(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PATENTSCHRIFT

(12) Ausschließungspatent

(11) DD 298 886 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) B 02 C 17/22

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD B 02 C / 342 195 3	(22)	28.06.90	(44)	19.03.92

(71) Akademie der Wissenschaften, Otto-Nuschke-Straße 22/23, O - 1080 Berlin, DE
(72) Haubold, Siegfried; Clemens, Paul, Dipl.-Ing.; Schnedelbach, Gunter; Wenzel, Gerhard, Dipl.-Ing.; Aderhold, Volker; Dombrowe, Helfried, Dr.-Ing. Dipl.-Ing.; Görsch, Rainer, Dipl.-Ing.; Höhne, Detlef, Dr.-Ing. Dipl.-Ing.; Keilholz, Ewald; Krumbiegel, Curt, DE
(73) Forschungsinstitut für Aufbereitung, O - 9200 Freiberg; Zementwerke Rüdersdorf, O - 1253 Rüdersdorf; Zementwerke Deuna, O - 5601 Deuna, DE
(74) Forschungsinstitut für Aufbereitung, Straße des Friedens 40, O - 9200 Freiberg, DE

(54) Innenauskleidung für Rohrkugelmühlen

(55) Klassiermahlplatten, konisch; mit Hebeleisten oder ebener Oberfläche; Rollmahlplatten; Mahlbahnabschnitte; „R_n"-Reihen
(57) Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß in der radialen Mühlenebene konische Klassiermahlplatten mit Hebeleisten im Wechsel mit konischen Klassiermahlplatten mit ebener Oberfläche so eingesetzt werden, daß in unterschiedlichen, gleichlangen Mahlbahnabschnitten A_i mit $i < 5$ entlang der Mahlbahn nach

$$R_n = a \cdot 2^{n-1} \text{ mit } a = \frac{d_M}{1{,}6} \text{ und } 5 < n < 1$$

berechnete „R_n"-Reihen konische Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2), die schraubenlinienförmig oder achsparallel im Mühlenzylinder angeordnet sind, mit

A_1: n = 5 oder 4 oder 3 oder 2
A_2: n = 4 oder 3 oder 2 oder 1
A_3: n = 3 oder 2 oder 1
A_4: n = 2 oder 1
A_5: n = 1

entlang der Mahlbahn sukzessive abnehmen und am Mahlbahnende Rollmahlplatten angeordnet sind.

ISSN 0433-6461

9 Seiten

Patentansprüche:

1. Innenauskleidung für Rohrkugelmühlen, bestehend aus konischen Klassiermahlplatten mit zur Mühlenlängsachse geneigten (1) oder achsparallelen (2) Hebeleisten, konischen Klassiermahlplatten mit ebener Oberfläche (3 oder 4), sonst gleicher Konizität und Mahlplattenlänge, über die die Konizität geführt wird und Rollmahlplatten (5 oder 6), deren Mahlfläche mit radial verlaufenden Profilen versehen ist, **gekennzeichnet dadurch,** daß in der radialen Mühlenebene, d.h. im Mahlplattenring, konische Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2) im Wechsel mit konischen Klassiermahlplatten mit ebener Oberfläche (3 oder 4) so eingesetzt werden, daß in unterschiedlichen, gleichlangen Mahlbahnabschnitten A, mit $i < 5$ entlang der Mahlbahn nach

$$R_n = a \cdot 2^{n-1} \text{ mit } a = \frac{dM}{1,6} \text{ und } 5 < n < 1$$

berechnete „R_n"-Reihen konische Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2), die schraubenlinienförmig oder achsparallel im Mühlenzylinder angeordnet sind, mit

A_1:n = 5 oder 4 oder 3 oder 2
A_2:n = 4 oder 3 oder 2 oder 1
A_3:n = 3 oder 2 oder 1
A_4:n = 2 oder 1
A_5:n = 1

entlang der Mahlbahn sukzessive abnehmen, solange sich ganze Zahlen für R_n, die eine symmetrische Verteilung im Mahlplattenring gestatten, ergeben und daß am Mahlbahnende im Abschnitt A_{L+1}, dessen Mahlbahnlänge $A_{L+1} < 3A_1$ beträgt, die Anordnung von Rollmahlplatten (5 oder 6) erfolgt.
2. Innenauskleidung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch,** daß die konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2) durch Stufenmahlplatten (7) oder nicht konische Mahlplatten mit mindestens einer Hebeleiste ersetzt werden.
3. Innenauskleidung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch,** daß die konischen Klassiermahlplatten mit ebener Oberfläche (3 oder 4) durch Rollmahlplatten (5 oder 6) oder nicht konische, glatte Mahlplatten ersetzt werden.
4. Innenauskleidung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch,** daß im Extremfall am Mahlbahnanfang im Abschnitt A_1 der durchgängige Einsatz von Stufenmahlplatten (7) im Mahlbahnabschnitt A_2 der durchgängige Einsatz von konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2) und am Mahlbahnende im Mahlbahnabschnitt A_3 der durchgängige Einsatz von Rollmahlplatten (5 oder 6) mit Mahlbahnlängen von $A_2 < 3A_1$ und $A_3 < 4A_1$ erfolgt.
5. Innenauskleidung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch,** daß im Extremfall die Rollmahlplatten (5 oder 6) im Mahlbahnabschnitt A_{i+1} am Mahlbahnende durch konische Klassiermahlplatten mit ebener Oberfläche (3 oder 4) ersetzt werden.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Innenauskleidung für Rohrkugelmühlen, die zur Zerkleinerung von mineralischen, synthetischen und Sekundärrohstoffen bzw. Zwischen- und Endprodukten geeignet ist.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Aus dem Schrifttum sind für lange Feinmahlräume von Rohrkugelmühlen Klassiermahlplatten mit unterschiedlicher Mahlflächengestaltung bekannt. Der als Phänomen bezeichnete Effekt der Mahlkörperklassierung von polydispersen Mahlkörperfüllungen, d.h. die stabile Anordnung der großen Mahlkörperdurchmesser am Mahlbahnanfang und die stetige Abnahme der Durchmesser bzw. der Massen der Mahlkörper mit der Mahlbahnlänge ohne Einbauten, ist bedeutungsvoll, da

