



⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :
15.09.93 Patentblatt 93/37

⑤① Int. Cl.⁵ : **B02C 18/40**

②① Anmeldenummer : **90114143.2**

②② Anmeldetag : **24.07.90**

⑤④ **Zerkleinerungsmaschine.**

③⑩ Priorität : **02.08.89 DE 3925581**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
06.02.91 Patentblatt 91/06

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
15.09.93 Patentblatt 93/37

⑥④ Benannte Vertragsstaaten :
AT CH DE FR LI NL

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
AT-B- 364 743
DE-A- 1 511 164
DE-A- 3 215 380

⑦③ Patentinhaber : **Paal's Packpressen-Fabrik
GmbH & Co. KG**
Raiffeisenstrasse 15-17
D-49124 Georgsmarienhütte (DE)

⑦② Erfinder : **Westerfeld, Manfred**
Mörikeweg 1
D-4500 Osnabrück (DE)

⑦④ Vertreter : **Busse & Busse Patentanwälte**
Postfach 12 26, Grosshandelsring 6
D-49002 Osnabrück (DE)

EP 0 411 438 B1

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Zerkleinerungsmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wie sie beispielsweise aus AT-A- 364 743 bekannt ist.

Zerkleinerungsmaschinen mit Schneidwerk, die als "Langsamläufer" in der Fachwelt bezeichnet werden, finden insbesondere dort Anwendung, wo spezifizierte Anforderungen an den Zerkleinerungsgrad, die Qualität des Zerkleinerungsergebnisses und auch an den Schutz der Umgebung vor Lärm und Staubimmission bestehen. Die "Langsamläufer" stellen damit eine Alternative zu den nach dem Hammermühlenprinzip arbeitenden Schnellläufern dar, die überaus robust und leistungsfähig sind, als Zerkleinerungsprodukt aber teils staubartig zermahlendes Material, teils aber auch grobe Fetzen von Papier und dergl. flächigen Abfallprodukten auswerfen. Darüber hinaus sind Schnellläufer als Quelle von Lärm und von ausgeblasenem Staub bisweilen nicht einsetzbar.

Aber auch Langsamläufer haben besondere Probleme insofern, als die Schneidwerke, insbesondere unter diesen die Feinstufe, das zugeführte Material nicht mengenmäßig durchsetzen oder nicht annehmen können, so daß sich die Zerkleinerungsmaschine festfährt und überaus mühsam wieder in Gang gesetzt werden muß. Weiterhin verlangt die Störungsempfindlichkeit herkömmlicher Maschinen, daß der Füllstand oberhalb der zweiten Stufe oder ggf. einer dritten Stufe möglichst niedrig gehalten wird, was eine aufmerksame Beschickung voraussetzt. Schließlich ist auch das zerkleinerte Ausgangsprodukt insofern inhomogen, als es auch bei hohem Zerkleinerungsgrad immer noch von den Schneidwerken verdichtete Preßlinge neben flockigem Material enthält. Derartige Inhomogenitäten vermindern die Eignung des Ausgangsmaterials zu einem nachfolgenden Verpressen, da die bröckelartigen Strukturen kaum noch expandieren und damit die Bindedrähte nicht straffhalten.

Aufgabe der Erfindung ist es dementsprechend, die vorgenannten Nachteile zu vermeiden und eine Zerkleinerungsmaschine zu schaffen, die weniger störungsanfällig, leistungsfähiger und leichter zu bedienen ist und die dabei ein besseres, insbesondere homogeneres Ausgangsprodukt liefert.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe von einer Zerkleinerungsmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ausgehend mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung lassen sich auf überraschend einfache Weise ganz einschneidende Vorteile erzielen, die in einer sehr viel störungsunempfindlicheren Arbeitsweise der Zerkleinerungsmaschine und in einer größeren Leistungsfähigkeit bestehen, die sich nicht nur daraus ergibt, daß die Maschine wegen ihrer geringeren Störungsanfälligkeit höher ausgelastet werden kann. Tatsächlich schafft das Auflösungswerkzeug auch dann, wenn man auf die Störungsgefahr herkömmlicher Zerkleinerungsmaschinen keine Rücksicht nimmt, eine effektivere Arbeitsweise, insbesondere der Feinstufe. Dies führt auch dazu, daß die Feinstufe (im Vergleich zur Grobstufe) schnellaufend ausgebildet werden kann, ohne damit Qualitätseinbußen zu erhalten, die eine Annäherung an Schnelläufer-Betriebsweisen befürchten lassen. Insbesondere ermöglicht der vergleichsweise störungssichere Betrieb den Wegfall der Handbeschickung. Die Materialzuführung kann maschinell erfolgen, wenn man etwa gesteuerte Förderer benutzt und eine Füllstandsüberwachung oberhalb der Grobstufe installiert.

