



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.08.2014 Patentblatt 2014/35

(51) Int Cl.:
B02C 23/12 (2006.01) B02C 25/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13156417.1**

(22) Anmeldetag: **22.02.2013**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

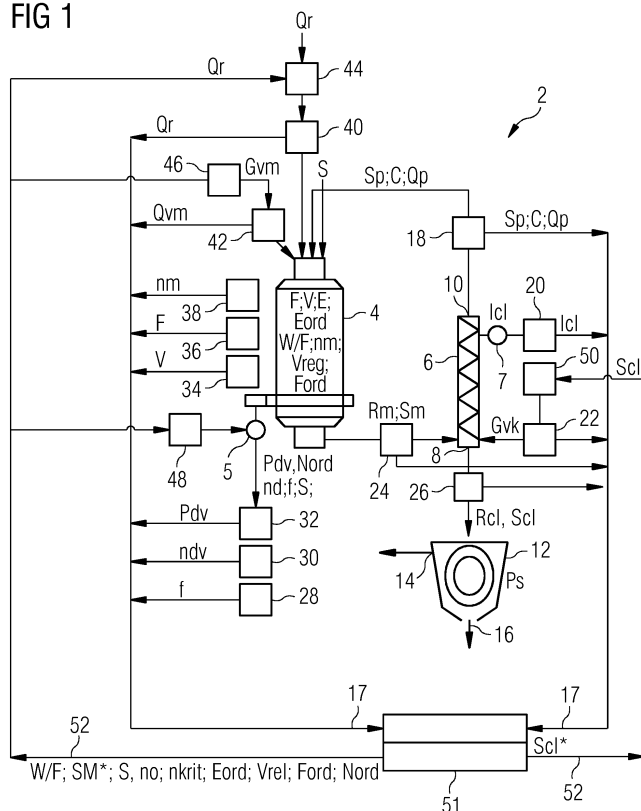
(72) Erfinder:
 • **Lekscha, Andreas**
90455 Nürnberg (DE)
 • **Zehentbauer, Bernd**
91052 Erlangen (DE)
 • **Seleznev, Victor**
97769 Bad Brückenau (DE)

(54) **Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung einer Mahlanlage sowie Mahlanlage**

(57) Die Erfindung betrifft eine Mahlanlage (2) sowie ein Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung einer Mahlanlage (2) umfassend eine drehzahlregelbare Mahleinrichtung (4) zum Mahlen eines Stoffes (S), eine Trenneinrichtung (6) zur Klassierung des gemahlten Stoffes (S) und einen der Trenneinrichtung (6) nachgeschalteten Separator (12), mit folgenden Schritten:
 a) es werden mindestens ein für den Betrieb der Mahl-

anlage (2) charakteristischer erster Parameter und ein zweiter Parameter ermittelt,
 b) es wird die Ableitung des ersten Parameters (P_1) nach dem zweiten Parameter (P_2) ermittelt,
 c) es wird das Vorzeichen der Ableitung ermittelt,
 d) die Mahlanlage (2) wird in Abhängigkeit des Vorzeichens der Ableitung gesteuert und/oder geregelt.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung einer Mahlanlage sowie eine Mahlanlage.

[0002] Die Mahlung ist ein mechanisches Verfahren, dessen Aufgabe eine Verringerung der Partikelgrößen fester Stoffe durch Überwindung der Bindekräfte in den Ausgangsteilchen ist. Der Mahlprozess wird dabei in einem geschlossenen Mahlkreis durchgeführt. Eine Mahlanlage umfasst neben der eigentlichen Mahleinrichtung wie beispielsweise eine Kugelmühle, in der der Stoff gemahlen wird, außerdem eine Trenneinrichtung wie einen Klassierer, mit welchem der gemahlene Stoff abhängig von der Körnung bzw. Korngröße getrennt, also klassiert wird. Dabei verlassen ausreichend gemahlene Teilchen (Fertigklasse) die Trenneinrichtung über den Überlauf, die nicht ausreichend gemahlene Teilchen im Unterlauf. Letztere werden zur Mahleinrichtung zurückgeführt und somit dem Mahlprozess wieder hinzugeführt. Zusätzlich umfasst insbesondere bei der Bearbeitung von Eisenerz die Mahlanlage einen Separator in Form eines Magnetseparators. Dieser ist dazu ausgelegt, ferromagnetische Teile des den Überlauf der Trenneinrichtung verlassenden gemahlene Materials von nicht magnetischen zu trennen.

[0003] In den existierenden Mahlanlagen werden überwiegend Mahleinrichtungen ohne Drehzahlregelung eingesetzt. Gegenwärtig wird das Verfahren der Stoffzerkleinerung ohne Drehzahlregelung der Mahleinrichtung angewendet, wodurch die Effektivität der Mahlprozesse signifikant verringert wird.

[0004] Bei konstanter Drehzahl der Mahleinrichtung verläuft der Materialzerkleinerungsprozess in einer der folgenden Betriebsarten:

- Kaskadenbetrieb/Kaskadenfahrweise (ohne Anheben der Mahlkörper),
- Mischbetrieb (mit Abrollen der Mahlkörper und ihrem teilweisen Anheben),
- Kataraktbetrieb (mit überwiegendem Anheben der Mahlkörper).

[0005] Bei allen drei Mahlarten ist im zentralen Teil der Kugelbeladung eine tote Zone vorhanden. Der Kern aus sich nicht bewegendenden Kugeln erfüllt praktisch keine Arbeit zur Stoffzerkleinerung, was zu einer Vergrößerung des spezifischen Energieverbrauchs führt. Dieser Kern stellt ungefähr 30 % des Gesamtvolumens der Mahlkörper dar. Wenn man den Kern dazu bringt, sich an der Zerkleinerungsarbeit zu beteiligen, so kann die Produktivität der Mahleinrichtung ohne Erhöhung der Leistungsaufnahme verbessert werden.

[0006] Der Mahlprozess hängt von einer Vielzahl von Faktoren (Mahlbarkeit des Erzes, Trommeldrehzahl, Volumen der Trommelfüllung mit Erz-Kugel-Belastung, Verhältnis von Fest- zu Flüssigstoff in der Mahleinrichtung, Verschleißzustand der Kugeln und der Auskleidung

usw.) ab, die sich in Realzeit in einem ausreichend breiten Bereich verändern.

[0007] Die Aufgabe der Prozesssteuerung bei konstanter Drehzahl besteht in der Stabilisierung der Prozessgrößen (Roherzdurchsatz, Menge der Umlaufsan- 5 de, Volumen der Trommelbeladung, prozentualer Feststoffanteil im Auslauf der Mahleinrichtung, Feststoff- oder Fertigklasseanteil im Auslauf des Klassierers, Auslaufvolumen).

[0008] Die Schwankungen der Qualität des Rohmaterials als auch die Veränderung der Leistung führen dazu, dass sich der Arbeitsbereich der Anlage von einem optimalen Bereich unterscheidet. Dieser Stand führt zur Steigerung des relativen Energieverbrauches und hat einen negativen auf Life-Cycle der Anlage. Es ist daher Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zur Steuerung 10 und/oder Regelung einer Mahlanlage sowie eine Mahlanlage anzugeben, bei der die Effizienz gesteigert wird.

