





NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Bei dem Verfahren zum Betrieb eines Mühlensystems werden Modellparameter (P) eines Modells (33) des Mühlensystems berechnet. Auf Basis des mit den berechneten Modellparametern (P) aktualisierten Modells (33) wird für mindestens eine Betriebsgrösse (B) des Mühlensystems ein Vorhersagewert (Bv) für eine aktuelle Betriebsphase ermittelt. Stell- oder Führungsgrössen (A) des Mühlensystems werden aufgrund des aktualisierten Modells (33) eingestellt und während der aktuellen Betriebsphase verwendet. Ein Messwert (BM) der Betriebsgrösse (B) wird während der aktuellen Betriebsphase ermittelt. Eine Abweichung (F) zwischen dem Vorhersagewert (Bv) und dem Messwert (BM) wird bestimmt. Die Modellparameter (P) werden auf Basis der Abweichung (F) angepasst und zusammen mit dem Modell (33) zur Vorhersage der Betriebsgrösse (B) sowie zur Einstellung der Stell- oder Führungsgrössen (A) für einen zukünftigen Betriebszustand verwendet.

Beschreibung

Verfahren zum Betrieb eines Mühlensystems

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Mühlensystems.

Bei einem derartigen Mühlensystem kann es sich beispielsweise um eine Kugelmühle (ball mill) oder auch um eine SAG (semi-autogenously grinding)-Mühle handeln, die zum Zermahlen von  
10 grob körnigen Materialien, wie z. B. Erzen oder Zement usw., bestimmt ist. Bei solchen Mühlen wird der Durchsatz mittels Einstellens verschiedener Stell- oder Führungsgrößen, wie z. B. einer Rotationsgeschwindigkeit der Mühlentrommel, einer  
15 Zufuhr des grob körnigen Ausgangsmaterials, einer Wasserzufuhr einer Erzmühle und/oder einer Austragsgeschwindigkeit des am Ausgang vorliegenden gemahlten Materials gesteuert. Ein wichtiges Qualitätsmerkmal ist die Korngrößenverteilung des zermahlenden Materials. Sie beeinflusst die Ausbeute der  
20 dem Mühlensystem nachgeschalteten weiteren Komponenten, wie z. B. der Flotation. Es wird ein möglichst hoher Durchsatz bei hoher Produktqualität und bei niedrigen Kosten angestrebt. Letztere werden durch den Energie- und/oder Materialbedarf maßgeblich mit bestimmt.

25

Derzeitige Mühlensysteme werden oft noch manuell vom Bedienpersonal nach dessen empirischen Erfahrungswerten eingestellt. Ändert sich die Qualität des zugeführten Materials, vergeht eine bestimmte Zeit, bis wieder ein hoher Durchsatz bei guter  
30 Produktqualität erreicht werden kann. Oft steht dem Bedienpersonal außerdem auch nur eine indirekte Qualitätskontrolle, die sich beispielsweise anhand eines Ausbeuterückgangs in einer der nachgeschalteten Komponenten ergibt, zur Verfügung. Dies erschwert zusätzlich eine gute Einstellung des Mühlensystems.  
35

Bekannt sind auch (teil-)automatisierte Regelungsverfahren zum Betrieb eines Mühlensystems. Sie basieren beispielsweise

auf einer direkten Messung von Betriebsgrößen und auch auf Experten-Systemen. Verwendung findet dabei häufig der z.B. per Ultraschall ermittelte sogenannte d50-Wert des gemahlten Materials, der aber nur bei (logarithmisch) normalverteilten  
5 Korngrößen aussagekräftig ist. Er gestattet außerdem keine Aussage über ggf. im Rückfluss vorhandene Grobkornanteile, die zu Instabilitäten des Mahlprozesses führen können. Außerdem verringern Grobkornanteile in der Mühlen-Ausgangsleitung die Ausbeute in der nachgeschalteten Flotation. Auch der Ein-  
10 satz von Expertensystemen kann unerwünschte Schwingungen des Mahlprozesses verursachen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht deshalb darin, ein Verfahren der eingangs bezeichneten Art anzugeben, das eine schnelle und stabile Einstellung des Mühlensystems erlaubt.  
15

Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren handelt es sich um ein solches, bei dem  
20 a) Modellparameter eines Modells des Mühlensystems berechnet werden ,  
b) auf Basis des mit den berechneten Modellparametern aktualisierten Modells für mindestens eine Betriebsgröße des Mühlensystems ein Vorhersagewert für eine aktuelle Betriebsphase ermittelt wird,  
25 c) Stell- oder Führungsgrößen des Mühlensystems aufgrund des aktualisierten Modells eingestellt und während der aktuellen Betriebsphase verwendet werden,  
d) ein Messwert der Betriebsgröße während der aktuellen Betriebsphase ermittelt wird,  
30 e) eine Abweichung zwischen dem Vorhersagewert und dem Messwert bestimmt wird,  
f) die Modellparameter auf Basis der Abweichung angepasst und zusammen mit dem Modell zur Vorhersage der Betriebsgröße sowie zur Einstellung der Stell- oder Führungsgrößen für  
35 einen zukünftigen Betriebszustand verwendet werden.

Das erfindungsgemäße Betriebsverfahren basiert auf einem adaptiven Modell-prädiktiven Regler. Insbesondere wird ein Gesamtmodell des kompletten Mühlensystems erstellt und in der adaptiven Regelung berücksichtigt. Hierzu werden die Modellparameter des Gesamtmodells in Abhängigkeit eines Vergleichs zwischen der Vorhersage und dem tatsächlich gemessenen Wert einer oder auch mehrerer Betriebsgröße(n) nachgeführt. Da die Betriebsgrößen vorzugsweise unmittelbar gemessen werden, können sie auch unmittelbar zur Adaption der Modellparameter und damit auch des für die Regelung verwendeten Modells herangezogen werden. Die Nachführung erfolgt also sehr rasch. Da die Regelung auf Vorhersagen zukünftiger Betriebsgrößenwerte basiert, spielen Regel-Totzeiten praktisch keine Rolle. Deshalb werden Rückkopplungen und Instabilitäten, die oft auf Totzeiten zurückzuführen sind, weitestgehend vermieden. Das erfindungsgemäße Verfahren reagiert schnell auf veränderte Prozessbedingungen, wie beispielsweise eine veränderte Qualität des zugeführten Materials, und regelt den gewünschten Durchsatz mit der geforderten Produktqualität umgehend neu ein.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den Merkmalen der von Anspruch 1 abhängigen Ansprüche. Günstig ist eine Variante, bei der das Mühlensystem mehrere Subeinheiten umfasst, für jede Subeinheit ein Submodell bestimmt wird, und das Modell per Kopplung der Submodelle gebildet wird. Die Berücksichtigung der Submodelle führt zu einer exakteren Nachbildung der Realität und damit auch zu besseren Ergebnissen der Regelung. Besonders günstig ist es, wenn alle relevanten Subeinheiten des Mühlensystems modelliert und in das Gesamtmodell mit eingehen.

Insbesondere werden zumindest für eine zentrale Mühleinheit, eine Sumpfeinheit und eine Hydrozyklonen-Einheit Submodelle aufgestellt. Sie sind die drei wesentlichsten Subeinheiten des Mühlensystems. Bei Bedarf kann jedoch auch für weitere Subeinheiten, wie beispielsweise die Rohrleitungen, die Pumpen und auch den Mühleninhalt jeweils ein Submodell aufgestellt und im Gesamtmodell berücksichtigt werden. Beim

Submodell der zentralen Mühleneinheit können der Anteil an in der Mahltrommel aktuell vorhandenen Stahlkugeln, das Motor-drehmoment, die Motordrehzahl, die Materialzufuhr, die Was-serzufuhr, der Material- und Wasseraustrag in die Sumpfein-  
5 heit sowie die spezifische Ausgestaltung der Mahltrommel Ein-gang finden. Die Modellierung der Sumpfeinheit kann unter Be-rücksichtigung der Frischwasserzufuhr und des Füllstands er-folgen. Insgesamt ist auf diese Weise eine sehr genaue Abbil-dung der Realität möglich.

