35 folgender Beziehung ergibt:

$$\rho_a = \rho_f + \frac{\mu_0 \cdot k}{g} \cdot H \cdot \text{grad}H, \text{ worin}$$

ρ_f physikalische Dichte der ferromagnetischen Flüssigkeit; k die räumliche magnetische Suszeptibilität der ferromagnetischen Flüssigkeit;

5 μ_0 magnetische Konstante; H die magnetische Feldstärke in der Verweilzone eines Teilchens des mechanischen Gemisches; $\text{grad}H$ den Gradienten der magnetischen Feldstärke in der Verweilzone des Teilchens des mechanischen Gemisches und g die Fallbeschleunigung bedeuten.

Das mechanische Gemisch der Ausgangsstoffe wird
 10 über den Bunker 10 (Fig. 1) der Schüttelrinne 12 zugeführt, von welcher es auf den Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit herunterfällt. Die Teilchen des mechanischen Gemisches werden in der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit 3 der Einwirkung der Senkrechtkomponente F_{ly} (Fig. 3) und der Horizontalkomponente F_{lx} der
 15 hydrostatischen Druckkraft F_l ausgesetzt, wodurch sich die Teilchen bewegen. Dann steigen die Teilchen des mechanischen Gemisches, deren Dichte kleiner als die scheinbare Dichte ρ_a der ferromagnetischen Flüssigkeit ist, an die Oberfläche dieser Flüssigkeit, während die Teilchen
 20 des mechanischen Gemisches mit einer größeren Dichte als die scheinbare Dichte der ferromagnetischen Flüssigkeit ρ_a unter Einwirkung der Schwerkraft F_g in die Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit 3 versinken. Zwischen
 25 den Stäben 16 und über diesen erregen sich lokale Magnetfelder mit einer Stärke H und einem Gradienten $\text{grad}H$ der magnetischen Feldstärke, der höher ist als in der Trennungszone des mechanischen Gemisches. Unter der Wirkung dieser lokalen Magnetfelder entstehen innerhalb der ferromagnetischen Flüssigkeit Zonen mit ihrer erhöhten scheinbaren Dichte ρ_a . Die in die Schicht versinkenden Teilchen des mechanischen Gemisches treffen auf ihrem Wege die Zonen mit der erhöhten scheinbaren Dichte der ferromagnetischen Flüssigkeit. Unter Einwirkung der stärkeren
 30 hydrostatischen Druckkräfte F_l in den erwähnten Zonen verändern die Teilchen ihre Bewegungsbahn und verschieben sich in Richtung des Kanals 14 unter Abstützung auf diese Zonen. Falls die Teilchen des mechanischen Gemisches mit

der größeren Dichte als die scheinbare Dichte ρ_a der ferromagnetischen Flüssigkeit 3 in der Trennungszone die Teilchen mit der kleineren Dichte als die scheinbare Dichte ρ_a der ferromagnetischen Flüssigkeit mitreißen, werden diese letztgenannten unter der Wirkung der erhöhten hydrostatischen Druckkräfte F_1 abgesondert und steigen an die Oberfläche der ferromagnetischen Flüssigkeit 3.

Die aufgeschwommenen Teilchen des mechanischen Gemisches bewegen sich unter Einwirkung der Horizontalkomponente F_{1x} der hydrostatischen Druckkraft F_1 längs der Erzeugenden des Profils der Pole N-S in Richtung des Kanals 15. Um jeden Kegel 18 (Fig. 4) herum erregt sich ein lokales Magnetfeld, unter dessen Einfluß die Form des Spiegels der ferromagnetischen Flüssigkeit 3 in Richtung der Z-Achse verändert wird, indem dieser Spiegel über der Gesamtstandhöhe der ferromagnetischen Flüssigkeit 3 in der Trennungszone hochgehoben wird. Bei ihrer Bewegung längs der Erzeugenden des Profils der Pole N-S werden die Teilchen der Wirkung der seitlichen Kräfte F_{gz} zusätzlich ausgesetzt, die infolge des Hebens des Höhenstandes der ferromagnetischen Flüssigkeit entstehen und die Bewegungsbahn der Teilchen verändern, wodurch die Flockenbildung an den Seitenwandungen des Behälters 2 vermieden wird.