Auf der anderen Seite ist die Maschine mit zwei Zerkleinerungsstufen und einem zwischengeschalteten Auflösungswerkzeug in hohe Leistungsbereiche bringbar, in denen bisher nur Maschinen mit drei Zerkleinerungsstufen und entsprechend hohen Gestehungskosten - einsatzbar waren. Der Feinzerkleinerer kann sogar in der Leistung erheblich herabgestuft werden, was die Gesamtkosten der Maschine und die laufenden Betriebskosten, etwa den Stromverbrauch, deutlich senkt.

Schließlich führt die erfindungsgemäße Lösung insoweit zu einem verbesserten Zerkleinerungsprodukt, als es gut aufgelöst und damit homogen ist. Diese Homogenität ist aber eine wichtige Voraussetzung zum gleichmäßig dichten und festen Verpressen des Ausgangsmaterials.

Als Auflösungswerkzeug eignet sich insbesondere ein Wirbulator, dessen Arme um eine vertikale Achse im Materialstrom rotieren und dessen Volumen auf ein Vielfaches vergrößern. Zum gleichen Zweck sind aber auch Gebläse, Rührwerkzeuge sowie mahlende oder rüttelnde Einrichtungen einsetzbar.

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden nachfolgend näher beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer Zerkleinerungsmaschine im vertikalen Längsschnitt,

Fig. 2 Schnitt nach Linie II-II in Fig. 1,

Fig. 3 Draufsicht auf die Zerkleinerungsmaschine nach Fig. 1 und

Fig. 4 vertikaler Längsschnitt durch eine zweite Ausführungsform einer Zerkleinerungsmaschine.

Die in Fig. 1 insgesamt mit 1 bezeichnete Zerkleinerungsmaschine umfaßt in einem prismatisch aufwärts gerichteten Gehäuse 2 ein erstes Schneidwerk 3 als Grobstufe an einer obenliegenden Einlaufseite 4 der Maschine und ein zweites Schneidwerk 5 als Feinstufe an einer untenliegenden Auslaufseite 6 der Maschine. Die

insoweit herkömmlich ausgestattete Zerkleinerungsmaschine 1 ist für einen Materialfluß von oben nach unten ausgebildet, wobei Abfallmaterialien wie etwa ein Aktenordner 7 von oben eingeworfen werden, um unterseitig in Form feiner Flocken 8 auszutreten, die so gleichförmig und so gelockert sein sollen, daß sie sich gut pressen lassen und daß sie auch den Ansprüchen an eine datenschutzgerechte Aktenvernichtung entsprechen können.

Die Grobstufe 1 und die Feinstufe 5 weisen einen grundsätzlich ähnlichen Aufbau insoweit auf, daß beide ein Paar von Schneidscheibensätzen umfassen, die kämmend ineinandergreifen. Wie aus der Draufsicht nach Fig. 2 ersichtlich ist, besteht das erste Schneidwerk 3 (Grobstufe) aus zwei Schneidscheibensätzen zu vier Schneidscheiben 9 bzw. 10, die kämmend ineinandergreifen. Hierzu sind so auf Wellen 11 bzw. 12 gelagert, distanziert und auf Lücke gesetzt, daß die beiden Umfangskanten einer jeden Schneidscheibe mit den benachbarten Umfangskanten von Schneidscheiben des gegenüberliegenden Schneidscheibensatzes in Schereingriff gelangen. Vorzugsweise sind die Schneidscheiben 9 bzw. 10 innerhalb eines Satzes voneinander durch Distanzbuchsen getrennt, deren axiale Länge annähernd der Stärke der Schneidscheiben des gegenüberliegenden Satzes entspricht. Zweckmäßig sind die Schneidscheiben 9,10 beider Sätze und innerhalb eines Satzes einheitlich in Stärke, Durchmesser und Umfangskontur, was die Herstellung, Lagerhaltung und Reparatur vereinfacht.

Aus Fig. 3 ist noch ersichtlich, daß das Schneidwerk 3 einen eigenen Antriebsmotor 13 umfaßt, der über ein (nicht näher dargestelltes) Getriebe auf der Motorseite die beiden Schneidscheiben gegensinnig mit einer gegenüber der Motordrehzahl auf 30 bis 80 U/Min reduzierten Drehzahl antreibt. Die Drehrichtung ist so vorgegeben, daß die Schneidscheiben an der Oberseite aufeinander zulaufen, um das Material in den Schneidbereich zwischen den Wellen 11,12 hineinzuziehen.