nichtklassierende Panzerungen wie Stufen- oder Treppenmahlplatten, Wulstmahlplatten mit mindestens einer Hebeleiste und auch die Rollmahlplatten nach DD 154425 bzw. DD 281298 in kurzen und langen Mahlräumen von Rohrkugelmühlen zu einer effektivitätsmindernden Fehlklassierung der Mahlkörper führen.
Es hat mehr als 20 Jahre gedauert, ehe die Grundidee des DR-Patentes Nr. 462188 mit zumutbarem Risiko eine breitere technische Realisierung fand und bei der richtigen Auslegung der konischen Klassiermahlplatten unter den jeweiligen Randbedingungen, die bis heute ein Problem darstellt, zu einer Absenkung des spezifischen Elektroenergiebedarfes für damalige Mühlendurchmesser von $d_M < 2{,}4$ m bis zu 15% führte.
Es hat viele Versuche gegeben, durch unterschiedliche Mahlflächengestaltung die Mahlkörperklassierung sicher zu beherrschen, was bis heute, vor allem durch das Ansteigen der Mühlendurchmesser bis zu $d_M = 6$ m nicht gelungen ist. Klassiermahlplatten bekannter Ausführung sind als konische, in Mahlgutbewegungsrichtung ansteigende Stufen DRP 462188 und unterschiedlicher Neigung DE-OS 2010215, mit gewellter Mahlbahn DE-PS 976312, mit speziellen Formen der Mahlbahnfläche DE-PS 1187896, mit zur Mühlenachse gerade oder geneigt verlaufenden durchgehenden Rippen DD-PS 55893 oder mit Teilberippung DD-PS 229310, sowie auf zylindrischen Mahlbahnflächen parallel zur Mühlenachse angeordneten Hubleisten, deren Höhe in Richtung Mühlenaustrag stetig abnimmt (DD/PS 228462), ausgebildet.
Die von der konischen Mahlbahn ausgelöste Klassierwirkung wird auf den Fliehkraft-, Abprall- und Böschungseffekt zurückgeführt. Nach einheitlicher Auffassung wird der Erfolg der Mahlkörperklassierung in der Einordnungszone der bewegten Mahlkörperschüttung entschieden.
Der Fliehkrafteffekt wird durch eine starke Hubwirkung der Panzerung, d.h. eine entlang der Mahlbahn einheitlich starke Kataraktwirkung der Mahlkugeln ausgelöst. Dazu sind die konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten versehen. Stand der Technik in der DDR sind die konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten 1 nach DD 55893 mit Konuswinkeln bis zu 14° bei einer über zwei Mahlplattenringe, d.h. 500 mm Länge, geführten Konizität.
Bei der ebenfalls bekannten Eckspiralpanzerung (AT 332199), wird die für den Fliehkrafteffekt erforderliche Kataraktwirkung der Mahlkugeln durch die segmentweise Verdrehung der quadratischen Mahlbahn erreicht.
Nachteilig wirkt sich aus, daß die für den Fliehkrafteffekt erforderliche starke Kataraktwirkung der Mahlkörper sehr energie- und verschleißintensiv und nach eigenen Untersuchungen in Feinmahlräumen technologisch ungünstig ist. So konnte nachgewiesen werden, daß bei dem Einsatz der Rollpanzerung nach DD 154425 im Feinmahlraum einer Durchlauf-Zementmühle anstelle von konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1) der Leistungsbedarf des Mahlraumes um 25% abgesenkt werden kann. Allerdings war mit der Rollpanzerung infolge der fehlenden Klassierwirkung, auch bei dem Einsatz einer monodispersen Kugelfüllung, um zumindest eine Fehlklassierung zu vermeiden, das Problem der Mahlgutagglomeration nicht zu beherrschen.
Der Abprall- und der Böschungseffekt zur Mahlkörperklassierung resultiert aus der konischen Gestaltung der Mahlbahn.
Nachteilig daran ist, daß die praktizierte Gestaltung der konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten mit Konuswinkeln bis zu 14° über 2 Mahlplattenringe (1) und bis zu 20° über einen Mahlplattenring (2) sehr hohe Panzerungseinsatzmassen erforderlich macht.
Noch höher sind die Einsatzmassen bei der Eckspiralpanzerung, wo obendrein noch bis zu 8 verschiedene Mahlplattentypen erforderlich sind.
Nachteilig für alle bisher bekannten Klassiermahlplatten ist, daß bei Länge-Durchmesser-Verhältnissen von $l/d < 1{,}6$ der Mahlräume jegliche Mahlkörperklassierung versagt.
Weiterhin nachteilig ist, daß die Wirksamkeit der Mahlkörperklassierung in der praktizierten Form der Panzerungen mit steigendem Mühlendurchmesser abnimmt. Bei Mühlendurchmessern $d_M > 3{,}2$ m ist die Klassierwirkung verbesserungswürdig und ähnelt teilweise nur einer verhinderten Fehlklassierung.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, vorzugsweise in langen Mahlräumen von Rohrkugelmühlen eine stabile Mahlkörperklassierung zu erreichen, woraus eine Durchsatzsteigerung, eine Abnahme des Leistungsbedarfes, eine deutliche Absenkung des spezifischen Elektroenergiebedarfes und eine Reduzierung des Mahlkörper- und Mahlplattenverschleißes sowie der Panzerungseinsatzmasse resultieren soll.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, vorzugsweise in langen Feinmahlräumen von Rohrkugelmühlen mit Länge-Durchmesser-Verhältnissen von $l/d > 1{,}6$, in denen konische Klassiermahlplatten mit geneigten (1) oder achsparallelen Hebeleisten (2) zur Klassierung der unterschiedlichen Mahlkörperdurchmesser entlang der Mahlbahn im Einsatz sind, durch eine bestimmte Anordnung der vorhandenen konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2), konischen Klassiermahlplatten mit ebener Oberfläche (3 oder 4), sonst gleicher Konizität und Mahlplattenlänge, über die die Konizität geführt wird und Rollmahlplatten (5 oder 6), deren Mahlfläche mit radial umlaufenden Profilen versehen ist, eine Verbesserung der Klassierwirkung der Mühlenpanzerung bei gleichzeitiger Reduzierung des Leistungsbedarfes zu erreichen.
Durch eine Durchsatzsteigerung, als Folge der verbesserten Mahlkörperklassierung, und die Leistungsbedarfsabsenkung soll der spezifische Arbeitsbedarf von Rohrkugelmühlen in Durchlauf- und Umlaufmahlanlagen deutlich abgesenkt werden.
Außerdem wird eine Reduzierung des Mahlkörper- und Mahlplattenverschleißes sowie der Panzerungseinsatzmasse angestrebt.
Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in der radialen Mühlenebene, d.h. im Mahlplattenring, konische Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2) im Wechsel mit konischen Klassiermahlplatten mit ebener Oberfläche (3 oder 4) so eingesetzt werden, daß in unterschiedlichen, gleichlangen Mahlbahnabschnitten A, mit $i < 5$ entlang der Mahlbahn