10

Vorteilhafterweise kann es sich außerdem bei der Betriebsgrö-ße, die vorhergesagt und auch gemessen wird, um einen Durch-  
fluss, eine Dichte, ein Gewicht, einen Druck, eine Leistung,  
ein Drehmoment, eine Geschwindigkeit oder eine Körnigkeit  
15 handeln. Das Betriebsverfahren lässt sich in sehr weiten Grenzen auf die verschiedensten Betriebsgrößen des Mühlensys-tems einstellen. Hierbei kann es sich insbesondere um direkt messbare, aber auch um nur indirekt messbare Größen handeln. Letztere lassen sich beispielsweise mittels sogenannter Soft-  
20 sensoren bestimmen. Direkt erfassbare Messwerte werden dabei elektronisch so ausgewertet, dass Aussagen über einer Messung nicht direkt zugängliche Größen getroffen werden können. Ein Beispiel hierfür ist ein Beschädigungsgrad der in der Trommel befindlichen Stahlkugeln.

25

Besonders günstig ist eine Variante, bei der die vorhergesag-te und gemessene Betriebsgröße eine Korngrößenverteilung in  
einer Ausflussleitung an einem Ausgang des Mühlensystems, in  
einer Sumpfeinheit des Mühlensystems oder in einer Rückfluss-  
30 leitung zu einer Hydrozyklonen-Einheit ist. Die Korngrößen-verteilung bietet einen besonders guten Einblick in die Ab-läufe des Mühlensystems. Ihre gute Kenntnis ermöglicht dem-nach auch eine besonders effiziente Regelung des Mühlensys-tems.

35

Insbesondere kann die Korngrößenverteilung in Echtzeit, d.h. insbesondere online und/oder direkt, gemessen werden. Bei-spielsweise erfolgt die Erfassung der Korngrößenverteilung

mittels eines optischen, eines akustischen oder eines magnetischen Messverfahrens. Auch der Erfassungsort hat einen Einfluss auf das jeweils geeignete Messverfahren. So eignet sich ein Laserdiffraktometer mit Online-Verdünnung oder eine In-

5 situ-Messung mittels Fingerprint-Sensor zur Erfassung der Korngrößenverteilung in der ausgangsseitigen Ausflussleitung, in der das fein gemahlene und in Wasser dispergierte Material transportiert wird. Alle diese Messverfahren sind in der Lage, die Korngrößenverteilung sehr rasch zu erfassen, sodass

10 diese wichtige Betriebsgröße ohne relevante zeitliche Verzögerung dem Regelungsverfahren für die Parameter-Adaption zur Verfügung steht.

Bei einer weiteren günstigen Ausgestaltung ist es vorgesehen,

15 dass die Anpassung der Modellparameter mittels eines auf mindestens eine vorgebbare Zielfunktion ausgerichteten Optimierungs- bzw. Minimierungsverfahrens durchgeführt wird, wobei in die Zielfunktion die Abweichung zwischen dem Vorhersagewert und dem Messwert mit einfließt. Für den Messwert der

20 Korngrößenverteilung lässt sich zum Beispiel eine Übergangsmatrix als Modellparameter(satz) angeben, die für den kommenden Bearbeitungs- oder Regelungszyklus bezüglich jedes Teilbereichs der Korngrößenverteilung Übergangswahrscheinlichkeiten in einen feiner körnigen Teilbereich enthält. Ein Zyklus

25 ist dabei ein Zeitschritt der zugrunde liegenden diskretisierten Differentialgleichung. Als Nebendingung kann dann z.B. vorgesehen werden, dass die Körnigkeit des Materials im kommenden Zyklus nur feiner, nicht jedoch gröber werden kann.

30 Bei einer weiteren günstigen Ausgestaltung ist es vorgesehen, dass die Einstellung der Stell- oder Führungsgrößen mittels eines auf mindestens eine vorgebbare Zielgröße ausgerichteten Optimierungsverfahrens durchgeführt wird, wobei bei dem Optimierungsverfahren Nebenbedingungen mit berücksichtigt werden.

35 Dadurch wird zum einen eine hohe Flexibilität erreicht, da die Zielgröße ebenso wie die vorhergesagte und gemessene Betriebsgröße weitgehend frei bestimmt werden kann. Zum anderen liefert das Optimierungsverfahren sehr gute, insbesondere an

die aktuellen Gegebenheiten angepasste Modellparameter. Die Berücksichtigung der Nebenbedingungen ermöglicht neben der Durchsatzoptimierung insbesondere auch einen zugleich energie- und/oder qualitätsoptimierten Betrieb des Mühlensystems.