Wie aus Fig. 1 hinsichtlich der Kontur der Schneidscheiben 9,10 zu sehen ist, besitzen diese eine Sägezahn-Kontur mit in Drehrichtung vornliegenden Steilkanten. Dies bedingt einen festen Zugriff bei kompakten Materialien wie eben bei einem Aktenordner.

Es hat sich nun gezeigt, daß das die Grobstufe 3 verlassene Material besondere Eigenschaften aufweist, die bei der Weiterverarbeitung Probleme verursachen. Das in das Schneidwerk eingezogene kompakte Material wird ganz erheblichen Druck- und Schneidkräften ausgesetzt, die es nicht nur zerteilen, sondern auch kompaktieren und an den Schnittkanten verdichten und verbinden. Das Ergebnis sind Preßlinge 14 (vergl. Fig. 1), die von der Feinstufe schlecht angenommen werden und dann Staus hervorrufen und die auch dann, wenn sie durch die Feinstufe 5 hindurchgelangen, teilweise als brockiges Material im Ausgangsprodukt erscheinen, das dann wiederum eine nachfolgende Verarbeitung zu Preßballen beeinträchtigt.

Gerade hiergegen schafft die Verbindung Abhilfe durch ein zwischengeschaltetes Auflösungswerkzeug 15, hier in Form eines mit vertikaler Achse 16 umlaufenden Wirbulators. Ein solcher Wirbulator besitzt ein sternförmiges Arbeitsrad, hier mit vier Armen 17 hinter einem mittigen Verteilerkegel 18, wobei die Arme 17 außenseitig zwischen gehäusefesten Anschlägen 19 bzw. 20 verlaufen, um eine Passage bzw. einen Umlauf von Material ohne Schlageinwirkung zu verhindern (vergl. Fig. 2).

Der Wirbulator 15 zerschlägt Stränge und Preßlinge im von oben zugeführten Material und löst die Preßlinge 14 in einzelne Blätter auf, so daß der Feinstufe nur lockeres, aufgelöstes und verteiltes Material 21 zugeht. Dabei erfährt das Material eine Aufweitung auf ein mehrfaches Volumen, z.B. auf ein zehnfaches Volumen bei einer Aktenvernichtung. Diese Volumenaufweitung und dem Interesse an einer gleichförmigen Beaufschlagung der Feinstufe 5 wird durch einen Sammelraum 22 zwischen dem Auflösungswerkzeug 15 und der Feinstufe 5 Rechnung getragen.

Es versteht sich, daß ein Wirbulator von seiner Bauform und seiner Leistungsfähigkeit ein besonders geeignetes Auflösungswerkzeug ist. Andererseits sind aber Auflösungswerkzeuge anderer Art, etwa eine nach Art eines Rührwerks, einer Gebläsestufe oder einer anderen mahlenden oder rüttelnden Zwischenstufe anstelle des Wirbulators oder zusätzlich zu diesem denkbar.

Das aufgelöste und aufgelockerte Material 21 bringt die Feinstufe 5 in einer Weise zur Wirkung, die bisher nicht möglich war. Dies drückt sich nicht nur in der sehr stark verringerten Störungsanfälligkeit und in der homogenen, lockeren Qualität des Ausgangsmaterials aus, dies ermöglicht es auch, die Feinstufe neu zu konzipieren. Während nämlich Zerkleinerungsmaschinen bisheriger Art, d.h. ohne zwischengeschaltetes Auflösungswerkzeug eine Leistungsauslegung der zweiten Stufe angeraten sein ließen, die eher oberhalb der Leistung der ersten Stufe lag, kann nunmehr der Leistungsbedarf der zweiten Stufe ganz erheblich, etwa auf 1/4 reduziert werden. Dementsprechend reduziert sich auch der Gesamtleistungsverbrauch ungeachtet des Umstandes, daß der zwischengeschaltete Wirbulator seinerseits Antriebsleistung benötigt.

Ferner können die Schneidscheiben des zweiten Schneidwerks 5 (Feinstufe) mit einer höheren Drehzahl beaufschlagt werden, was die Effektivität und auch die Störsicherheit des Betriebs verbessert, ohne daß dabei die Gefahr auftritt, daß schlecht zerkleinerte Preßlinge durchlaufen und die Verarbeitungsqualität beeinträchtigen.