Die Vorrichtung 5 (Fig. 1) zum Entfernen der getrennten Teilchen des mechanischen Gemisches entladet die voneinander getrennten schweren und leichten Teilchen in jeweilige Sammelgefäße für Trennungserzeugnisse (in den Zeichnungen nicht gezeigt).

Der obenbeschriebene Separator ist zweckmäßigerweise bei der Trennung eines mechanischen Gemisches der unmagnetischen Buntmetalle zu verwenden, deren Dichte $5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ übersteigt.

Zur Trennung des mechanischen Gemisches der unmagnetischen Materialien, beispielsweise des zerkleinerten Flugzeug- und Kraftfahrzeugbruchs, der Aluminiumlegierungen mit einer Größe bis 120 mm und Dichte $1,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ und darüber ist zweckmäßigerweise der erfindungsgemäße ferrohydrostatische Separator anzuwenden, der in Fig. 5

dargestellt ist.

Der Separator umfaßt eine Magnetanlage 19 (Fig. 5) mit zwei Polen N-S veränderlichen Querschnitts, deren Profil ein Magnetfeld formiert mit der über die Höhe des Zwischenpolraums veränderlichen Stärke von der größten im Unterteil der Pole bis auf die kleinste im Oberteil derselben und mit der längs der Erzeugenden des Profils der Pole veränderlichen magnetischen Feldstärke von der größten in der Zuführungszone des mechanischen Gemisches der unmagnetischen Materialien bis auf die kleinste im Bereich deren Entfernung, einen im Zwischenpolraum befindlichen Behälter 20 aus unmagnetischem Werkstoff mit der ferromagnetischen Flüssigkeit 3, eine Vorrichtung 21 zum Zuführen des mechanischen Gemisches der Buntmetalle, die über dem Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit 3 angeordnet ist, und eine Vorrichtung 22 zum Entfernen der getrennten Teilchen des mechanischen Gemisches. Die Magnetanlage 19 beschließt zwei Erregerwicklungen 23 ein, von denen jede an einem Joch 24 angebracht ist, das vermittels Kragstützen 25 auf einem Rahmen (aus der Fig. nicht ersichtlich) befestigt ist. Die Pole N-S dieser Magnetanlage 19 sind ebenfalls am Joch 24 befestigt. Die Vorrichtung 21 zum Zuführen des mechanischen Gemisches der Buntmetalle enthält einen vermittels eines Auslegers 27 an den Polen N-S starr befestigten Bunker 26 und eine Schüttelrinne 28. Der Bunker 26 ist dabei über der Schüttelrinne 28 montiert.

Bei der Trennung der mechanischen Gemische einer niedrigen Dichte muß die Größe der magnetischen Feldstärke H und des Gradienten $\text{grad}H$ derselben herabgesetzt werden. Dabei wird die ferromagnetische Flüssigkeit dem Druck der hydrostatischen Säule des Wassers oder einer anderen, mit der ferromagnetischen Flüssigkeit nicht vermischbaren Flüssigkeit ausgesetzt, um eine für die qualitätsgerechte Trennung der Gemische notwendigen Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit mit der Höhe h aufrechtzuerhalten. Die Höhe h_w der hydrostatischen Säule der Flüssigkeit kann aus der Gleichung (8) errechnet werden.

Die Vorrichtung 22 zum Entfernen der getrennten Teilchen des mechanischen Gemisches stellt einen V-förmigen hohlen Kasten 29 dar, der mit dem Behälter 20 in Verbindung steht und an ihm starr befestigt ist. Der hohle Kasten 29 ist mit Wasser 30 ausgefüllt, an dessen dem Behälter 20 zugekehrter Oberfläche eine Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit schwimmt. Der Hohlraum des Kastens 29 ist durch eine Trennwand 31 in zwei Kanäle 32 und 33 eingeteilt. Im Kanal 32 ist ein beliebiges bekanntes beförderndes Mittel (in der Zeichnung nicht gezeigt) untergebracht, durch welches die schweren Teilchen des mechanischen Gemisches abgeführt werden. Im Kanal 33 ist ein beliebiges bekanntes beförderndes Mittel (aus der Zeichnung nicht ersichtlich) zum Entrernen der leichteren Teilchen des mechanischen Gemisches untergebracht. Im Zwischenpolraum zwischen den Polen N-S sind Elemente aus einem ferromagnetischen Werkstoff angebracht, denen jedes einen Stab 34 darstellt. Alle Stäbe 34 sind miteinander durch unmagnetische Überbrückungen 35 unter Bildung einer zum Vektor der Bewegungsgeschwindigkeit der schweren Teilchen parallelen Ebene verbunden. Zum Einwirken auf die Teilchen des Gemisches, die an dem Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit befindlich sind, stellt jedes der Elemente einen Teil des längs der Symmetrieachse zerschnittenen Kegels 36 mit einer sphärischen Grundfläche dar, der mit seiner Ebene am Pol N bzw. S befestigt ist. Jedes der Elemente 36 ist ähnlich den Elementen 18 (Fig. 4) angeordnet. Der geschilderte Separator funktioniert ähnlich dem früher beschriebenen und in den Fig. 1 - 4 abgebildeten Separator.