[0009] Die erstgenannte Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung einer Mahlanlage mit den Merkmalen des Patentanspruches 1. Eine derartige Mahlanlage umfasst eine drehzahlregelbare Mahleinrichtung zum Mahlen eines Stoffes, eine Trenneinrichtung zur Klassierung des gemahlene Stoffes sowie einen der Trenneinrichtung nachgeschalteten Separator. 20

[0010] Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- a) Es werden mindestens ein für den Betrieb der Mahlanlage charakteristischer erster Parameter und ein zweiter Parameter ermittelt,
- b) es wird die Ableitung des ersten Parameters nach dem zweiten Parameter ermittelt,
- c) es wird das Vorzeichen der Ableitung ermittelt,
- d) die Mahlanlage wird in Abhängigkeit des Vorzeichens der Ableitung gesteuert und/oder geregelt. 30

[0011] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0012] Die zweitgenannte Aufgabe wird gelöst durch eine Mahlanlage mit den Merkmalen des Patentanspruches 10. Erfindungsgemäß weist eine derartige Mahlanlage eine Mahleinrichtung zum Mahlen eines Stoffes sowie eine Trenneinrichtung zur Klassierung des gemahlene Stoffes und eine Steuer-/Regeleinheit auf, in der eine Software zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens implementiert ist. 40

[0013] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

[0014] Für eine weitere Beschreibung der Erfindung wird auf die Ausführungsbeispiele der Zeichnungen verwiesen. Es zeigen jeweils in einer schematischen Prinzipskizze: 50

- FIG 1 eine Mahlanlage,
- FIG 2 ein Diagramm mit der qualitativen Abhängigkeit des Leistungsfaktors S der Mahleinrichtung von der relativen Geschwindigkeit der Mahleinrichtung V_{reg} nach den Formeln verschiedener Autoren,
- FIG 3 ein Diagramm mit der qualitativen Abhängigkeit von der bezogenen Energieintensität E_{ord} von der Produktivität der Mahleinrichtung nach Ausgangserz Q_r ,
- FIG 4 ein Diagramm mit der qualitativen Abhängigkeit der bezogenen Beschickung der Mahleinrichtung F_{ord} von der Produktivität nach Ausgangserz Q_r ,
- FIG 5 ein Diagramm mit der qualitativen Abhängigkeit der bezogenen Mühlenleistung von der Produktivität der Mahleinrichtung N_{ord} nach Ausgangserz Q_r ,
- FIG 6 ein Diagramm mit der qualitativen Abhängigkeit der Produktivität der Mahleinrichtung nach Ausgangserz Q_r vom Verhältnis «Flüssig/Feststoff» W/F ,
- FIG 7 ein Diagramm mit der qualitativen Abhängigkeit der bezogenen Energieintensität E_{ord} von der Überlaufdicke der Trenneinrichtung R_{cl} ,
- FIG 8 ein Diagramm mit der qualitativen Abhängigkeit der bezogenen Energieintensität E_{ord} vom Verhältnis «Flüssig/Feststoff» W/F in der Mahleinrichtung,
- FIG 9 ein Diagramm mit der qualitativen Abhängigkeit der Produktivität der Mahleinrichtung nach Ausgangserz Q_r von der Umlaufbelastung C ,
- FIG 10 ein Diagramm mit der qualitativen Abhängigkeit der Produktivität der Mahleinrichtung nach Ausgangserz Q_r von der Dichte des Überlaufs der Trenneinrichtung R_{cl} ,
- FIG 11 ein Diagramm mit der qualitativen Abhängigkeit des bezogenen Füllvolumens F_{ord} der Mahleinrichtung vom Verhältnis «Flüssig/Feststoff» W/F ,
- FIG 12 ein Diagramm mit der qualitativen Abhängigkeit der bezogenen Energieintensität E_{ord} von der bezogenen Beschickung der Mahleinrichtung F_{ord} ,
- FIG 13 ein Diagramm mit der qualitativen Abhängigkeit des bezogenen Füllvolumens F_{ord} der Mahleinrichtung von der Pulpedichte R_m nach der Mahleinrichtung,
- 5 FIG 14 ein Diagramm mit der qualitativen Abhängigkeit der bezogenen Leistung der Mahleinrichtung N_{ord} von der bezogenen Beschickung der Mahleinrichtung F_{ord} ,
- 10 FIG 15 ein Diagramm mit der qualitativen Abhängigkeit des Leistungsfaktors S der Mahleinrichtung von der relativen Geschwindigkeit der Mahleinrichtung V_{reg} in Prozenten der kritischen Änderung des prozentualen Füllvolumens der Mahleinrichtung in Abhängigkeit von der Drehzahl der Mahleinrichtung.
- 15
- [0015]** FIG 1 zeigt eine Mahlanlage 2, mit der ein zu mahlender Stoff S , wie bspw. Eisenerz enthaltendes Gestein gemahlen und klassiert wird. Der zu mahlende Stoff S wird zunächst einer drehzahlregelbaren Mahleinrichtung 4 zugeführt und gemahlen. Die Mahleinrichtung wird von einem Abtrieb 5 angetrieben. Nach dem Mahlvorgang gelangt der gemahlene Stoff S in eine Trenneinrichtung 6 wie einen Klassierer, in welcher der gemahlene Stoff S abhängig von der Körnung bzw. Korngröße getrennt, also klassiert wird. Die Trenneinrichtung wird von einem Motor 7 angetrieben. Dabei verlassen ausreichend gemahlene Teilchen des Stoffes S die Trenneinrichtung 6 über den Überlauf 8, die nicht ausreichend gemahlene Teilchen verlassen die Trenneinrichtung 6 durch den Unterlauf 10 und werden zur Mahleinrichtung 4 zurückgeführt. Die die Mahleinrichtung 4 durch den Überlauf 8 verlassenden Teilchen werden anschließend einem Separator 12, im Ausführungsbeispiel einem Magnetseparator zugeführt. Dieser ist dazu ausgelegt, ferromagnetische Teile des gemahlene Stoffes S von nichtmagnetischen zu trennen. Die ferromagnetischen Teile verlassen den Separator 12 als Zwischenprodukt am Ausgang 14. Die nicht-ferromagnetischen Teile verlassen den Separator 12 in dessen Tailing 16.
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- [0016]** Des Weiteren umfasst die Mahlanlage 2 Messeinrichtungen zur Erfassung von Messgrößen 17, die zur Steuerung/Regelung der Mahlanlage 2 verwendet werden. Es handelt sich dabei im Einzelnen um eine Messeinrichtung 18 zur Erfassung der Umlaufbelastung C , eine Messeinrichtung 20 zur Erfassung der Leistung des Antriebs der Trenneinrichtung 6 I_{cl} , eine Messeinrichtung 22 zur Erfassung des Wasserverbrauchs der Trenneinrichtung 6 G_{vk} , eine Messeinrichtung 24 zur Erfassung des Fertigliassengehalts nach der Mahleinrichtung 4 R_m, S_m , eine Messeinrichtung 26 zur Erfassung des Fertigliassengehalts am Überlauf 8 der Trenneinrichtung 6 S_{cl} , eine Messeinrichtung 28 zur Erfassung der Umrichterfrequenz f des Antriebs 5 der Mahleinrichtung 4, eine Messeinrichtung 30 zum Erfassen der Drehzahl ndv der Mahleinrichtung 4, eine Messeinrichtung 32 zum Erfassen der Leistung P_{dv} des Antriebs 5 der Mahlein-
- 45
- 50
- 55