Das Ausgangsmaterial 8 ist vielmehr von lockerer und homogener Qualität, so daß es sich gut weiterver-

arbeiten läßt. Insbesondere läßt es sich gut zu festen und homogenen Ballen weiterverarbeiten.

In Fig. 4 ist eine abgewandelte Ausführungsform der Zerkleinerungsmaschine dargestellt und insgesamt mit 25 bezeichnet. Sie enthält gleichfalls wie die Zerkleinerungsmaschine 1 eine Grobstufe 3 in Form eines ersten Schneidwerks, eine Feinstufe 5 in Form eines zweiten Schneidwerks und ein Auflösungswerkzeug 15 in Form eines Wirbulators, so daß diese (vereinfacht gezeichneten) Stufen auch mit gleichen Bezugszeichen versehen sind. Die Zeichnung deutet auch einen modularen Aufbau (wie in Fig. 1) an, da die Grobstufe 3 mit einem zugehörigen prismatischen Gehäusebereich 26 eine Einheit bildet, genauso wie der Wirbulator 15 mit einem Gehäuseteil 27.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 4 ist der Gesamtaufbau und der Materialfluß allerdings nicht strikt von oben nach unten, vielmehr gelangt das Material über den Wirbulator 15 hinweg nach unten auf einen Bandförderer 28, der das Material schräg aufwärts fördert, bis es über einen zu einer Rutsche 29 ausgeformten Teil eines Gehäuses 30, das die Feinstufe 5 umschließt, auf letztere gelangt. Mit dem Förderer und seinem wieder aufwärts gerichtetem Materialtransport verringert sich die Bauhöhe der Zerkleinerungsmaschine, die je nach den Aufstellungs-Räumlichkeiten begrenzt sein kann und die insbesondere auch für das Befüllen oft nicht zu hoch sein darf. Der Bandförderer schafft einen zusätzlichen Sammelraum für aufgelockertes Material und vor allen Dingen ermöglicht er eine variable, verarbeitungsgerechte Materialzuführung zum Feinzerkleinerer 5. Oberhalb des Feinzerkleinerers 5 ist ein Füllstandssensor 31 in Form einer Lichtschranke angeordnet, der den Füllstand an grob zerkleinertem Material überwacht und ein Signal ausgibt, welches den Förderer steuert. Diese Regelung sorgt dafür, daß der Feinzerkleinerer nicht mit zugeführtem Material überlastet, also "zugeschüttet" wird, daß er andererseits aber auch ausgelastet ist und insbesondere durch das Gewicht anstehenden Materials eine Hilfe beim Einziehen erhält. Dies verbessert die Homogenität des Ausgangsprodukts.

Oberhalb des Förderers 28 ist eine Staub-Absaugvorrichtung 32 hinter einem Staubfilter 33 angeordnet, mit der Luft und Staub aus den Sammelräumen abgesaugt wird, die sich direkt unterhalb des Wirbulators mit dem Sammelraum 22 und oberhalb des Bandes mit einem Sammelraum 34 ergeben. Diese Absaugung schützt gegen den Austritt von Staub am Materialeinlauf, am Materialauslauf und insbesondere an den Spalten zwischen Gehäuse und Bandförderer.

Ein weiterer Füllstandssensor 35, der wie der Füllstandssensor 31 als Lichtschranke ausgebildet ist, befindet sich oberhalb des ersten Schneidwerks 3. Während frühere Zerkleinerungsmaschinen ähnlicher Art eine feinfühligke Materialeingabe per Hand voraussetzten, ist es dank des robusteren und effektiveren Betriebs der erfindungsgemäßen Zerkleinerungsmaschine möglich, die Vorstufe mit aufgeschüttetem Material zu beaufschlagen. Diese Aufschüttung kann bis zu einer Höhe von z.B. 60 cm aufkommen und diese Größenordnung gestattet es, das Material maschinell über einen Bandförderer oder irgendeinen anderen Förderer zuzuführen und eine selbsttätige Füllstandsregelung mit Hilfe des Füllstandssensors 35 zu installieren, bei der die Zufuhr von der Lichtschranke oder einem sonstigen Füllstandssensor an- und abgeschaltet wird.