5

Besonders geeignet ist dabei ein Optimierungsverfahren, das als SQP (Sequential Quadratic Programming)-Verfahren ausgeführt ist. Dieses Verfahren eignet sich besonders gut zum Einsatz in Industrieanlagen, also insbesondere auch bei Mühlensystemen. Letztere weisen nämlich ein nichtlineares Verhalten auf, sodass sich ein SQP-Verfahren besonders gut eignet. Es ist günstiger als ein lineares Optimierungsverfahren.

10

Weiterhin kommt als Zielgröße des Optimierungsverfahrens insbesondere eine innerhalb des Mühlensystems vorliegende Korngröße oder Korngrößenverteilung des zu mahlenden Materials oder ein Beladungszustand des Mühlensystems in Betracht.

15

Vorteilhafterweise werden als Nebenbedingungen physikalische, technologische oder prozessbedingte Grenzen vorgegeben. Dadurch wird verhindert, dass für die Regelung Modellparameter herangezogen werden, die auf unsinnigen oder unmöglichen physikalischen, technologischen oder prozessbedingten Randbedingungen basieren. Die Berücksichtigung derartiger Nebenbedingungen führt zu einer Verbesserung des Regelungsverhaltens und auch zu einer besseren Produktqualität am Mühlenausgang.

20

25

Vorteilhafterweise wird die Korngrößenverteilung so bestimmt, dass mindestens zwei Teilbereiche mit verschiedenen Korngrößen unterschieden werden. Es ist also mindestens ein Teilbereich für kleinere und ein zweiter Teilbereich für größere Korngrößen vorgesehen. Eine weitergehende Aufteilung in mehrere Teilbereiche ist grundsätzlich möglich. Dadurch wird die Abstufung des Regelungshaltens verfeinert. Je mehr Teilbereiche für die Korngrößen zur Bestimmung der Korngrößenverteilung vorgesehen werden, desto empfindlicher und genauer reagiert das Optimierungs- und Regelungsverfahren. Um einen möglichst großen Bereich an Korngrößen abzudecken, ist es außer-

30

35



dem vorteilhaft, die Grenzen der Teilbereiche auf einer logarithmischen Skala festzulegen, sodass logarithmisch gleich große Teilbereiche resultieren.

5 Insbesondere kann als Modell außerdem ein datengetriebenes Modell, vorzugsweise ein neuronales Netz in vorgesehen werden. Dabei entsprechen die Modellparameter insbesondere den Netzgewichten und die Messwerte der Betriebsgröße(n) den Trainingswerten. Die Identifizierung und Adaption der Modell-  
10 parameter findet dann z.B. im Rahmen des Netztrainings statt. Ein auf einem neuronalen Netz basierendes Modell benötigt nur wenige, möglicherweise sogar überhaupt keine auf den physikalischen Gegebenheiten des Mühlensystems beruhende Vorgaben. Die Bestimmung und Einstellung der Stell- oder Führungsgrößen  
15 des Mühlensystems kann auf Basis des aktualisierten neuronalen Netzes (= Modells) und insbesondere wieder mittels des bereits genannten auf mindestens eine vorgebbare Zielgröße ausgerichteten Optimierungsverfahrens, beispielsweise eines SQP-Verfahrens, durchgeführt werden. Alternativ kann diese  
20 Einstellung auch direkt mittels Modell-prädiktiver Regelung erfolgen.

Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Es zeigt:  
25

- FIG 1 ein Ausführungsbeispiel eines Mühlensystems mit einer adaptiven Modell-prädiktiven Regelungseinheit, und  
30 FIG 2 ein Blockschaltbild der Regelungseinheit gemäß FIG 1 mit einem adaptiven Modell des Mühlensystems und einer Betriebsgrößenvorhersage sowie einer daraus abgeleiteten Optimierung von Modellparametern.
- 35 Einander entsprechende Teile sind in FIG 1 und 2 mit denselben Bezugszeichen versehen.

In FIG 1 ist ein Ausführungsbeispiel eines Mühlensystems 1 gezeigt. Es handelt sich um eine Erzmühle, die als Kugelmühle oder als SAG-Mühle ausgebildet ist. Sie ist mit einer adaptiven Modell-prädiktiven Regelungseinheit 2 beschaltet, die den  
5 Betrieb des Mühlensystems 1 steuert.