nach $R_n = a \cdot 2^{n-1}$ mit $a = \frac{d_M}{1,6}$ und $5 \leq n \leq 1$

berechnete „R_n"-Reihen konische Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2), die schraubenlinienförmig oder achsparallel im Mühlenzylinder angeordnet sind, mit

A_1:n = 5 oder 4 oder 3 oder 2
A_2:n = 4 oder 3 oder 2 oder 1
A_3:n = 3 oder 2 oder 1
A_4:n = 2 oder 1
A_5:n = 1

entlang der Mahlbahn sukzessive abnehmen, solange sich ganze Zahlen für R_n, die eine symmetrische Verteilung im Mahlplattenring gestatten, ergeben und daß am Mahlbahnende im Abschnitt A_{i+1}, dessen Mahlbahnlänge $A_{i+1} < 3A_1$ beträgt, die Anordnung von Rollmahlplatten (5 oder 6) erfolgt.
Die erfindungsgemäße Kopplung von konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2) mit solchen mit ebener Oberfläche (3 oder 4), und Rollmahlplatten (5 oder 6) gewährleistet, daß die die Kataraktwirkung der Mahlkörper auslösende Hubwirkung der Panzerung entlang der Mahlbahn vom Mahlbahnabschnitt A_L zum Abschnitt A_{L+1} determiniert abnimmt. Dabei geht die Hubwirkung der Innenauskleidung nur von den konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2), die in „R_n"-Reihen im Mühlenzylinder schraubenlinienförmig oder achsparallel angeordnet sind und in den Mahlbahnabschnitten A, mit der Mahlbahnlänge sukzessiv abnehmen, aus. Zur Minimierung der Hubwirkung der Innenauskleidung am Mahlbahnende werden im Mahlbahnabschnitt A_{i+1} Rollmahlplatten (5 oder 6) eingesetzt.
Das erfindungsgemäß eingestellte Gefälle der Kataraktwirkung der Mahlkörper bzw. der potentiellen Energie der Mahlkörperschüttung vom Mahlbahnanfang zum -ende löst durch unterschiedliche Stoßimpulse der Mahlkörper in den einzelnen Mahlbahnabschnitten einen sehr starken Klassierimpuls aus. Dadurch werden die Mahlkörper mit der größten Masse bzw. mit dem größten Durchmesser zum Mahlbahnanfang, d.h. in den Mahlbahnabschnitt A_1 mit der höchsten potentiellen Energie der Mahlkörperschüttung klassiert und andererseits die Mahlkörper mit dem kleinsten Durchmesser zum Mahlbahnende in den Abschnitt A_{i+1} mit der geringsten potentiellen Energie verdrängt.
Durch den erfindungsgemäßen Einsatz der Rollmahlplatten (5 oder 6) am Mahlbahnende wird eine völlig neue Dimension im Hubgefälle der Innenauskleidung erreicht.
Der durch das Gefälle der potentiellen Energie der Mahlkörperschüttung ausgelöste Klassierimpuls ist gleichsinnig zu dem der konischen Innenauskleidung, übertrifft in der Klassierwirkung aber deutlich die Wirksamkeit der konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten in der praktizierten Form mit Konuswinkeln bis zu 14° bei einer über zwei Mahlplattenringe geführten Konizität (1) bzw. bis zu 20° für einen Mahlplattenring (2).
Die erfindungsgemäße gleichsinnige Überlagerung beider Klassiereffekte führt zu einer wesentlich verbesserten Klassierwirkung der Innenauskleidung auch bei großen Durchmessern der Rohrkugelmühlen von $d_M > 4,0$ m und eröffnet die Möglichkeit der Mahlkörperklassierung in Mahlräumen von Rohrkugelmühlen mit l/d-Verhältnissen < 1,6. Die erfindungsgemäße Verbesserung der Mahlkörperklassierung führt zu Durchsatzsteigerungen bis zu 10%.