richtung 4, eine Messeinrichtung 34 zum Erfassen des Füllvolumens V der Mahleinrichtung 4, eine Messeinrichtung 36 zum Erfassen des Füllvolumens F der Mahleinrichtung 4, eine Messeinrichtung 38 zum Erfassen der Drehzahl nm der Mahleinrichtung 4, eine Messeinrichtung 40 zum Erfassen des Gewichts Qr des zu mahlen- den Stoffes S, eine Messeinrichtung 42 zum Erfassen des Wasserverbrauchs Qvm der Mahleinrichtung 4.

[0017] Außerdem umfasst die Mahlanlage 2 diverse Regler, die den Mahlprozess regeln. Es handelt sich dabei um einen Regler 44 für die Beschickung der Mahleinrichtung 4 mit dem zu mahlen- den Stoff S, einen Regler 46 zur Regelung des Verhältnisses Flüssig-/Feststoff in der Mahleinrichtung 4 W/F, einen Regler 48 zur Regelung der Drehzahl der Mahleinrichtung 4, einen Regler 50 zur Regelung der Rechenklasse des Überlaufs 8 der Trenneinrichtung 6.

[0018] Die Messgrößen 17 werden von einer Steuer-/Regeleinheit 51 erfasst. Diese berechnet anhand der Messgrößen Steuergrößen 52, welche sie an die oben genannten Regler weiterleitet.

[0019] Die Mahlanlage 2 wird nun mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens gesteuert/geregelt. Dazu werden die folgenden Schritte durchgeführt:

- a) es werden mindestens ein für den Betrieb der Mahlanlage charakteristischer erster Parameter und ein zweiter Parameter ermittelt,
- b) es wird die Ableitung des ersten Parameters nach dem zweiten Parameter ermittelt,
- c) es wird das Vorzeichen der Ableitung ermittelt,
- d) die Mahlanlage wird in Abhängigkeit des Vorzeichens der Ableitung gesteuert und/oder geregelt.

[0020] Es wird folgende Realisierungsmethode vorgeschlagen:

In Echtzeit erfolgt die Überwachung von: relativer Drehzahl der Mahleinrichtung 4 ndv unter Berücksichtigung der Netzfrequenzregelung für den Antrieb 5, in diesem Fall ein Elektromotor, Roherzdurchsatz der Mahleinrichtung 4 Qr, Füllungsvolumen F, V der Mahleinrichtung 4 mit dem zu mahlen- den Stoff S, in diesem Fall Erzmasse und Kugelbelastung, Leistungsaufnahme Pdv des Antriebs 5, Wasserverbrauch der Mahleinrichtung 4 Qvm und Trenneinrichtung 6 Qvk, Stromlast Icl des Motors 7 der Trenneinrichtung 6, Pulpedichte im Auslauf der Mahleinrichtung 4 Rm und Trenneinrichtung 6 Rcl.

[0021] Durch Berechnung werden ermittelt: dimensionsloser Leistungsfaktor S, relative Drehzahl der Mahleinrichtung 4 no, Flüssigkeits-Feststoff-Verhältnis W/F, Energiebedarf unter Berücksichtigung der bezogenen Motorleistung E, Anteil der Fertigklasse im Auslauf der Mahleinrichtung 4 Sm und Trenneinrichtung 6 Scl, Umlaufbelastung C für "Mahleinrichtung 4 - Trenneinrichtung 6" und deren Ableitungen.

[0022] Zur Ermittlung der Regelgrenzen für die Drehzahl der Mahleinrichtung 4 unter Berücksichtigung der Frequenzänderung im Versorgungsnetz werden die Nenndrehzahl des Motors no, die kritische Drehzahl der Mahleinrichtung 4 nkrit, die Beladung des Mahleinrichtungsvolumens für den Leistungsbedarf No unter Berücksichtigung der Frequenzänderung des Umrichters fo bestimmt.

[0023] Die Steuerung /Regelung der Mahlanlage 2 erfolgt mittels eines Regelkreis der Relativgeschwindigkeit der Mahleinrichtung Vrel als Funktion der optimalen Nutzleistung (des dimensionslosen Leistungsfaktors S).

[0024] Die Regelung der optimalen Motorleistung erfolgt im vorgegebenen Bereich der relativen Drehzahl der Mahleinrichtung 4 und vorgegebenen Bereich der Füllung der Mahleinrichtung 4 mit Roherz.

[0025] Die Suche nach Zonen mit optimaler Nutzleistung in Abhängigkeit von unterschiedlichen Füllungsvolumen und relativen Drehzahlen der Mahleinrichtung erfolgt auf der Basis der nichtlinearen Abhängigkeiten $Nord = f(F)$ (vgl. FIG 14) und $S = f(V)$ (vgl. FIG 15).

[0026] Die Steuer-/Regeleinheit 51 empfängt und berechnet die Messgrößen 17 von den Messeinrichtungen für Roherzgewicht Qr, Wasserverbrauch der Mühle G_{VM} , Wasserverbrauch der Trenneinrichtung 4 Gvk, Beladungsvolumen der der Mahleinrichtung 4, Leistung des Antriebs 5 der Mahleinrichtung 4 Pdv, Ströme der Spiralen 1-2 der Trenneinrichtung 6 Icl, Auslaufdichte der Trenneinrichtung 6 Rcl, Dichte des Pulpeauslaufs der Mahleinrichtung 4 Rm, Sandzirkulation C, Masse der Sande im Kreislauf "Mahleinrichtung 4 - Trenneinrichtung 6" Sp, Produktkörnigkeit im Trenneinrichtungsauslauf für rechnerische Klasse Scl*, Drehzahl der Mahleinrichtung 4 nm, Drehzahl des Antriebs 5 nd, Umrichterfrequenz f, Erz-Wasser-Verhältnis Qr/Qv, Flüssigkeit/Feststoffs -Verhältnis in der Mahleinrichtung 4 W/F, relative Drehzahl der Mahleinrichtung 4 von der kritischen Vrel, Ableitungen der Abhängigkeiten.

[0027] Die Prozesssteuerung wird auf folgende Weise verwirklicht:

- zur Drehzahlerhöhung der Mahleinrichtung an den Regler 48 (bei Begrenzung der relativen Drehzahl der Mahleinrichtung 4 im Bereich von 64 bis 100 % der kritischen),
- an den Regler 44 im Bereich von 30 bis 50 % unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors für die Änderung der relativen Drehzahl entsprechend dem Füllungsvolumen der Erz-Kugel-Belastung und unter Berücksichtigung der Abweichung dieses Parameters vom Basiswert (vgl. FIG 15).