Als Hauptkomponenten umfasst das Mühlensystem 1 eine zentrale Mühleneinheit 3 mit einer Trommel 3a zum Mahlen des zugeführten Erzmaterials und mit einem die Trommel 3a antreibenden  
10 insbesondere getriebelosen Motor 3b, eine von der zentralen Mühleneinheit 3 gespeisten Sumpfeinheit 4 sowie eine Hydrozyklonen-Einheit 5. Die Sumpfeinheit 4 und die Hydrozyklonen-Einheit 5 sind mittels einer Hydrozyklonen-Zuflussleitung 6 miteinander verbunden. In der Hydrozyklonen-Einheit 5 findet  
15 eine Separierung in fein genug gemahlene und in noch zu grob körniges Material statt. Das fein gemahlene Material gelangt in eine ausgangsseitige Ausflussleitung 7, die an eine nicht näher dargestellte dem Mühlensystem 1 nachgeschaltete Komponente angeschlossen ist. Dagegen wird das grob körnige Mate-  
20 rial über eine Rückflussleitung 8 wieder einem Eingang 9 der zentralen Mühleneinheit 3 zugeführt.

Der Eingang 9 ist außerdem an Förderbänder 10 angeschlossen, mittels derer ungemahlene Erzmaterial aus einem Erzvorrat 11  
25 zugeführt wird. Anstelle der Förderbänder 10 kann auch ein anderes Zufuhraggregat vorgesehen sein. Weiterhin ist der Eingang 9 an einen Wasserzulauf 12 angeschlossen. Ein weiterer Wasserzulauf 13 ist an der Sumpfeinheit 4 vorgesehen.

30 Das Mühlensystem 1 enthält außerdem eine Vielzahl an Messwertaufnehmern, die Messwerte für verschiedene Betriebsgrößen erfassen und mittels Messleitungen 14 der Regelungseinheit 2 zuführen. Im Ausführungsbeispiel sind ein Gewichtsmesser 15 an den Förderbändern 10, ein Flussmesser 16 am Wasserzulauf  
35 12, ein Leistungs- und Drehmomentmesser 17 am Motor 3b, ein Gewichtsmesser 18 zur Erfassung einer Beladung der Trommel 3a, ein Flussmesser 19 am Wasserzulauf 13, ein Niveaumesser 20 an der Sumpfeinheit 4, ein Korngrößenmesser 21, ein Flussmesser

22 und ein Druckmesser 23 jeweils an der Hydrozyklonen-Zuflussleitung 6, ein Dichtemesser 24 an der Rückflussleitung 8 und ein Korngrößenmesser 25 an der Ausflussleitung 7 vorgesehen. Diese Aufzählung ist beispielhaft zu verstehen. Grundsätzlich können noch weitere Messwertaufnehmer vorgesehen sein. Die jeweiligen Messungen erfolgen stets online und in Echtzeit, sodass in der Regelungseinheit 2 immer aktuelle Messwerte verfügbar sind.

10 Neben den Messwertaufnehmern hat das Mühlensystem 1 auch mehrere lokale Regler, die mittels Steuerleitungen 26 an die Regelungseinheit 2 angeschlossen sind. Im Einzelnen sind ein Gewichtregler 27 an den Förderbändern 10, ein Flussregler 28 am Wasserzulauf 12, ein (Dreh-)Geschwindigkeitsregler 29 am  
15 Motor 3b, ein Flussregler 30 am Wasserzulauf 13 und an der Hydrozyklonen-Zuflussleitung 6, ein Niveauregler 31 an der Sumpfeinheit 4 und ein Dichteregler 32 an der Rückflussleitung 8 vorgesehen.

20 Die genannten Messwertaufnehmer und lokalen Regler sind nur beispielhaft zu verstehen. Im Einzelfall können auch weitere derartige Komponenten vorgesehen sein. Beispielsweise können an den Förderbändern 10 zusätzliche Informationen über die Beschaffenheit des zugeführten ungemahlten Erzmaterials beispielsweise mittels einer Lasermessung oder mittels einer Videoerfassung gewonnen werden. Ebenso ist aber auch eine Beschränkung auf nur einen Teil der im Ausführungsbeispiel gemäß FIG 1 gezeigten Messwertnehmer und lokalen Regler möglich.