Gewerbliche Verwertbarkeit

Der erfindungsgemäße ferrohydrostatische Separator ermöglicht bei dem Separieren des zerkleinerten Kabelbruchs und der Abfälle in der Bleiumhüllung (ein Gemisch von Metallen: Kupfer-Blei, Aluminium-Blei) eine Aussonderung des durch Aluminium oder Kupfer vertretenen Leichtgutes, das durch das schwere Gut nicht über 1% verunreinigt ist, sowie des durch Blei vertretenen Schwergutes,

dessen Verunreinigung durch das Leichtprodukt 2% nicht übertrifft.

- 5 Bei dem Separieren des Bruchs der radioelektronischen Haushaltsapparatur, enthaltend ein Metallgemisch aus Aluminium, Kupfer, Zinn-Blei-Lot, ermöglicht der ferrohydrostatische Separator die Aussonderung des durch Kupfer und Zinn-Blei-Lot nicht über 1% verschmutzten Aluminiums und des Kupfer-Zinn-Blei-Produktes, dessen Verunreinigung durch das Aluminium 2% nicht übersteigt. Die
- 10 erzielten Ergebnisse bei der Trennung der mechanischen Buntmetallgemische weisen auf die Möglichkeit hin, aus den gewonnenen Produkten hochwertige Legierungen auszuschmelzen.

PATENTANSPRÜCHE

1. Ferrohydrostatischer Separator, enthaltend eine Magnetanlage (1,19) mit zumindest zwei Polen (N-S), deren Profil ein Magnetfeld formiert mit einer über die Höhe des Zwischenpolraums von der größten im Unterteil der Pole bis auf die kleinste im Oberteil veränderlichen Stärke (H), einen im Zwischenpolraum befindlichen Behälter (2,20) aus unmagnetischem Werkstoff mit der ferromagnetischen Flüssigkeit (3), eine Vorrichtung (4, 21) zum Zuführen des mechanischen Gemisches der unmagnetischen Materialien, die über dem Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit (3) angeordnet und an den Polen (N-S) befestigt ist, sowie eine Vorrichtung (5, 22) zum Entfernen der getrennten Teilchen des mechanischen Gemisches, die mit dem Behälter (2, 20) gekoppelt ist, dadurch gekennzeichnet, daß im Zwischenraum zwischen den Polen (N-S) Elemente aus einem ferromagnetischen Werkstoff angeordnet sind, die lokale Magnetfelder innerhalb der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit (3) formieren, wobei der Vektor der magnetischen Kraft (F_{1x}, F_{1y}) jedes der lokalen Magnetfelder unter einem Winkel zum Vektor der Bewegungsgeschwindigkeit (V) des Teilchens des mechanischen Gemisches gerichtet ist.

2. Ferrohydrostatischer Separator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Elemente einen in bezug auf die anderen im gleichen Abstand angeordneten Stab (16, 34) darstellt, während alle Stäbe (16, 34) durch unmagnetischen Überbrückungen (17, 35) miteinander verbunden sind, welche am Behälter (2,20) befestigt sind, indem eine zur Richtung des Vektors der Bewegungsgeschwindigkeit (V) der Teilchen des mechanischen Gemisches innerhalb der Schicht der ferromagnetischen Flüssigkeit parallele Ebene gebildet wird, deren eine zur Achse des Stabes (16, 34) senkrechte Stirnseite sich im Bereich der Zuführung des mechanischen Gemisches unter dem Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit (3) befindet, während die andere, zur Achse des Stabes (16, 34) senkrechte Stirnseite in der Schicht der ferromagnetischen

Flüssigkeit im Bereich der maximalen magnetischen Feldstärke (H) liegt.