[0028] Erhöhung der Drehzahl der Mahleinrichtung 4 bei:

- positivem Wert des Verhältnisses der Ableitung der relativen Trommeldrehzahl Vreg der Mahleinrichtung 4 zur Ableitung des Leistungsfaktors S unter

Berücksichtigung der Änderung des Füllungsvolumens der Mahleinrichtung mit Roherz (vgl. FIG 15), sowie der Erhöhung des Füllungsvolumens F der Mahleinrichtung bei Erhöhung der Roherzbelastung,

- bei positivem Wert des Verhältnisses der Ableitung der bezogenen Leistung Nord zum bezogenen Wert des Füllungsvolumens F_{ord} (vgl. FIG 14).

[0029] Reduzierung der Drehzahl der Mahleinrichtung 4 bei:

- negativem Wert des Verhältnisses der Ableitung der relativen Trommeldrehzahl V_{reg} der Mahleinrichtung 4 zur Ableitung des Leistungsfaktors S unter Berücksichtigung der Änderung des Füllungsvolumens der Mahleinrichtung mit Roherz (vgl. FIG 15),
- bei negativem Wert des Verhältnisses der Ableitung der bezogenen Leistung Nord zum bezogenen Wert des Füllungsvolumens F_{ord} (vgl. FIG 14).

[0030] Stabilisierung der Prozessgrößen für die Zyklussteuerung:

- bei Nullwerten des Verhältnisses der Ableitung der relativen Trommeldrehzahl V_{reg} der Mahleinrichtung 4 zur Ableitung des Leistungsfaktors S unter Berücksichtigung der Änderung des Füllungsvolumens der Mahleinrichtung mit Roherz (vgl. FIG 15).
- bei Nullwerten des Verhältnisses der Ableitung der bezogenen Leistung Nord zum bezogenen Wert des Füllungsvolumens F_{ord} (vgl. FIG 14).

[0031] Außerdem erfolgt eine Regelung der Mahlanlage 2 mit einem Regelkreis für optimalen Energiebedarf für die Zerkleinerung in Bezug auf Roherzdurchsatz, mahleinrichtungsinterne Füllung der Mahleinrichtung 4 mit Erz-Kugel-Belastung, Wasserführungen in Mahleinrichtung 4 und Trenneinrichtung 6.

[0032] Die Suche der Zonen mit optimalem Energiebedarf in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Werten der Parameter: Roherzdurchsatz der Mahleinrichtung (vgl. FIG 3), Füllungsvolumen der Mahleinrichtung 4 unter Berücksichtigung der Korrekturen der Mahleinrichtungsfüllung (vgl. FIG 12), Wasserführung in der Mahleinrichtung (vgl. FIG 2) sowie Wasserführung in der Trenneinrichtung 6 (vgl. FIG 7) erfolgt auf der Basis der nichtlinearen Abhängigkeiten $E = f(Q)$ (vgl. FIG 3), $E = f(F)$ (FIG 12), $E = f(R_{clk})$ (vgl. FIG 7), $E = f(W/F)$ (vgl. FIG 8).

[0033] Die Steuerung zur Beseitigung von Unter-/Überlast wird auf folgende Weise realisiert:

- der Steuer-/Regeleinheit 51 empfängt die Messgrößen 17 von den Messeinrichtungen für Roherzgewicht Q_r , Wasserverbrauch der Mahleinrichtung 4 G_{VM} , Wasserverbrauch der Trenneinrichtung 4 G_{vk} , Beladungsvolumen der Mahleinrichtung 4 F , Leistung des Antriebs 5 der Mahleinrichtung 4 P_{dv} , Aus-

laufdicke der Trenneinrichtung 6 R_{cl} , Dichte des Pulpeauslaufs der Mahleinrichtung 4 R_m , Drehzahl der Mahleinrichtung 4 n_m , Drehzahl des Motors 5 n_d , Umrichterfrequenz f ,

- 5 - die relative Drehzahl der Mahleinrichtung 4 in Abhängigkeit von der kritischen V_{rel} , der Energiebedarf E , das Flüssigkeit/Feststoffs-Verhältnis W/F , die Produktkörnung im Überlauf 8 der Trenneinrichtung 6 für die rechnerische Klasse S_{cl}^* , die Umlaufbelastung des Systems Mahleinrichtung 4 - Trenneinrichtung 6 C und die Ableitungen der Abhängigkeiten werden bestimmt.

[0034] Für die Erhöhung des Roherzdurchsatzes und die Verringerung des Energiebedarfs erfolgt die Aufgabenstellung:

An den Regler 44 für die Beschickung der Mahleinrichtung 4 mit dem zu mahlenden Stoff S :

- 20 - bei positivem Wert der Ableitung des Energiebedarfs E_{ord} über die Zeit und negativem Wert der Ableitung des Durchsatzes Q_r über die Zeit (vgl. FIG 3),
- 25 - bei negativem Wert des Verhältnisses der Ableitung des Energiebedarfs E_{ord} zur Ableitung der mahleinrichtungsinternen Füllung F_{ord} (vgl. FIG 12).

30 An den Regler 46 unter Berücksichtigung der Optimierung des Flüssigkeit/Feststoffs-Verhältnisses in der Mahleinrichtung 4 bei Erhöhung des Wasserverbrauchs der Mahleinrichtung 4:

35 Bei negativem Wert des Verhältnisses der Ableitung des Energiebedarfs E_{ord} zur Ableitung des Flüssigkeit/Feststoffs-Verhältnisses W/F (vgl. FIG 8).

40 An den Regler 50 bei vorgegebenem Roherzdurchsatz der Mahleinrichtung 4 durch Verringerung des Wasserverbrauchs in der Trenneinrichtung 6:

45 Bei Abnahme der rechnerischen Klasse bei positivem Wert der Ableitung des Energiebedarfs E_{ord} über die Zeit und negativem Wert der Ableitung der Pulpedichte im Überlauf 8 der Trenneinrichtung 6 über die Zeit (FIG 7).

50 **[0035]** Für die Reduzierung des Roherzdurchsatzes bei der Erhöhung des Energiebedarfs erfolgt die Aufgabenstellung:

55 An den Regler 44 für die Beschickung der Mahleinrichtung 4 mit dem zu mahlenden Stoff S :

- bei negativem Wert der Ableitung des Energiebedarfs E_{ord} über die Zeit und positivem Wert

der Ableitung des Durchsatzes Q_r über die Zeit (vgl. FIG 3),

- bei positivem Wert des Verhältnisses der Ableitung des Energiebedarfs E_{ord} zur Ableitung der mahleinrichtungsinternen Füllung F_{ord} (vgl. FIG 12).