30

Außerdem können weitere Betriebsgrößen, die einer direkten Messung nicht zugänglich sind, mittels sogenannter Softsensoren bestimmt werden. Dabei wird auf erfassbare primäre Betriebsgrößen zurückgegriffen, aus deren Messwerten mittels  
35 eines Auswertealgorithmus ein aktueller Wert der eigentlich interessierenden sekundären Betriebsgröße bestimmt wird. Die hierzu verwendete Auswerte-Software kann auch ein neuronales Netz umfassen.

In der Regelungseinheit 2 wird eine Einstellung für die verschiedenen Prozessparameter des Mühlensystems 1 so ermittelt, dass ein guter, gleichbleibender Durchsatz bei möglichst niedrigem Energieverbrauch und möglichst hoher Produktqualität resultiert. Eine hohe Produktqualität bedeutet eine bestimmte, relativ geringe Korngröße des in der ausgangsseitigen Ausflussleitung 7 geführten gemahlten Materials.

In FIG 2 ist ein Blockschaltbild der Regelungseinheit 2 mit ihren wesentlichen Komponenten gezeigt. Sie umfasst ein adaptives Gesamtmodell 33 des Mühlensystems 1, eine Prädiktions-Einheit 34, eine Vergleichs-Einheit 35, eine Parameter-Identifizierungs- und Adaptionseinheit 36 sowie eine Optimierungseinheit 37. Diese Komponenten sind insbesondere als Software-Module realisiert.

Im Blockschaltbild gemäß FIG 2 ist stellvertretend für die Vielzahl der in FIG 1 wiedergegebenen Messwertaufnehmer eine Messeinheit 38 enthalten. Im Falle einer Ausgestaltung als Softsensor kann auch die Messeinheit 38 als Software-Modul und damit als integraler Bestandteil der Regelungseinheit 2 realisiert sein. Anderenfalls ist es jedoch ebenso möglich, dass es sich bei der Messeinheit 38 um physikalisch von der Regelungseinheit 2 getrennte Baugruppen handelt.

Im Folgenden wird die Funktionsweise der Regelungseinheit 2 näher beschrieben.

Eingangsseitig werden der Regelungseinheit 2 verschiedene Eingangsgrößen E zugeführt. Hierbei kann es sich um Messwerte, aber auch um andere Betriebsdaten handeln. Mögliche Eingangsdaten E sind das Erzgewicht, die Härte des zu mahlenden Erzmaterials, der Wasserzufluss an den Wasserzuläufen 12 und 13, der Materialrückfluss von der Hydrozyklonen-Einheit 5 zum Eingang 9 der zentralen Mühleinheit 3, Korngrößenverteilungen an verschiedenen Stellen innerhalb des Mühlensystems 1 insbesondere in der Sumpfeinheit 4 oder in der ausgangsseitigen Ausflussleitung 7, Geometrie-Daten der zentralen Mühlen-

einheit 3, die Geschwindigkeit, mit der die Förderbänder 10 das zu mahlende Material dem Eingang 9 zuführen, und eine Geschwindigkeit, mit der das Endprodukt, also das gemahlene Material, den nachfolgenden Komponenten zugeführt wird. Die  
5 Eingangsgrößen E können sich also auf Prozessparameter, auf das Design des Mühlensystems 1, vor allem der zentralen Mühleinheit 3, oder auf das Material beziehen.

Ausgangsseitig stellt die Regelungseinheit 2 Ausgangsgrößen A  
10 zur Verfügung, die zur Steuerung des Prozessablaufs dienen. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich dabei um die Führungsgrößen für die verschiedenen lokalen Regler gemäß FIG 1. Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel stellt die Regelungseinheit 2 ausgangsseitig Stellgrößen zur Verfügung, die un-  
15 mittelbar, also auch ohne Zwischenschaltung lokaler Regler, auf Stellglieder einwirken.

Das adaptive Modell 33 beschreibt das Mühlensystem 1 in seiner Gesamtheit. Es setzt sich im Ausführungsbeispiel aus einer Kopplung mehrerer Submodelle zusammen. Die Submodelle be-  
20 schreiben die zentrale Mühleinheit 3, die Sumpfeinheit 4 und die Hydrozyklonen-Einheit 5. Weitere Submodelle für andere Komponenten des Mühlensystems 1 können bei Bedarf ergänzt werden. Das Modell 33 lässt sich mittels Modellparameter P an  
25 die aktuell herrschenden Prozessbedingungen anpassen, wobei in der Parameter-Identifizierungs- und Adaptionseinheit 36 auch festgestellt wird, ob diese Anpassung mittels aller oder nur eines Teils der Modellparameter P erfolgt. Gegebenfalls wird also ein relevanter Teilsatz der Modellparameter P iden-  
30 tifiziert. Die so ausgewählten Modellparameter P eignen sich dann besonders gut zur Modell-Adaption.