Erfindungswesentlich ist, daß die konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2) durch Stufenmahlplatten (7) oder nicht konische Mahlplatten mit mindestens einer Hebeleiste und die konischen Klassiermahlplatten mit ebener Oberfläche (3 oder 4) durch Rollmahlplatten (5 oder 6) oder nicht konische, glatte Mahlplatten ersetzt werden können, was bedeutet, daß auf die Klassierwirkung der konischen Mahlbahn verzichtet werden kann.
Durch einen überraschenden Effekt bei der Umrüstung einer Betriebsmühle konnte quantifiziert werden, daß der aus dem Gefälle der potentiellen Energie der Mahlkörperschüttung resultierende Klassiereffekt auf der Basis der Rollpanzerung am Mahlbahnende wesentlich stärker als der durch den Fliehkraft-, Abprall- und Böschungseffekt der konischen Klassiermahlplatten ausgelöste ist. Daraus folgt, daß durch das erfindungsgemäße, determinierte Gefälle der Hubwirkung der Innenauskleidung entlang der Mahlbahn allein, ohne die konische Ausbildung der Mahlbahn eine stabile Mahlkörperklassierung erreicht werden kann, wobei die nach Anspruch 1 erfindungsgemäße, gleichsinnige Überlagerung beider Klassiereffekte, vor allem in Rohrkugelmühlen mit großem Durchmesser von $d_M > 3,2$ m, die besten Klassierergebnisse gewährleistet.
Erfindungswesentlich ist weiterhin, daß im Extremfall am Mahlbahnanfang im Abschnitt A_1 der durchgängige Einsatz von Stufenmahlplatten (7), im Mahlbahnabschnitt A_2 der durchgängige Einsatz von konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2) und am Mahlbahnende im Mahlbahnabschnitt A_3 der durchgängige Einsatz von Rollmahlplatten (5 oder 6) mit Mahlbahnlängen von $A_2 < 3A_1$ und $A_3 < 4A_1$ erfolgt.
Kennzeichnend ist außerdem, daß im Extremfall die Rollmahlplatten (5 oder 6) im Mahlbahnabschnitt A_{i+1} am Mahlbahnende durch konische Klassiermahlplatten mit ebener Oberfläche (3 oder 4) ersetzt werden.
Der Einsatz von Stufenmahlplatten (7) anstelle von konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2) bietet sich vor allem am Mahlbahnanfang im Abschnitt A_1 an, da die Stufenmahlplatten (7) infolge ihrer im radialen Mahlbahnring ansteigenden Mahlfläche, die in kompakter Form die erforderliche Hubwirkung der Innenauskleidung auslöst, in diesem Mahlbahnabschnitt mit der stärksten Kataraktwirkung der dorthin klassierten Größtkugeln am verschleißgünstigsten sind.
Im Austausch zu den konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2) für die mittleren Mahlbahnabschnitte ab A_2 bieten sich als nicht konische Mahlplatten mit Hebeleisten die als Doppelwulstmahlplatten bezeichneten Mahlplatten mit zwei achsparallelen Hebeleisten an.
Im Austausch zu den konischen Klassiermahlplatten mit ebener Oberfläche (3 oder 4) bieten die Rollmahlplatten (5 oder 6) Vorteile gegenüber glatten, nicht konischen Mahlplatten durch eine geringere Hubwirkung infolge gegebener Rollreibung.
Bei der dem Stand der Technik entsprechenden kompletten Auspanzerung von Feinmahlräumen von Rohrkugelmühlen mit 1/d > 1,6 mit konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2) werden bis zu 25% des für den Feinmahlraum erforderlichen Leistungsbedarfes für die durch die Hebeleisten ausgelöste Kataraktwirkung der Mahlkugeln benötigt. Dieser Anteil reduziert sich bei der erfindungsgemäßen Anordnung der unterschiedlichen Mahlplattenarten mit der Reduzierung der