An den Regler 46 unter Berücksichtigung der Optimierung des Flüssigkeit/Feststoffs-Verhältnisses in der Mahleinrichtung 4 bei Reduzierung des Wasserverbrauchs der Mahleinrichtung 4:

Bei positivem Wert des Verhältnisses der Ableitung des Energiebedarfs E_{ord} zur Ableitung des Flüssigkeit-Feststoffs (W/F)-Verhältnisses (vgl. FIG 8).

An den Regler 50 bei der Ausgangserzreduzierung durch Erhöhung des Wasserverbrauchs in der Trenneinrichtung 6:

Bei Erhöhung der rechnerischen Klasse bei negativem Wert der Ableitung des Energiebedarfs E_{ord} über die Zeit und positivem Wert der Ableitung der Pulpedichte im Überlauf 8 der Trenneinrichtung 6 R_{cl} über die Zeit (vgl. FIG 7).

[0036] Stabilisierung der Parameter für die Zyklusregelung:

- bei Nullwert des Verhältnisses der Ableitung des Energiebedarfs E_{ord} zur Ableitung der mahleinrichtungsinternen Füllung F_{ord} (vgl. FIG 12),
- bei Nullwert des Verhältnisses der Ableitung des Energiebedarfs E_{ord} zur Ableitung des Flüssigkeit/Feststoffs-Verhältnisses W/F (vgl. FIG 8),
- bei Erreichen der rechnerischen Klasse in der Pulpe im Überlauf 8 der Trenneinrichtung 6 unter Berücksichtigung der Pulpedichte (vgl. FIG 7).

[0037] Regelkreis für den Roherzdurchsatz der Mahleinrichtung 4 in Abhängigkeit von den Parametern für Zerkleinerungsprozess, Klassierung und Wasserführungen im Zyklus bei Regelung der Drehzahl der Mahleinrichtung.

[0038] Die Suche der Zonen mit optimalem Durchsatz in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Werten der Parameter: bezogene Motorleistung (vgl. FIG 5), Wasserführung in der Mahleinrichtung 4 (vgl. FIG 6) sowie in der Trenneinrichtung 6 (vgl. FIG 10), Umlaufbelastung C (vgl. FIG 9) erfolgt auf der Basis der nichtlinearen Abhängigkeiten: $Q_r=f(N_{ord})$ (vgl. FIG 5), $Q_r=f(R_{cl})$ (vgl. FIG 10), $Q_r=f(W/F)$ (vgl. FIG 6), $Q_r=f(C)$ (vgl. FIG 9).

[0039] Die Steuerung zur Beseitigung von Unter-/Überlast wird auf folgende Weise realisiert:

- der Steuer-/Regeleinheit 51 empfängt die Messgrößen 17 von den Messeinrichtungen für Roherzge-

wicht Q_r , Wasserverbrauch der Mahleinrichtung 4 G_{VM} , Wasserverbrauch der Trenneinrichtung 6 G_{vk} , Beladungsvolumen der Mahleinrichtung 4 F , Leistung des Antriebs 5 der Mahleinrichtung 4 P_{dv} , Auslaufdicke der Trenneinrichtung R_{cl} , Drehzahl der Mahleinrichtung 4 n_m , Drehzahl des Antriebs 5 n_d , Umrichterfrequenz f ,

- die relative Drehzahl der Mahleinrichtung 4 in Abhängigkeit von der kritischen V_{rel} , der Energiebedarf E , das Flüssigkeit-Feststoffs-Verhältnis W/F , die Produktkörnung im Überlauf 8 der Trenneinrichtung 6 für die rechnerische Klasse S_{cl}^* , die Umlaufbelastung des Systems Mahleinrichtung 4 - Trenneinrichtung 6 C und die Ableitungen der Abhängigkeiten werden bestimmt.

[0040] Aufgabenstellung für die Erhöhung des Roherzdurchsatzes und Verringerung des Energiebedarfs:

An den Regler 44:

Bei negativem Wert der Ableitung der Leistung N_{ord} über die Zeit und negativem Wert der Ableitung des Durchsatzes Q_r über die Zeit (vgl. FIG 5).

An den Regler 46 unter Berücksichtigung der Optimierung des Flüssigkeit/Feststoffs-Verhältnisses W/F in der Mahleinrichtung 4 bei Erhöhung des Wassers in der Mahleinrichtung 4:

Bei negativem Wert des Verhältnisses der Ableitung des Durchsatzes Q_r zur Ableitung des Flüssigkeit/Feststoffs-Verhältnisses W/F (vgl. FIG 6).

An den Regler 50 bei maximal möglicher Vorgabe des Roherzdurchsatzes der Mahleinrichtung 4 durch Verringerung des Wasserverbrauchs in der Trenneinrichtung 6 bei Verringerung der rechnerischen Klasse:

Bei negativem Wert der Ableitung des Durchsatzes Q_r über die Zeit und negativem Wert der Ableitung der Pulpedichte im Überlauf 8 der Trenneinrichtung 6 R_{cl} über die Zeit (vgl. FIG 10).

An den Regler für Umlaufbelastung unter Berücksichtigung deren Optimierung für den Zyklus Mahleinrichtung 4 - Trenneinrichtung 6 bei Erhöhung des Wassers in der Mahleinrichtung 6 oder Verschlechterung der Erzzerkleinerung in der Mahleinrichtung 6 unter Berücksichtigung der mechanisch-physikalischen Eigenschaften des Roherzes, seiner Kornzusammensetzung bei Aufgabe in die Mahleinrichtung 6 und anderer Parameter:

Bei positivem Wert des Verhältnisses der Ableitung des Durchsatzes Q_r zur Ableitung der Umlaufbelastung C (vgl. FIG 9).

[0041] Aufgabenstellung für die Reduzierung des Roherzdurchsatzes:

An den Regler 44:

Bei positivem Wert der Ableitung der Leistung Nord über die Zeit und positivem Wert der Ableitung des Durchsatzes Q_r über die Zeit (vgl. FIG 5).

An den Regler 46 unter Berücksichtigung der Optimierung des Flüssigkeit/Feststoffs-Verhältnisses W/F in der Mahleinrichtung 4 bei Reduzierung des Wassers in der Mahleinrichtung 4:

Bei positivem Wert des Verhältnisses der Ableitung des Durchsatzes Q_r zur Ableitung des Flüssigkeit/Feststoffs-Verhältnisses W/F (vgl. FIG 6).

An den Regler 50 bei maximal möglicher Vorgabe des Roherzdurchsatzes der Mahleinrichtung 4 durch Erhöhung des Wasserverbrauchs in der Trenneinrichtung 6 bei Erhöhung der rechnerischen Klasse:

Bei positivem Wert der Ableitung des Durchsatzes Q_r über die Zeit und positivem Wert der Ableitung der Pulpedichte im Überlauf 8 der Trenneinrichtung 6 R_{cl} über die Zeit (vgl. FIG 10).