Patentansprüche

1. Zerkleinerungsmaschine (1,25) für Akten (7) und dergl. Abfallmaterial, bei der das Abfallmaterial ein erstes, als sogenannter "Langsamläufer" ausgelegtes Schneidwerk (3) als Grobstufe und danach ein zweites Schneidwerk (5) als Feinstufe durchläuft, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Grobstufe (3) und der Feinstufe (5) ein Auflösungswerkzeug (15) zum Zerbröckeln von Materialsträngen und -preßlingen (14) eingeschaltet ist.
2. Zerkleinerungsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Auflösungswerkzeug (15) in einem Wirbulator mit vertikal ausgerichteter Achse (16) besteht.
3. Zerkleinerungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Auflösungswerkzeug (15) direkt unterhalb der Grobstufe (3) angeordnet ist.
4. Zerkleinerungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Auflösungswerkzeug (15) und der Feinstufe (5) ein Sammelraum (22,34) für das aufgelockerte Material ausgebildet ist.
5. Zerkleinerungsmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß in den Sammelraum (34) ein Förderer (28) eingeschaltet ist.
6. Zerkleinerungsmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Förderer (28) von einem

Füllstandssensor (31) am Eingang der Feinstufe (5) gesteuert wird.

- 5 7. Zerkleinerungsmaschine nach Anspruch 3 oder 4, gekennzeichnet durch eine auf den Sammelraum (34) wirkende Staub-Absaugvorrichtung (32).
8. Zerkleinerungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7 mit einem Einfüllschacht oberhalb der Grob-
stufe 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Einfüllschacht mit einem Füllstandssensor (35) für eine Steue-
rung der Materialzuföhrderung ausgestaltet ist.
- 10 9. Zerkleinerungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Schneid-
werk (5) der Feinstufe mit einer höheren Drehzahl als das Schneidwerk (3) der Grobstufe läuft.

Claims

- 15 1. A machine (1, 25) for comminuting document files (7) and like waste material in which the flow of material
extends downwardly from above and in which the waste material passes through a first shredding mech-
anism (3) designed as a so-called "slow runner" and which serves as the coarse stage, and subsequently
20 through a second shredding mechanism (5) which serves as the fine stage, characterised in that between
the coarse stage (3) and the fine stage (5) there is a disaggregating tool (15) for breaking up rods and
pressed shapes of material (14).
2. A comminuting machine according to Claim 1, characterised in that the disaggregating tool (15) consists
25 of a spinner having a vertically orientated axis (16).
3. A comminuting machine according to Claim 1 or 2, characterised in that the disaggregating tool (15) is
disposed directly beneath the coarse stage (3).
4. A comminuting machine according to Claim 1 to 3, characterised in that between the disaggregating tool
30 (15) and the fine stage (5) there is a space (22, 34) for collecting the opened up material.
5. A comminuting machine according to Claim 4, characterised in that a conveyor (28) is incorporated into
the collecting space (34).
- 35 6. A comminuting machine according to claim 4, characterised in that the conveyor (28) is controlled by a
filling level sensor (31) at the entrance to the fine stage (5).
7. A comminuting machine according to Claim 3 or 4, characterised by a dust-extracting device (32) which
acts on the collecting space (34).
- 40 8. A comminuting machine according to Claims 1 to 7, with a filling shaft above the coarse stage (3), char-
acterised in that the filling shaft is constructed with a filling level sensor (35) for controlling the feed of
material.
- 45 9. A comminuting machine according to one of Claims 1 to 8, characterised in that the shredding mechanism
(5) of the fine stage runs at a higher speed than the shredding mechanism (3) of the coarse stage.

Revendications

- 50 1. Appareil de broyage (1, 25) pour la destruction de dossiers ou matériaux, à rebuter ou analogue, dans
lequel le matériau traverse successivement un outil de coupe (3), dit à petite vitesse, constituant l'étage
de broyage grossier, puis un second outil de coupe (5) constituant l'étage de broyage fin, caractérisé en
ce qu'un outil de désagrégation (15), servant à faire éclater les tronçons et les morceaux comprimés de
matériau, est intercalé entre les étages de broyage grossier (3) et de broyage fin (5).
- 55 2. Appareil de broyage selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'outil de désagrégation (15) est cons-
titué d'une hélice à axe vertical.
3. Appareil de broyage selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'outil de désagrégation (15) est

monté directement en-dessous de l'étage de broyage grossier (3).

- 5 4. Appareil de broyage selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'une chambre collectrice (22, 34) du matériau évacué est disposée entre l'outil de désagrégation (15) et l'étage de broyage fin (5).
5. Appareil de broyage selon la revendication 4, caractérisé en ce que la chambre collectrice (34) contient un transporteur (28).
- 10 6. Appareil de broyage selon la revendication 4, caractérisé en ce que le transporteur (28) est commandé par un détecteur de remplissage (31) situé à l'entrée de l'étage de broyage grossier (5).
7. Appareil de broyage selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce qu'elle comporte un dispositif d'aspiration de poussière (32) agissant sur la chambre collectrice (34).
- 15 8. Appareil de broyage selon l'une des revendications 1 à 7, comportant une trémie d'alimentation au-dessus de l'étage de broyage grossier (3), caractérisé en ce que cette trémie est équipée d'un détecteur de remplissage (35) servant à commander l'amenée du matériau.
- 20 9. Appareil de broyage selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'outil de coupe (5) de l'étage de broyage fin tourne plus vite que l'outil de coupe (3) de l'étage de broyage grossier.