Anzahl der konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten (1 oder 2) bzw. der Mahlplatten mit Hubwirkung in den „R_n"-Reihen bis zu 80%, so daß bis zu 25% · 0,8 = 20% des Leistungsbedarfes des Feinmahlraumes an Elektroenergie eingespart werden können. Die ständige Abnahme der schlagenden Beanspruchung der Mahlkörper mit der Mahlbahnlänge des Feinmahlraumes führt zu weiteren technologischen Vorteilen in Form von geringerer Erwärmung und Agglomerationsneigung des Mahlgutes und Reduzierung des Mahlplatten- und des Mahlkörperverschleißes bis zu 30%.
Der teilweise Ersatz der konischen Klassiermahlplatten (1 bis 4) mit ihrer großen Einsatzmasse, bedingt durch die konische Gestaltung der Mahlbahn, durch Rollmahlplatten (5 oder 6) führt zur Reduzierung der Gesamtpanzerungseinsatzmasse des Feinmahlraumes bis zu 10%, d.h. zu beträchtlichen Einsparungen an hochchromlegiertem Stahlguß.
In zwei Ausführungsbeispielen soll die erfindungsgemäße Lösung näher erläutert werden.

Ausführungsbeispiel 1
Der Feinmahlraum einer Zweikammer-Durchlaufzementmühle Ø 3,2m × 15m ist dem Stand der Technik entsprechend zur Mahlkörperklassierung einheitlich mit konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten 1 ausgepanzert.
Die lichte Mahlbahnlänge des Feinmahlraumes beträgt 10,75m und der mittlere, lichte Mahlraumdurchmesser 3,08m, so daß ein Länge-Durchmesser-Verhältnis von $l/d \sim 3{,}5$ gegeben ist.
Die Mahlplatten sind in π-Teilung, d.h. maximales Bogenmaß jeder Mahlplatte von 314mm, ausgeführt, wodurch 32 Stck. Mahlplatten im Ring (Reihen) und bei gegebener Ringanzahl von 43 Stck. insgesamt 1376 Stck. Mahlplatten angeordnet sind.
Die konischen Klassiermahlplatten 1 weisen einen Konuswinkel von 7 Grad auf, wobei die Konizität jeweils über 2 Plattenringe geht, so daß mit zwei Mahlplattenarten unterschiedlicher Stufenhöhe gearbeitet wird. Einheitlich für beide Plattenarten ist die Anordnung einer über beide Mahlplatten durchgängigen Hebeleiste, die um 8 Grad zur Mühlenlängsachse gemäß DD 55893 geneigt ist. Die Beplattung des Feinmahlraumes ist durchgängig einheitlich, da neben der Konizität der Mahlplatten zur Auslösung des Abprall- und Böschungseffektes längs der gesamten Mahlbahn eine gleichmäßig starke Kataraktwirkung der Mahlkugeln, initiiert durch die Hebeleisten, zum Erreichen des Fliehkrafteffektes erforderlich ist.
Im Feinmahlraum dieser Mühle sind hochverschleißfeste Gußmahlkugeln mit Durchmessern von d_k = 60mm, 50mm, 40mm, 35mm, 30mm, 25mm, 23mm, 20mm, 18mm, 16mm, 14mm und 12mm im Einsatz.
Die Klassierwirkung der Panzerung wurde durch Messungen der Verteilung der Mahlkugeldurchmesser längs der Mahlbahn quantifiziert.
Im Neuzustand der Mahlkugelfüllung bei eindeutiger Kugelform der Mahlkörper war eine gute Klassierwirkung zu verzeichnen, die sich mit zunehmender Betriebszeit der Mahlkugelfüllung und gegebenem Formverlust der Mahlkugeln in Form von Abplattungen deutlich verschlechtert hat.
Die beschriebene Durchlauf-Zementmühle erzeugt einen Zement der Sorte PZ 1/45 bei einem Siebrückstand bei 90µm von $R_{90\mu m} < 5\%$ bzw. spezifischen Oberflächen nach Blaine zwischen 3200 cm^2/g und 3500 cm^2/g. Je Jahresdurchschnitt liegt dabei der Durchsatz bei ca. 43t/h, der Leistungsbedarf des Mühlenhauptantriebes bei ca. 1550kW, wovon ca. 1150kW auf den Feinmahlraum entfallen und der spezifische Arbeitsbedarf bei ca. 36kWh/t.
Der Feinmahlraum der Mühle wird erfindungsgemäß umgerüstet. Dazu wird in den Mahlbahnabschnitten A_i