An den Regler für Umlaufbelastung unter Berücksichtigung deren Optimierung für den Zyklus Mahleinrichtung 4 - Trenneinrichtung 6 bei Reduzierung des Wassers in der Mahleinrichtung 4 oder Verschlechterung der Erzzerkleinerung in der Mahleinrichtung 4 unter Berücksichtigung der mechanisch-physikalischen Eigenschaften des Roherzes, seiner Kornzusammensetzung bei Aufgabe in die Mahleinrichtung 4 und anderer Parameter:

Bei negativem Wert des Verhältnisses der Ableitung des Durchsatzes Q_r zur Ableitung der Umlaufbelastung C (vgl. FIG 9).

[0042] Stabilisierung der Prozessgrößen für den Zerkleinerungszyklus:

- bei Nullwert des Verhältnisses der Ableitung des Durchsatzes Q_r zur Ableitung der Leistung des Antriebs 5 der Mahleinrichtung 4 (vgl. FIG 5),
- bei Nullwert des Verhältnisses der Ableitung des Durchsatzes Q_r zur Ableitung des Flüssigkeit-Feststoffs-Verhältnisses W/F (vgl. FIG 6).

[0043] Regelkreis für das Volumen der mahleinrichtungsinternen Füllung der Mahleinrichtung 4 mit Erz-Kugel-Belastung bezüglich Roherzdurchsatz, Wasserführung in der Mahleinrichtung und bezogene Motorleistung bei Drehzahlregelung der Mahleinrichtung.

[0044] Zur Kontrolle der Zerkleinerungsparameter unter Berücksichtigung der Drehzahlregelung der Mahleinrichtung werden die bezogenen Parameter analog den vorstehenden Regelkreisen verwendet.

[0045] Die Suche der Zonen mit optimaler Beladung des Füllungsvolumens der Mahleinrichtung 4 erfolgt in Abhängigkeit von Pulpedichte im Auslauf der Mahleinrichtung 4 R_m , bezogener Füllung der Mahleinrichtung 4 mit Erz-Kugel-Belastung F_{ord} (vgl. FIG 13), Wasserführung in der Mahleinrichtung $F=f(W/F)$ (vgl. FIG 11), Roherzdurchsatz der Mahleinrichtung 4 Q_r (vgl. FIG 4), bezogener Leistung Nord (vgl. FIG 14) auf der Basis der nichtlinearen Abhängigkeiten $F_{ord}=f(Q_r)$ (vgl. FIG 4), $F_{ord}=f(R_m)$ (vgl. FIG 13), $F_{ord}=f(W/F)$ (vgl. FIG 11), $F_{ord}=f(Nord)$ (vgl. FIG 14).

[0046] Die Steuerung zur Beseitigung von Unter-/Überlast wird auf folgende Weise realisiert:

- die Steuer-/Regeleinheit 51 empfängt die Messgrößen 17 von den Messeinrichtungen für Roherzgewicht Q_r , Wasserverbrauch der Mahleinrichtung 4 G_{VM} , Beladungsvolumen der Mahleinrichtung 4 F , Leistung des Antriebs 5 der Mahleinrichtung 4 P_{dv} , Dichte des Pulpeauslaufs der Mahleinrichtung 4 R_m , Drehzahl der Mahleinrichtung 4 n_m , Drehzahl des Antriebs 5 n_d , Umrichterfrequenz f ,
- die relative Drehzahl der Mahleinrichtung in Abhängigkeit von der kritischen V_{rel} , der Energiebedarf E , das Flüssigkeit/Feststoffs-Verhältnis, die Produktkörnigkeit im Auslauf der Mahleinrichtung 4 für die rechnerische Klasse Sm^* , die Ableitungen der Abhängigkeiten werden bestimmt.

[0047] Aufgabenstellung zur Erhöhung der Roherzbeladung des Füllvolumens der Mahleinrichtung 4:

An den Regler 44 bei:

- positivem Wert des Verhältnisses der Ableitung des Füllungsvolumens F_{ord} zur Ableitung der Pulpedichte im Auslauf der Mahleinrichtung 4 R_m (vgl. FIG 13),
- negativem Wert der Ableitung des Füllungsvolumens der Mahleinrichtung 4 F_{ord} über die Zeit und negativem Wert der Ableitung der Leistung des Antriebs 5 der Mahleinrichtung 4 Nord über die Zeit (FIG 14),
- negativem Wert der Ableitung Füllungsvolumens der Mahleinrichtung 4 F_{ord} über die Zeit und negativem Wert der Ableitung des Roherzdurchsatzes der Mahleinrichtung 4 Q_r über die Zeit (vgl. FIG 4).

An den Regler 46 unter Berücksichtigung der Regelung der Wasserführung in der Mahleinrichtung 4 nach dem Flüssigkeits-Feststoff-Verhältnis W/F in der Mahleinrichtung 4 bei Erhöhung des Wassers in der Mahleinrichtung 4:

Negativem Wert der Ableitung des Füllungsvolumens Ford über die Zeit und positivem Wert der Ableitung des Flüssigkeits-Feststoff-Verhältnisses W/F über die Zeit (vgl. FIG 11).

[0048] Aufgabenstellung zur Reduzierung der Roherzbeladung Mahleinrichtung 4:

An den Regler 44:

- negativem Wert des Verhältnisses der Ableitung des Füllungsvolumens Ford zur Ableitung der Pulpedichte im Auslauf der Mahleinrichtung 4 Rm (vgl. FIG 13),
- positivem Wert der Ableitung des Füllungsvolumens der Mahleinrichtung Ford über die Zeit und positivem Wert der Ableitung der Leistung des Antriebs 5 der Mahleinrichtung 4 Nord über die Zeit (vgl. FIG 14),
- positivem Wert der Ableitung Füllungsvolumens der Mahleinrichtung 4 Ford über die Zeit und positivem Wert der Ableitung des Roherzdurchsatzes der Mahleinrichtung 4 Qr über die Zeit (vgl. FIG 4).

An den Regler 46 unter Berücksichtigung der Regelung der Wasserführung in der Mahleinrichtung 4 nach dem Flüssigkeit-Feststoffs-Verhältnis W/F in der Mahleinrichtung 4 bei Reduzierung des Wassers in der Mahleinrichtung 4:

Positivem Wert der Ableitung des Füllungsvolumens Ford über die Zeit und negativem Wert der Ableitung des Flüssigkeit-Feststoffs-Verhältnisses W/F über die Zeit (vgl. FIG 11).

[0049] Stabilisierung der Parameter für die Steuerung des Zerkleinerungszyklus:

Bei Nullwerten des Verhältnisses der Ableitung des Füllungsvolumens Ford der Mahleinrichtung 4 zur Ableitung der Pulpedichte im Auslauf der Mahleinrichtung 4 Rm (vgl. FIG 13).