3. Ferrohydrostatischer Separator nach Anspruch 1, 2, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der
5 Elemente einen Teil des an dessen Symmetrieachse entlang zerschnittenen Kegels (18, 36) mit sphärischer Grundfläche darstellt, der mit seiner Ebene an einem der Pole (N, S) befestigt, längs der Erzeugenden des Profils eines der Pole (N, S) in gleichem Abstand zu einem anderen Element
10 angeordnet und gegen das Element des anderen Pols versetzt ist, während die Spitze des Kegels (18, 36) in Richtung des Vektors der Bewegungsgeschwindigkeit (V) der Teilchen des mechanischen Gemisches über den Spiegel der ferromagnetischen Flüssigkeit (3) zeigt.

4. Ferrohydrostatischer Separator nach Anspruch 1
15 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der Pole (N, S) einen entlang seiner Längsachse veränderlichen Querschnitt aufweist, der sich von dem kleinsten im Bereich der Zuführung des mechanischen Gemisches bis auf
20 den größten im Bereich des Entfernnens der getrennten Teilchen des mechanischen Gemisches ändert.

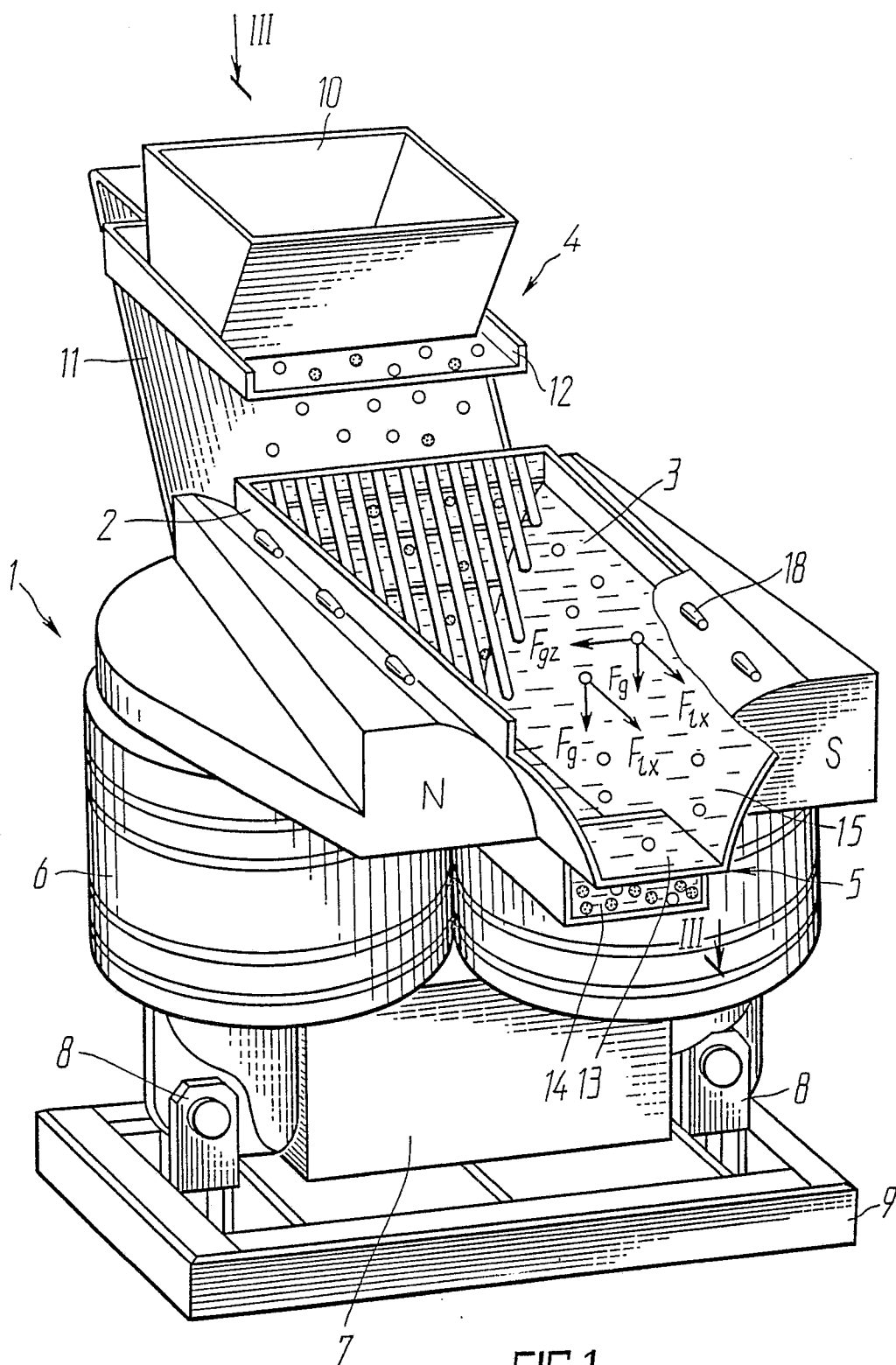


FIG. 1

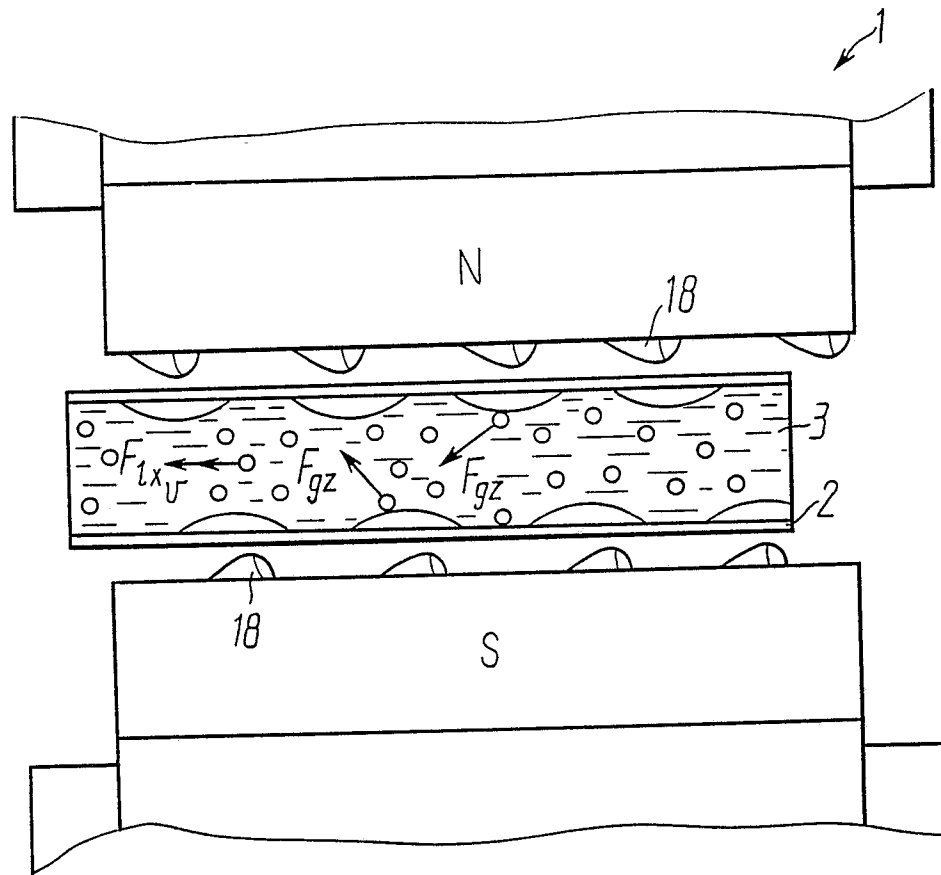


FIG. 4

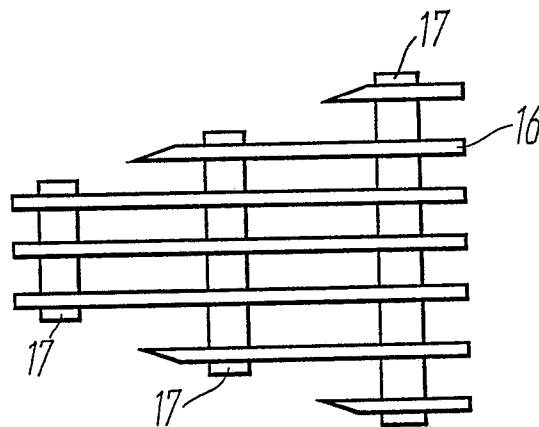