$$\text{nach } R_n = a \cdot 2^{n-1}$$

die Anzahl der Reihen von konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten 1 R_n berechnet, wobei für die gegebene Mühle mit d_M = 3,2m sich der Faktor a zu

$$a = \frac{d_M}{1{,}6} = 2 \text{ ergibt.}$$

Da bereits eine, wenn auch nicht gute Klassierung der Mahlkugeln gegeben ist, wird nicht das maximal mögliche Gefälle der Hubwirkung der Panzerung mit n = 5 in A_1 überlagert, sondern mit n = 4 in A_1 begonnen. Daraus folgt

Mahlbahnabschnitt A_1	n	Reihen 1 R_n Stck.	Reihen 3 kon. Klassiermahlplatten ohne Hebeleisten (32-R_n) Stck.
A_1	4	16	16
A_2	3	8	24
A_3	2	4	28
A_4	1	2	30

Da sich mit R_n = 2 in A_4 die letzte ganze Zahl, die sich im Mahlplattenring symmetrisch verteilen läßt ergibt, wird i = 4 gewählt.
Bei der gegebenen Panzerung, wo die über jeweils 2 Ringe gehende Konizität beachtet werden muß, wird gewählt:

A_1 bis A_4 = 2,0 m
A_5 = 2,75m

Daraus ergibt sich die in Figur 1 dargestellte Verteilung der verschiedenen Mahlplattenarten bei schraubenlinienförmiger Anordnung der R_n-Reihen im Mühlenzylinder.

A_i	Länge	Mahlplatten-ringe	konische Klassier-mahlplatten mit 1 Hebeleisten	ohne 3	Rollmahl-platten 5 oder 6
	m	Stck.	Stck.	Stck.	Stck.
A_1	2,0	8	128	128	0
A_2	2,0	8	64	192	0
A_3	2,0	8	32	224	0
A_4	2,0	8	16	240	0
A_5	2,75	11	0	0	352
	10,75	43	240	785	352

Zur Minimierung der Hubwirkung der Panzerung am Mahlbahnende wird im Abschnitt A 5 die Rollpanzerung mit der Geometrie der radial umlaufenden Profile nach DD 154425 (Fig. 1; 6) oder DD 281298 (Fig. 1; 5) eingesetzt. Neben den energetischen Vorteilen dieser Panzerungsart durch nahezu vollständige Unterdrückung der Kataraktwirkung der Mahlkugeln läßt sich mit ihrem Einsatz am Mahlbahnende die Materialtransportgeschwindigkeit in längs der Mahlbahn klassierten Mahlkugelfüllungen durch eine Verzögerung positiv beeinflussen. Aus dieser Sicht ist die Profilgeometrie nach DD 281298 (Fig. 1; 5) zu bevorzugen.
Der Anteil der Hubwirkung der Panzerung geht gegenüber dem Ausgangszustand mit der Anzahl der konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten von 1376 Stck. auf 240 Stck., d. h. auf $\frac{240}{1376} \cdot 100 \sim 18\%$ zurück, wodurch auf $\sim 82\%$ der vorher gegebenen Kataraktwirkung der Mahlkugeln verzichtet wird. Dadurch kann der Leistungsbedarf des Feinmahlraumes bis zu

$$P_{MK2} = 1150\,kW \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}82 \approx 235\,kW$$

abgesenkt werden und gleichzeitig durch das überlagerte Gefälle der Hubwirkung der Panzerung vom Mahlbahnanfang zum -ende die Mahlkörperklassierung wesentlich verbessert werden.
Bei einer üblichen zeitlichen Auslastung der Mahlanlage im Kalenderjahr von ~ 60% sind folgende Elektroenergieeinsparungen möglich:

aus Leistungsbedarfsabsenkung:	bis zu 1400000 kWh/a
aus Durchsatzsteigerung:	bis zu 900000 kWh/a

Als weitere Vorteile ergeben sich:
- Reduzierung des Mahlkugelverschleißes im Feinmahlraum bis zu 30%.
- Reduzierung der Einsatzmasse der Panzerung im Feinmahlraum um ca. 7%, was eine Einsparung von ca. 3,5 t an hochchromlegiertem Stahlguß bedeutet.