[0050] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung einer Mahlanlage (2) umfassend eine drehzahlregelbare Mahleinrichtung (4) zum Mahlen eines Stoffes (S), eine Trenneinrichtung (6) zur Klassierung des gemahlten Stoffes (S) und einen der Trenneinrichtung (6) nachgeschalteten Separator (12), mit folgenden Schritten:

- a) es werden mindestens ein für den Betrieb der Mahlanlage (2) charakteristischer erster Parameter und ein zweiter Parameter ermittelt,
- b) es wird die Ableitung des ersten Parameters (P_1) nach dem zweiten Parameter (P_2) ermittelt,
- c) es wird das Vorzeichen der Ableitung ermittelt,
- d) die Mahlanlage (2) wird in Abhängigkeit des Vorzeichens der Ableitung gesteuert und/oder geregelt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Separator (12) ein Magnetseparator verwendet wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem als erster Parameter die relative Drehzahl (V_{reg}) der Mahleinrichtung (4) und als zweiter Parameter der Leistungsfaktor (S) verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem als erster Parameter die bezogene Leistung (Nord) der Mahleinrichtung (4) und als zweiter Parameter das bezogene Füllungsvolumen (Ford) der Mahleinrichtung (4) verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem als erster Parameter des Energiebedarfs (Eord) und als zweiter Parameter der Durchsatz (Qr) der Mahleinrichtung (4) verwendet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem als erster Parameter der Energiebedarf (Eord) und als zweiter Parameter die mahleinrichtungsinterne Füllung (Ford) verwendet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem als erster Parameter der Energiebedarf (Eord) und als zweiter Parameter das Flüssigkeits/Feststoff-Verhältnis (W/F) verwendet wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

bei dem als erster Parameter die Leistung (Nord) und als zweiter Parameter der Durchsatz (Qr) der Mahleinrichtung (4) verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem als erster Parameter der Durchsatz (Qr) der Mahleinrichtung (4) und als zweiter Parameter das Flüssigkeits-/Feststoff-Verhältnis (W/F) verwendet wird. 5
10
10. Mahlanlage (2) mit einer drehzahlregelbaren Mahleinrichtung (4) zum Mahlen eines Stoffes (S), einer Trenneinrichtung (6) zur Klassierung des gemahlten Stoffes (S), einem der Trenneinrichtung (6) nachgeschalteten Separator (12) und einer Steuer-/Regeleinheit (51), in der eine Software zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche implementiert ist. 15
20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 2