Das Modell 33 beruht im Ausführungsbeispiel auf physikalischen Vorgaben, die zumindest teilweise auch durch empirische  
35 Erfahrungswerte ergänzt werden können. Das Modell 33 und insbesondere dessen Anpassung mittels der Modellparameter P werden in Echtzeit berechnet. Dies trägt dazu bei, dass keine nennenswerten Regel-Totzeiten entstehen.

Auf Basis des aktuellen, d.h. für eine bestimmte Betriebsphase geltenden, Modells 33 wird in der Prädiktions-Einheit 34 für eine oder mehrere Betriebsgröße(n) B ein Vorhersagewert  $B_V$  bestimmt. In der Vergleichs-Einheit 35 wird dieser Vorhersagewert  $B_V$  mit einem Messwert  $B_M$  der betreffenden Betriebsgröße B verglichen. Eine festgestellte Abweichung F wird der Parameter-Identifizierungs- und Adaptionseinheit 36 zur Ermittlung eines verbesserten Satzes für die Modellparameter P zur Verfügung gestellt. Die so verbessert eingestellten Modellparameter P werden dann zur Adaption des Modells 33 herangezogen. Das adaptierte Modell 33 wird anschließend zur Bestimmung der Ausgangsgrößen A und auch des Vorhersagewerts  $B_V$  für eine kommende Betriebsphase verwendet.

Da die Regelungseinheit 2 also auf einer Prognose des Wertes beruht, den die Betriebsgröße B zukünftig annehmen wird, entfallen Regel-Totzeiten weitgehend. Die Regelungseinheit 2 ist somit zum einen sehr stabil und reagiert zum anderen sehr rasch auf geänderte Prozessbedingungen.

Als Betriebsgröße B sind verschiedene Größen des Mühlensystems 1 vorstellbar, wie beispielsweise ein Durchfluss, eine Dichte, ein Gewicht, ein Druck, eine Leistung, ein Drehmoment, eine Geschwindigkeit, eine Körnigkeit oder auch eine Korngrößenverteilung. Hierbei handelt es sich insbesondere um einen Teil der Eingangsgrößen E. Vor allem die Korngrößenverteilung eignet sich besonders gut zur Bestimmung eines verbesserten Parametersatzes für die Modellparameter P.

In der Parameter-Identifizierungs- und Adaptionseinheit 36 kommt ein SQP-Optimierungsverfahren zum Einsatz, bei dem eine vorgebbare Zielfunktion unter Einhaltung von Nebenbedingungen minimiert und zur Bestimmung des verbesserten Parameter-(teil)satzes für die Modellparameter P verwendet wird. In der Parameter-Identifizierungs- und Adaptionseinheit 36 werden die Zielfunktionsminimierung und damit die Parameter-Adaption so vorgenommen, dass das adaptierte Modell 33 das vergangene Verhalten des Mühlensystems 3 möglichst gut nachbildet. Ein

mit dem so adaptierten Modell 33 für die vergangene Betriebsphase (= für mindestens einen vergangenen Zyklus) errechneter Wert  $B_R$  der Betriebsgröße  $B$  würde sich minimal von dem erfassten Messwert  $B_M$  unterscheiden. Das Modell 33 beschreibt  
5 mit diesem adaptierten Parametersatz die Realität in der Vergangenheit optimal.

Als Zielfunktion kommt beispielsweise die Abweichung zwischen gemessener und berechneter Korngrößenverteilung in Frage.  
10 Mögliche Nebenbedingungen ergeben sich dann insbesondere aus einer Übergangsmatrix, deren Koeffizienten angeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Materialpartikel, der im aktuellen Zyklus in einen bestimmten Teilbereich der Korngrößenverteilung fällt, nach dem kommenden Zyklus in einen bestimmten  
15 (anderen) Teilbereich der Korngrößenverteilung fällt. Die Werte, die die Koeffizienten dieser Übergangsmatrix annehmen können, unterliegen gewissen, mathematisch oder physikalisch bedingten Beschränkungen. Es lassen sich Grenzen für die einzelnen Koeffizienten aber auch für Kombinationen, beispielsweise für Summen von mehreren Koeffizienten angeben.  
20

Ebenso kann als Zielfunktion aber auch die Abweichung zwischen gemessener und berechneter Dichte in der Rückflussleitung 8 definiert werden. Selbstverständlich kann zur SQP-  
25 Optimierung in der Parameter-Identifizierungs- und Adaptationseinheit 36 auch eine Kombination von mehreren Zielfunktionen herangezogen werden.