25

30

35

40

45

50

55

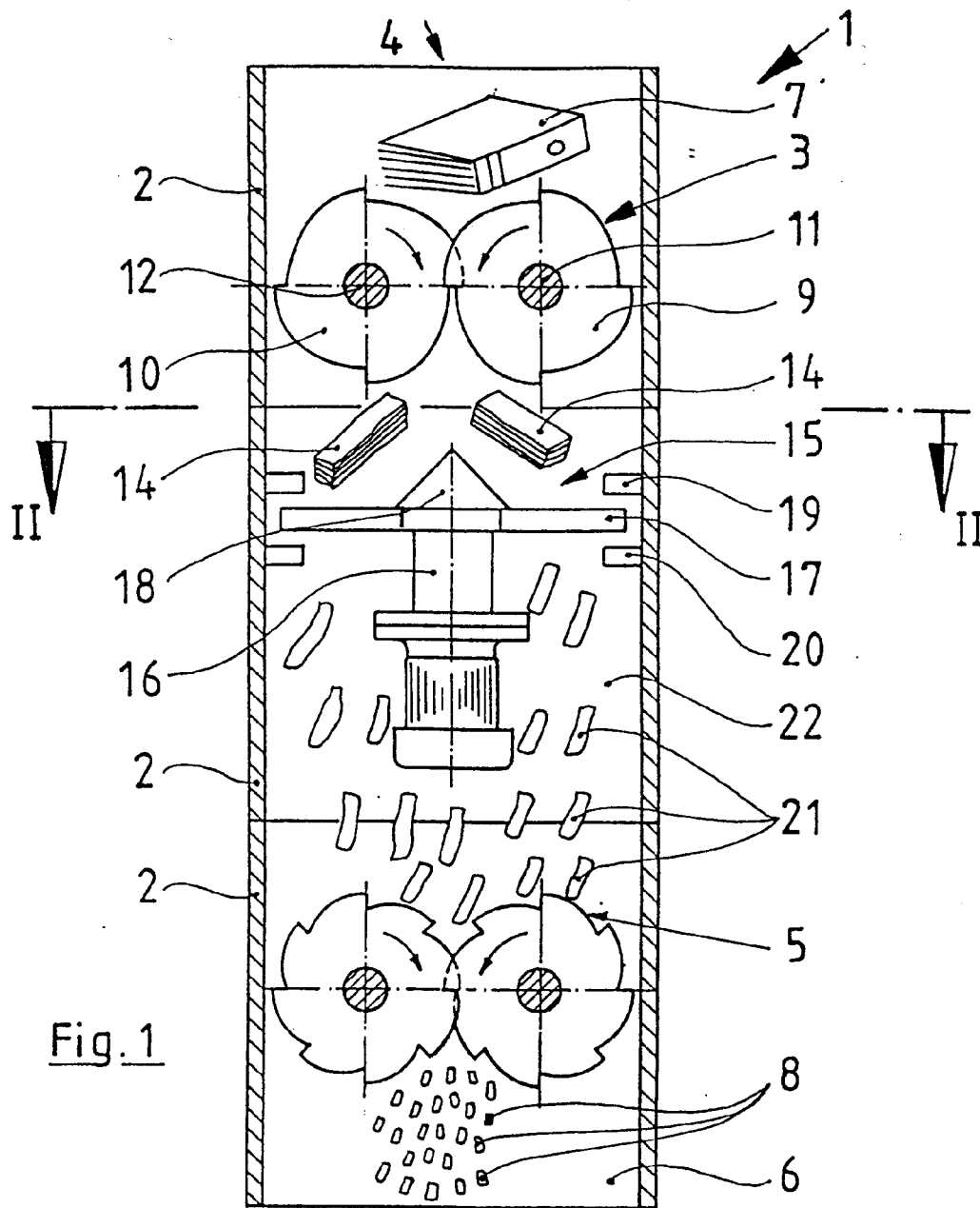


Fig. 1