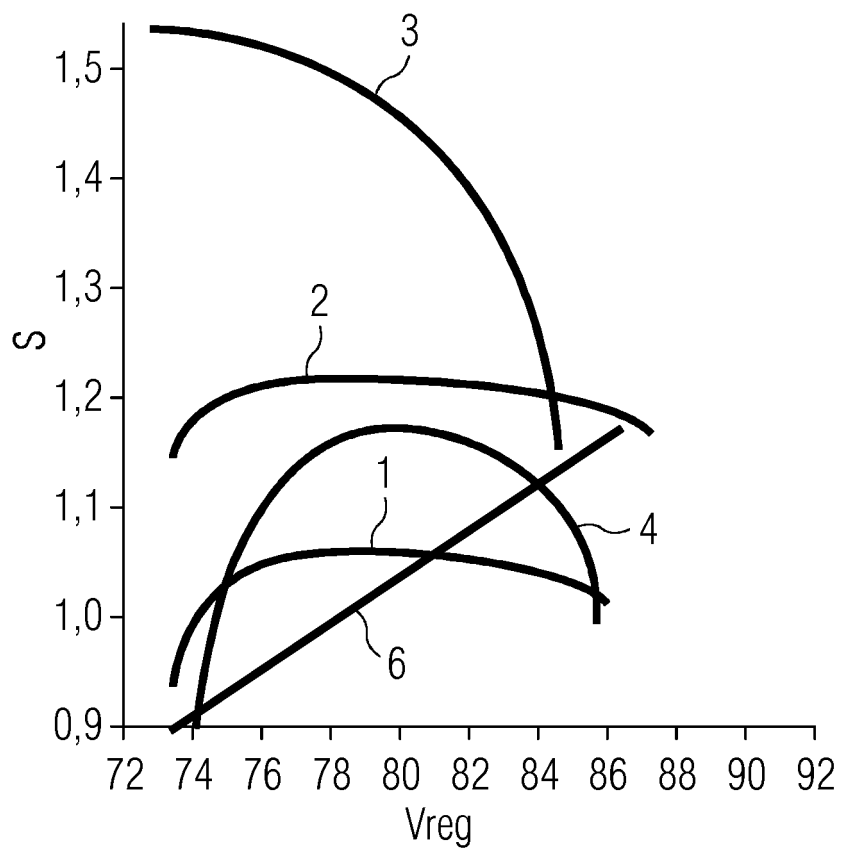


FIG 3

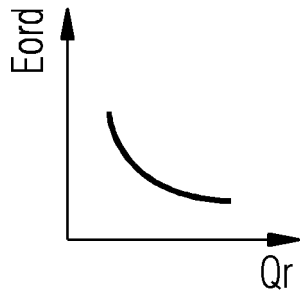


FIG 4

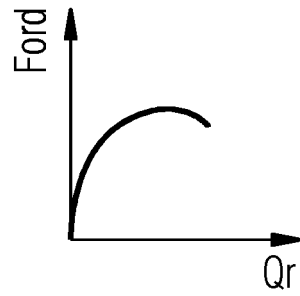


FIG 5

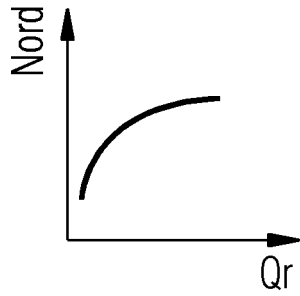


FIG 6

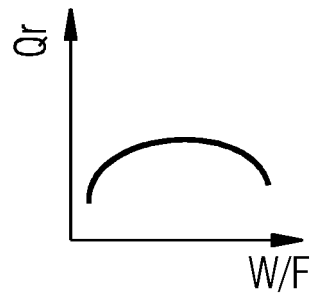


FIG 7

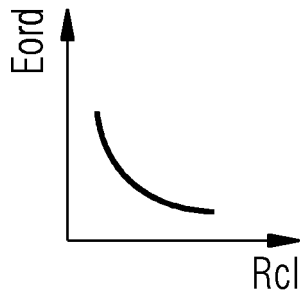


FIG 8

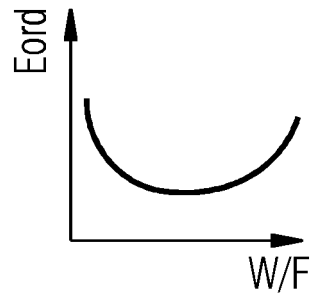


FIG 9

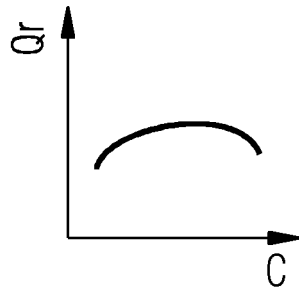


FIG 10

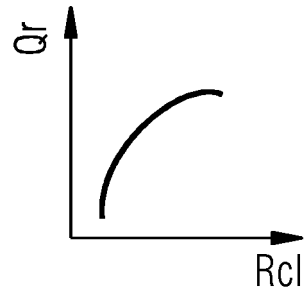


FIG 11

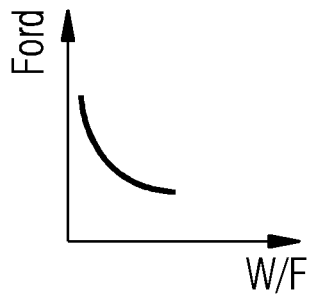


FIG 12

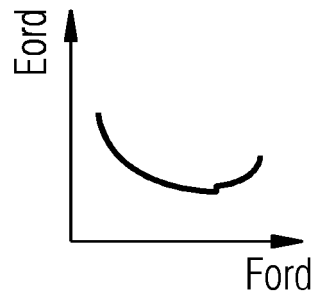


FIG 13

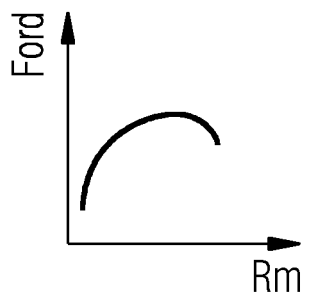


FIG 14

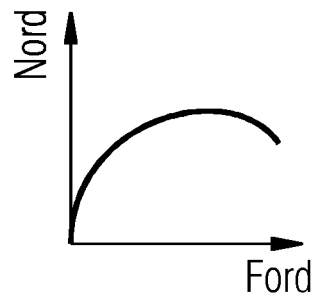
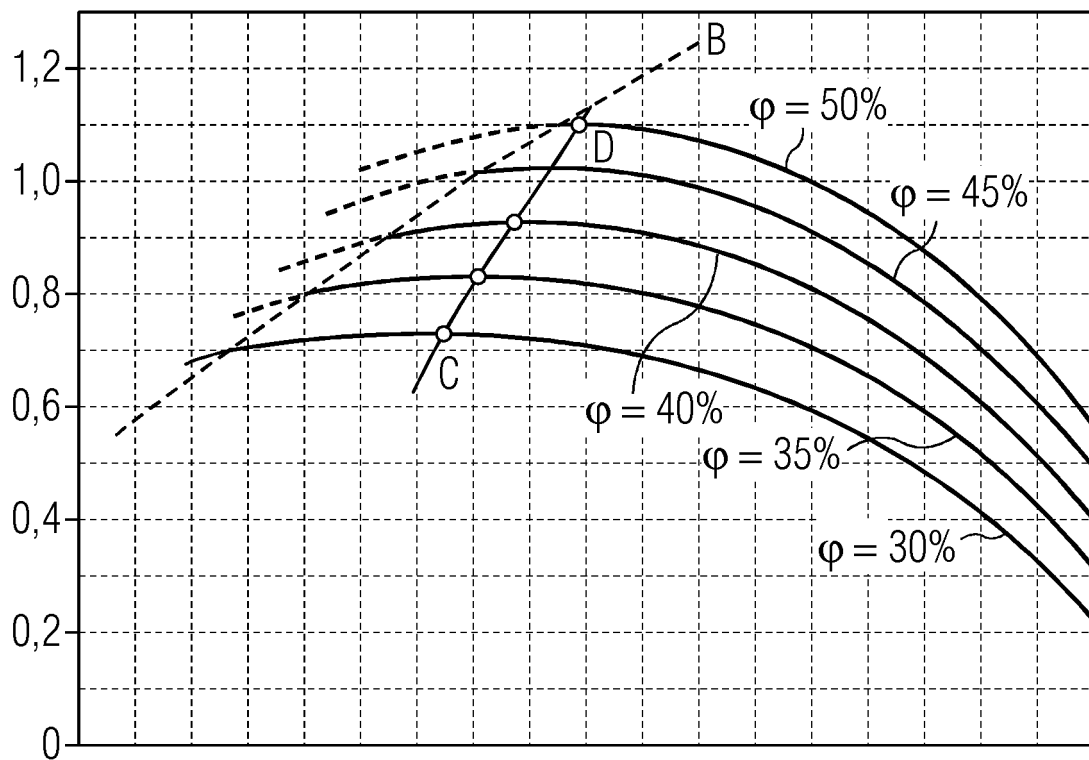


FIG 15





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 13 15 6417

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	DE 10 2010 012620 A1 (SIEMENS AG [DE]) 29. September 2011 (2011-09-29) * Absätze [0027], [0038]; Anspruch 1 *	1,10	INV. B02C23/12 B02C25/00
Y	EP 2 412 418 A1 (SIEMENS AG [DE]) 1. Februar 2012 (2012-02-01) * Spalte 23 - Spalte 26; Anspruch 1; Abbildung 1 *	1,10	
X	DE 30 12 653 A1 (KLOECKNER HUMBOLDT DEUTZ AG [DE]) 8. Oktober 1981 (1981-10-08) * Seite 15, Zeile 7 - Seite 19, Zeile 15; Abbildung 1 *	1,10	
X	DE 19 40 200 A1 (VYZK USTAV STAVEBNICH HMOT V B) 25. Februar 1971 (1971-02-25) * Ansprüche 1,2; Abbildungen 1,2 *	1,10	
X	US 3 179 345 A (KIVERT JOSEPH A ET AL) 20. April 1965 (1965-04-20) * Spalte 2, Zeilen 25-38; Anspruch 1; Abbildung 1 *	1,10	
X	WO 2006/117017 A1 (AKW APP & VERFAHREN GMBH [DE]; NEESSE THOMAS [DE]; TIEFEL HILMAR [DE];) 9. November 2006 (2006-11-09) * Seite 5, Zeilen 4-27; Abbildung 1 *	1,10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlussdatum der Recherche 21. Oktober 2013	Prüfer Strodel, Karl-Heinz
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.02 (P/MC03)

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

EP 13 15 6417

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

21-10-2013

10

15

20

25

30

35

40

45

50

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102010012620 A1	29-09-2011	AR 080714 A1	02-05-2012
		AU 2011231906 A1	20-09-2012
		CA 2794026 A1	29-09-2011
		DE 102010012620 A1	29-09-2011
		FI 20125961 A	18-09-2012
		PE 07552013 A1	03-07-2013
		US 2013008985 A1	10-01-2013
		WO 2011117060 A2	29-09-2011

EP 2412418 A1	01-02-2012	AU 2011285116 A1	31-01-2013
		CA 2806638 A1	02-02-2012
		EP 2412418 A1	01-02-2012
		US 2013118991 A1	16-05-2013
		WO 2012013411 A1	02-02-2012

DE 3012653 A1	08-10-1981	KEINE	

DE 1940200 A1	25-02-1971	AT 300526 B	15-06-1972
		BE 738342 A	16-02-1970
		DE 1940200 A1	25-02-1971
		FR 2021426 A1	24-07-1970
		GB 1285736 A	16-08-1972
		US 3630457 A	28-12-1971

US 3179345 A	20-04-1965	KEINE	

WO 2006117017 A1	09-11-2006	KEINE	

EPC FORM P0461

55

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