Ausführungsbeispiel 2
Der Feinmahlraum einer Sichter-Zementmühle SZM 4,4 m × 15 m, die im Kreislauf mit einem Zyklon-Umluftsichter vom Typ USZ 5000 arbeitet, weist eine lichte Mahlbahnlänge von 10,0 m und das Mühlenrohr einen lichten Durchmesser von 4,4 m auf. Bei der gegebenen π-Teilung der Mahlplatten sind 44 Mahlplatten (Reihen) je Ring angeordnet. Bei einer üblichen Mahlplattenlänge von 250 mm sind 40 Mahlplattenringe und eine Gesamtbestückung des Mahlraumes mit 44 Stck. × 40 Stck. = 1760 Stck. Mahlplatten gegeben.
Dem Stand der Technik entsprechend ist der Feinmahlraum mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von l/d = 10,0 m/4,28 m ~ 2,3 einheitlich mit konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten gepanzert.
Da mit steigendem Mühlendurchmesser die Mahlkörperklassierung immer schwieriger wird, weisen die konischen Klassiermahlplatten 1 einen Konuswinkel von 12 Grad in verschiedenen Mühlen sogar von 14 Grad auf. Identisch zum ersten Beispiel ist die über zwei Mahlplattenringe reichende Konizität und die durchgängige Anordnung der Hebeleisten auf beiden Mahlplattenstufen.
Es ist eine polydisperse Mahlkörpergattierung aus hochverschleißfesten Mahlkugeln mit Durchmessern von d_i = 50 mm, 40 mm, 35 mm, 30 mm, 25 mm, 23 mm und 20 mm im Einsatz.
Trotz großer Konizität der Mahlplatten und der Absenkung des Mahlkörperfüllungsgrades von ursprünglich 30% auf 24% verläuft die Mahlkörperklassierung unbefriedigend.
Der durchschnittliche Durchsatz der Mahlanlage liegt bei der Produktion verschiedener Zementsorten bei ca. 90 t/h, der Leistungsbedarf des Mühlenhauptantriebes bei ca. 3400 kW, wovon ca. 2400 kW auf den Feinmahlraum entfallen, und der spezifische Arbeitsbedarf bei ca. 38 kWh/t.
Zur Ergebnisverbesserung der Mahlanlage wird der Feinmahlraum erfindungsgemäß umgerüstet:
Die Anzahl der Reihen R_n von konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten 1 in den Mahlbahnabschnitten A_i wird nach

$$R_n = a \cdot 2^{n-1} \text{ mit } \qquad a = \frac{d_M}{1{,}6} = \frac{4{,}4}{1{,}6} = 2{,}75$$

berechnet und am Mahlbahnanfang im Abschnitt A_i, ob der Schwierigkeit der Mahlkörperklassierung bei großem Mühlendurchmesser mit n = 5 begonnen.

A_i	n	R_n Stck.	44-R_n Stck.
A_1	5	44	0
A_2	4	22	22
A_3	3	11	33

Durch die komplette Bestückung des Abschnittes A_1 mit konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten 1 wird am Mahlbahnanfang die maximal mögliche Hubwirkung der Panzerung und damit Kataraktwirkung der Mahlkugeln eingestellt.
Da sich in A_3 bei n = 3 mit R_n = 11 die letzte ganze Zahl ergibt, wird i = 3 gewählt.
Somit ergibt sich für die Aufteilung der Mahlbahnabschnitte gemäß Anspruch 1:

$$A_1 = A_2 = A_3 = 2{,}0\,m$$
$$A_{i+1} = A_4 < 3A_1 = 4\,m$$

Die erfindungsgemäße Anordnung der unterschiedlichen Mahlplattenarten bei der achsparallelen Anordnung der konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten 1 ist in Figur 2 dargestellt.
Zum Erreichen eines maximalen Gefälles der Hubwirkung der Panzerung und damit der Kataraktwirkung der Mahlkörper vom Mahlbahnanfang zum Mahlbahnende wird im Abschnitt A_1 die Rollpanzerung mit der Profilgeometrie nach DD 281 298, d.h., Dreiecksform mit Radien am Profilberg und -grund eingesetzt.
Gemäß Figur 2 ergibt sich folgende Verteilung der unterschiedlichen Mahlplattenarten in den Mahlbahnabschnitten A_i:

A_i	Länge m	Mahlplattenringe Stck.	konische Klassiermahlplatten mit 1 Hebeleisten Stck.	ohne 3 Stck.	Rollmahlplatten 5 Stck.
A_1	2,0	8	352	0	0
A_2	2,0	8	176	176	0
A_3	2,0	8	88	264	0
A_4	4,0	16	0	0	704
	10,0	40	616	440	704

Der Anteil der Hubwirkung der Panzerung geht mit der Anzahl der konischen Klassiermahlplatten mit Hebeleisten von 1760 Stck. auf 616 Stck., d.h. auf $\frac{616}{1760} \cdot 100 = 35\%$ zurück, wodurch auf 65% vorher gegebenen Kataraktwirkung verzichtet wird. Die mögliche Leistungsbedarfsabsenkung des Feinmahlraumes beträgt bis zu

$$P_{M,K2} = 2400\,kW \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}65 = 390\,kW$$