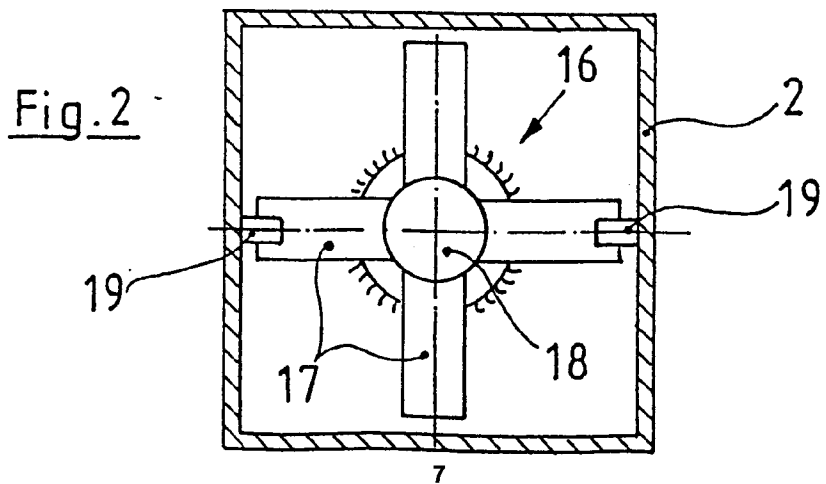


Fig. 2

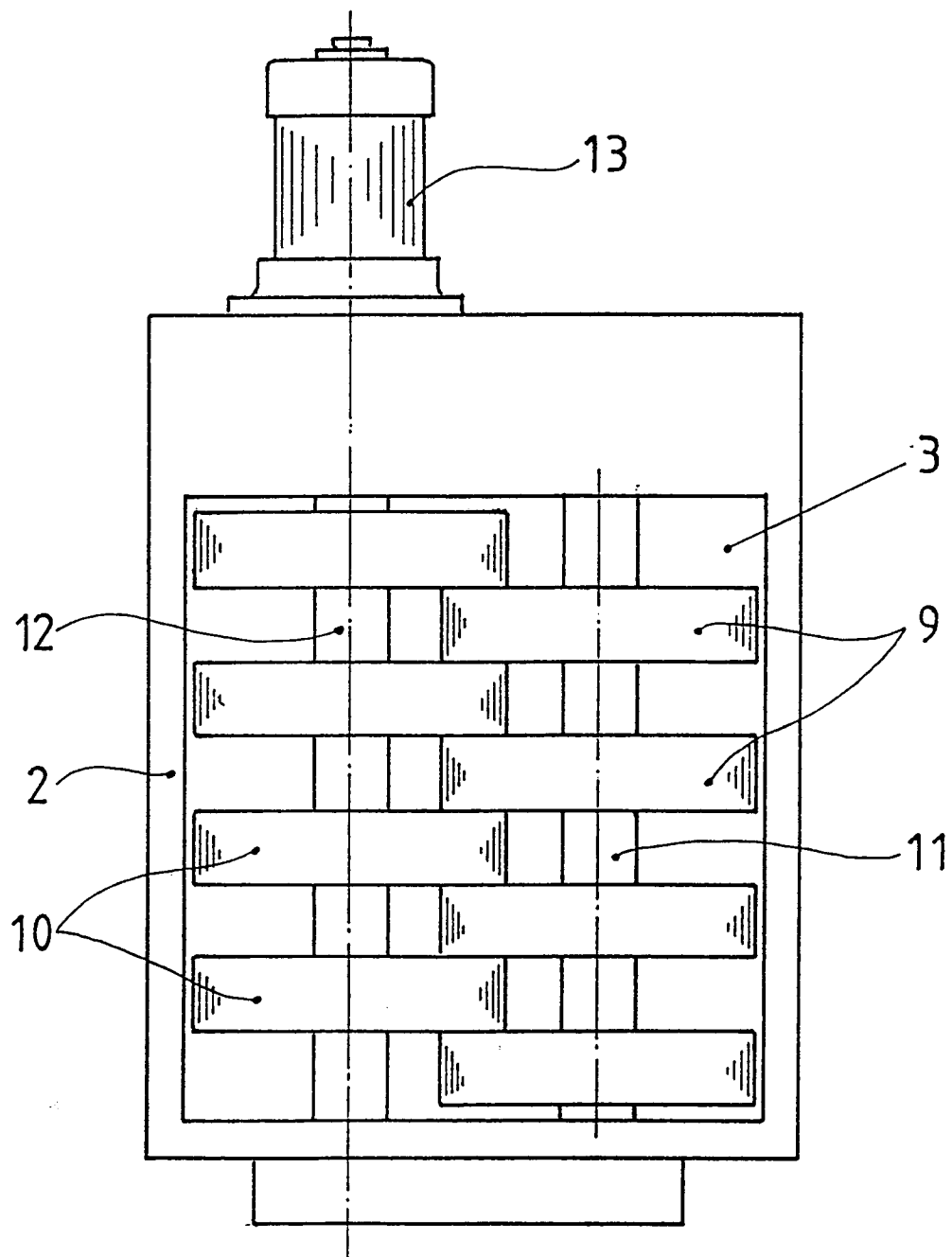