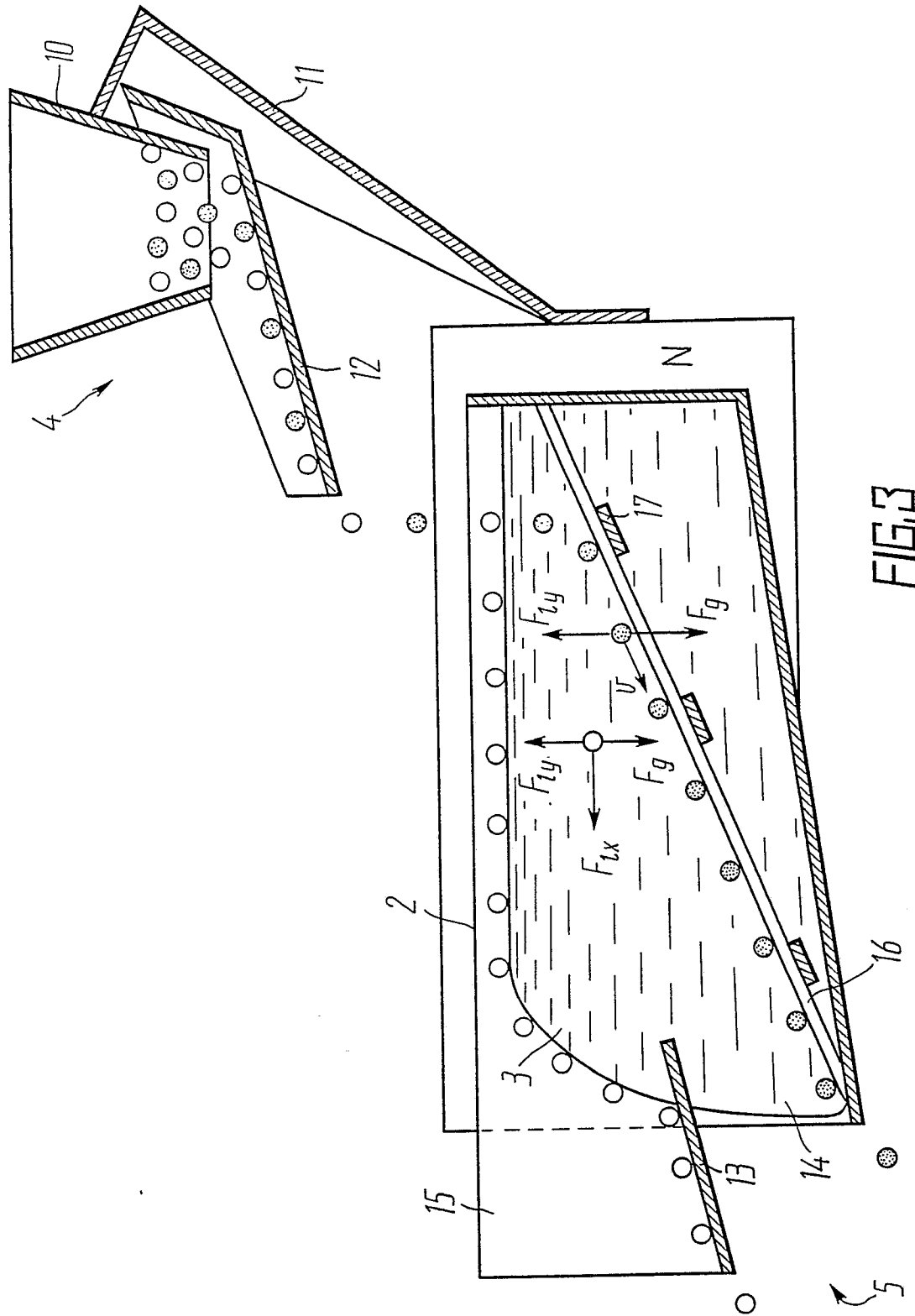
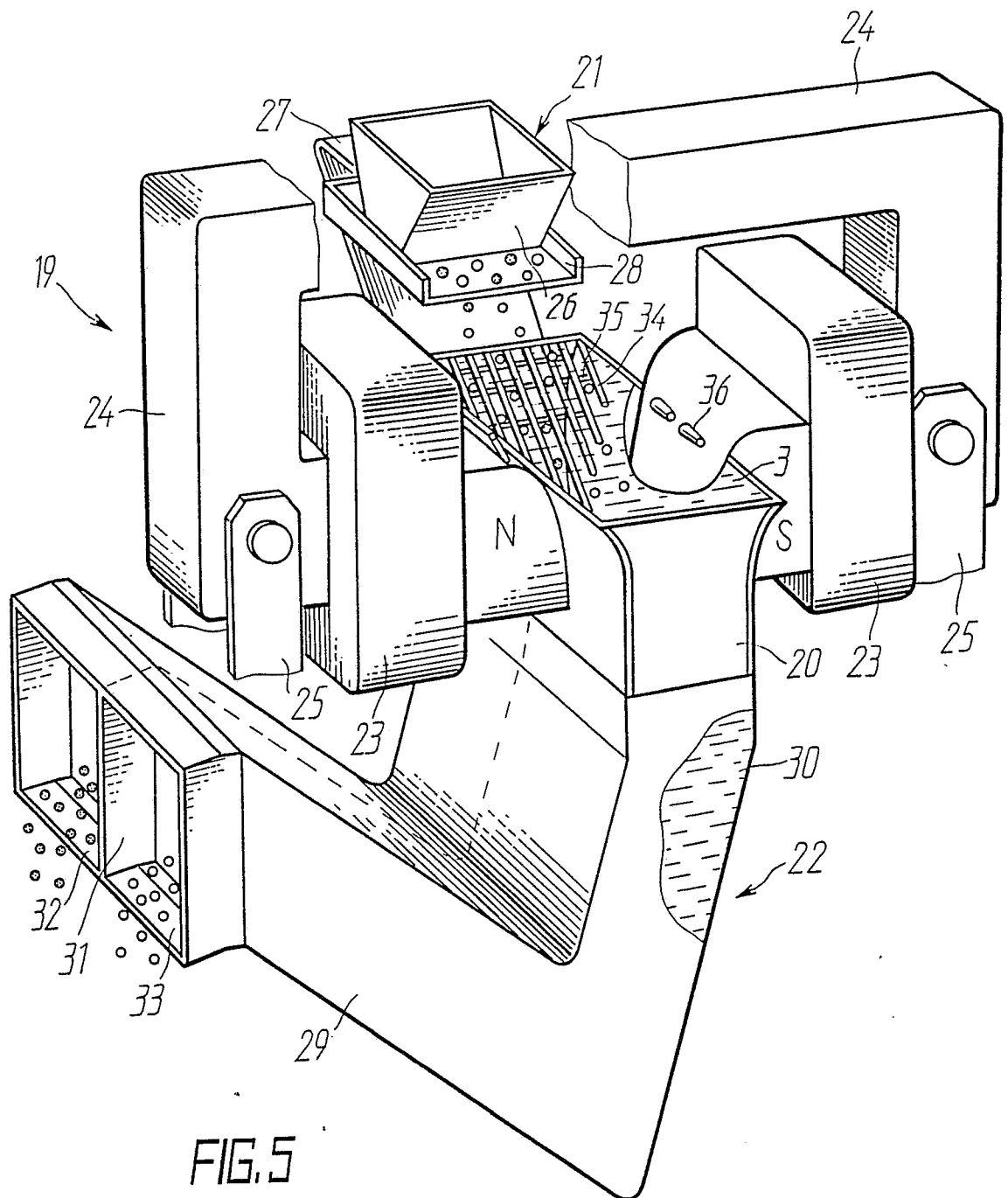


FIG. 2





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/SU 88/00038

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
IPC ⁴ : B 03 C 1/30		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System ¹	Classification Symbols	
IPC ⁴ : B 03 C 1/00, 1/26, 1/30		
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category ¹⁰	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	SU, A1, 1041154, (Gosudarstvenny proektno-konstruktorsky institut "Gipromashugleobogashenie"), 15 September 1983, see the claims, the drawings	1
A	SU, A1, 1136840, (Gosudarstvenny proektno-konstruktorsky institut "Gipromashugleobogashenie"), 30 January 1985, see the claims, figure 1	1
A	SU, A1, 1184565, (Tsentralny nauchno-issledovatel'skiy institut olovyannoi promyshlennosti), 15 October 1985, see the claims	1
⁹ Special categories of cited documents: ¹⁰ "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search		Date of Mailing of this International Search Report
15 September 1988 (15.09.88)		5 November 1988 (05.11.88)
International Searching Authority		Signature of Authorized Officer
ISA/SU		