Trotz deutlich reduziertem Leistungsbedarf des Feinmahlraumes wird erfindungsgemäß durch die Überlagerung des maximal möglichen Gefälles der Hubwirkung der Panzerung bzw. der Kataraktwirkung der Mahlkörper die Klassierwirkung deutlich verbessert. Daraus resultiert bei der Beibehaltung des Mahlkörperfüllungsgrades eine Durchsatzsteigerung der Mahlanlage bis zu 10%. Bei der Beibehaltung des Durchsatzes zur Verbesserung der Austragsfeinheit der Mühle zwecks Qualitätssicherung der erzeugten Zementsorte kann der Mahlkörperfüllungsgrad des Feinmahlraumes bis auf 20% reduziert werden, woraus gleichfalls eine Absenkung des spezifischen Elektroenergiebedarfes bis zu 10% resultiert.
Bei einer üblichen zeitlichen Auslastung der Mahlanlage im Kalenderjahr von ca. 6000 Betriebsstunden/a, sind folgende Elektroenergieeinsparungen möglich:

aus Leistungsbedarfsabsenkung: bis zu 2340000 kWh/a
aus Durchsatzsteigerung: bis zu 2000000 kWh/a

Außerdem reduziert sich der Mahlkugelverschleiß im Feinmahlraum infolge stark reduzierter schlagender Beanspruchung der Mahlkugeln um ca. 30% und die Einsatzmasse der Panzerung für den Feinmahlraum um ca. 10%, was eine Einsparung von ca. 7t an hochchromlegiertem Stahlguß bedeutet.

Fig. 1

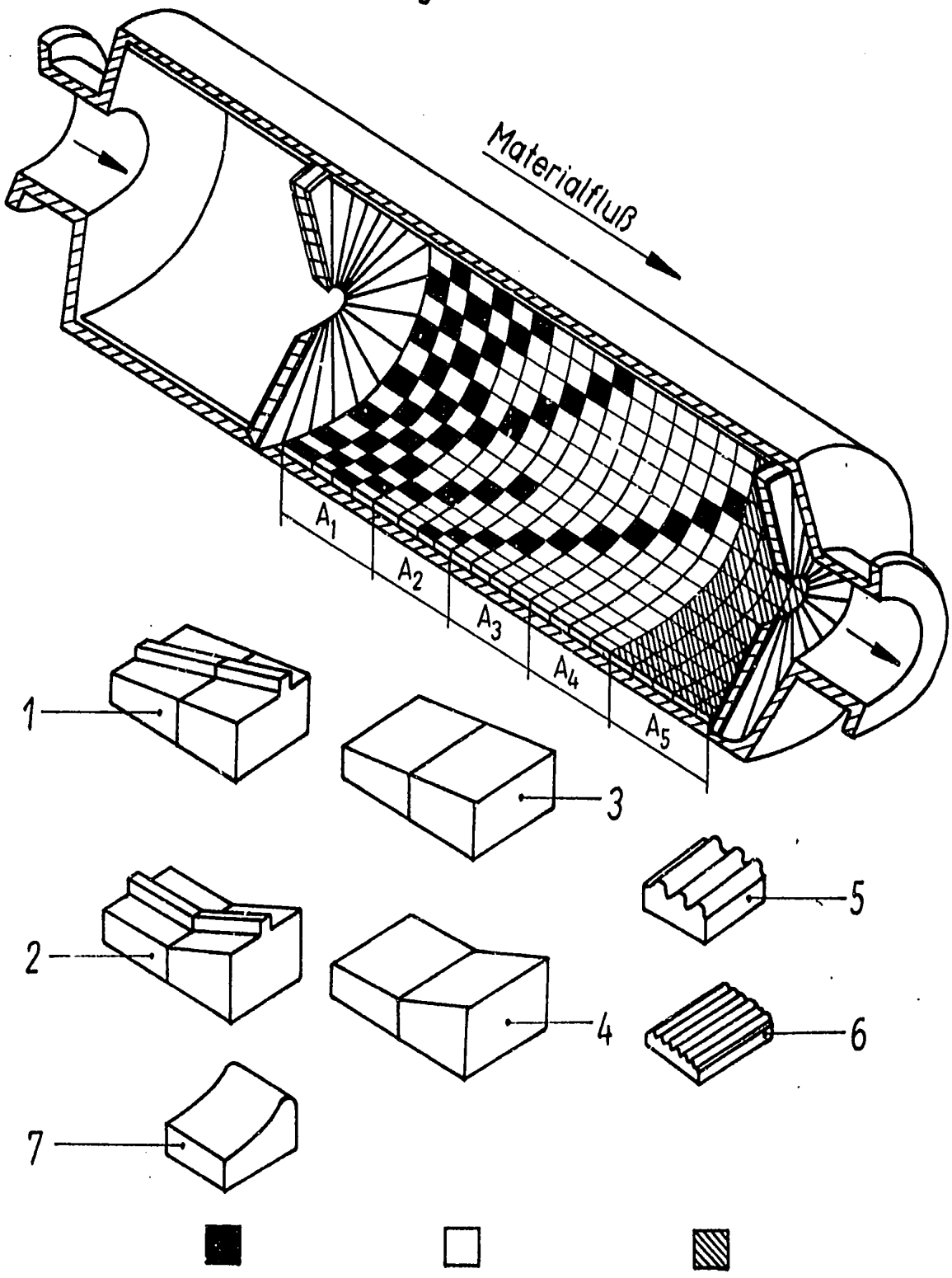


Fig. 2