Fig. 3

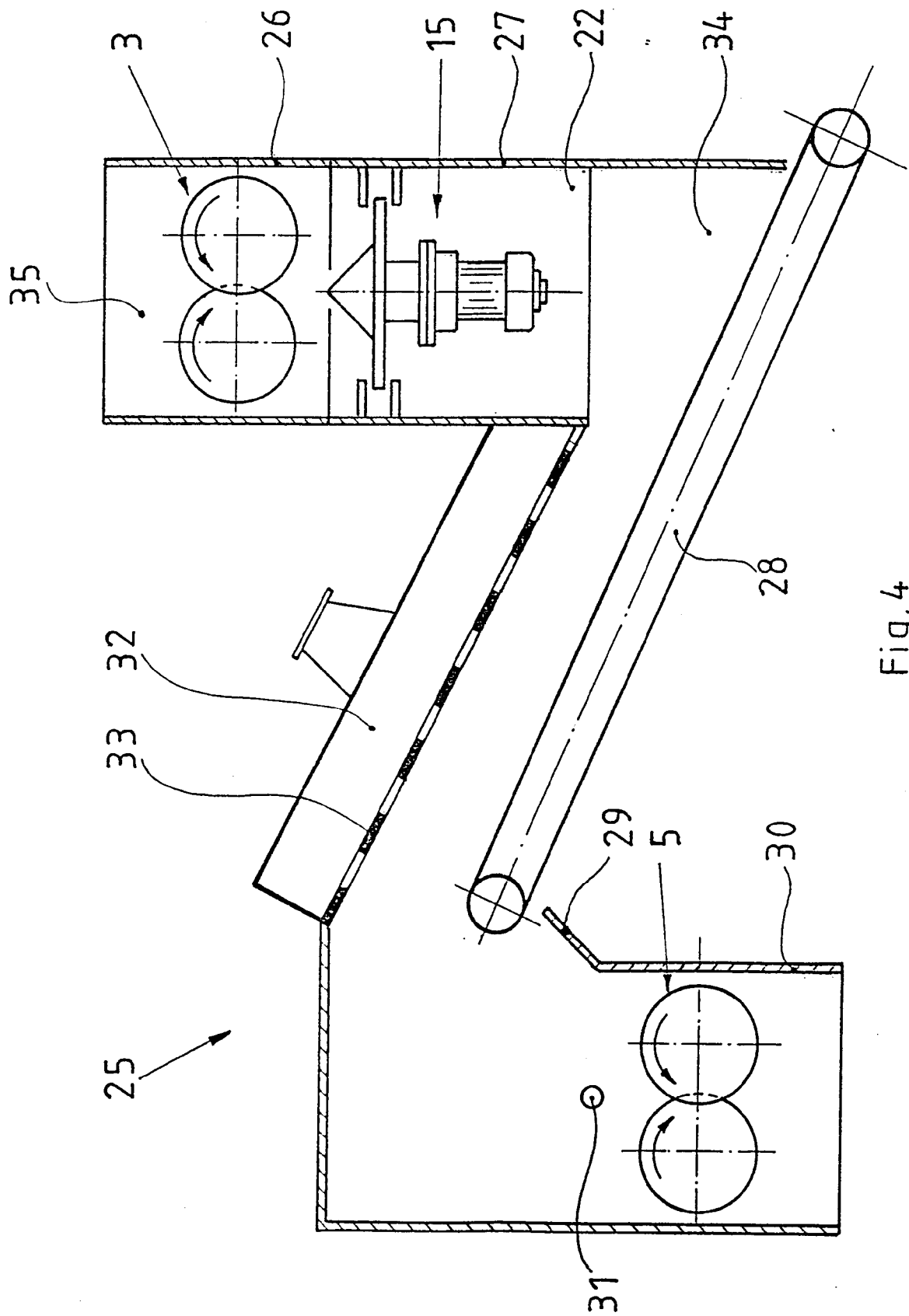


Fig. 4