Das anhand der Vergangenheitsbetrachtung gewonnene adaptierte  
30 Modell 33 wird in einem weiteren Verfahrensschritt zur zukünftigen Regelung, also zur Regelung im kommenden Zyklus eingesetzt. Dies erfolgt in der Optimierungseinheit 37. Es handelt sich um eine zweite Optimierung, für die insbesondere wiederum ein SQP-Optimierungsverfahren verwendet wird. Auch  
35 hier wird eine Zielgröße unter Einhaltung von Nebenbedingungen optimiert. Ziel ist nun insbesondere eine optimale Ermittlung der Ausgangsgrößen  $A$ , also der Stell- oder Führungsgrößen der lokalen Regler, sodass beispielsweise eine vorge-

gebene Korngrößenverteilung an einer bestimmten Stelle des Mühlensystems 3, insbesondere am Ausgang, erreicht wird. Die Zielgröße kann bei dieser zweiten Optimierung also insbesondere die Produktqualität sein. Als Nebenbedingungen kommen  
5 der Materialbedarf und der Energiebedarf in Frage.

Weitere denkbare Nebenbedingungen ergeben sich aus den physikalischen, technologischen oder prozessbedingten Grenzen. Sie können vorteilhafterweise direkt in den Optimierungsalgorithmus mit eingespeist werden, sodass ein Stell- oder Führungsgrößensatz, der zu einem instabilen Prozessablauf führen würde, von vornherein ausgeschlossen wird.  
10

Gemäß einer verfahrensökonomisch begründeten Nebenbedingung kann z.B. verlangt sein, dass die Dichte in der Rückflussleitung 8 achtzig Prozent nicht übersteigt, da die Separations-Effizienz in der Hydrozyklonen-Einheit 5 andernfalls durch veränderte Rheologie deutlich sinkt. Weiterhin kann die Drehzahl der Trommel 3a beschränkt werden, um zu starke Fliehkräfte zu vermeiden. Ebenso gibt es maximale und minimale Werte für die Pumpleistungen bei der Frischwasserzufuhr und auch bei der Zufuhr des ungemahlenden Erzmaterials. Außerdem sind Grenzen für den maximalen Beladungszustand der Trommel 3a zu beachten.  
15  
20  
25

Die Berücksichtigung von Nebenbedingungen trägt auch mit dazu bei, dass der eingestellte Betriebsmodus des Mühlensystems 1 mehreren Anforderungen gleichermaßen gerecht wird. Beispielsweise lassen sich auf diese Weise die Mühlengeschwindigkeit, die Frischwasserzufuhr in die zentrale Mühleneinheit 3 und in die Sumpfeinheit 4 sowie der Energieverbrauch optimieren, wobei zugleich der Durchsatz und die erzielte Produktqualität auf einem vorgegebenen Niveau gehalten werden.  
30

Die vorstehenden Ausführungen wurden am Beispiel einer Erzmühle gemacht. Die beschriebenen Prinzipien und vorteilhaften Wirkungsweisen lassen sich aber ohne weiteres auch auf den  
35



Betrieb anderer Mühlentypen, wie beispielsweise Zementmühlen oder in der Pharmaindustrie eingesetzte Mühlen, übertragen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Mühlensystems (1) wobei
  - a) Modellparameter (P) eines Modells (33) des Mühlensystems  
5 (1) berechnet werden ,
  - b) auf Basis des mit den berechneten Modellparametern (P) aktualisierten Modells (33) für mindestens eine Betriebsgröße (B) des Mühlensystems (1) ein Vorhersagewert ( $B_V$ ) für eine aktuelle Betriebsphase ermittelt wird,
  - 10 c) Stell- oder Führungsgrößen (A) des Mühlensystems (1) aufgrund des aktualisierten Modells (33) eingestellt und während der aktuellen Betriebsphase verwendet werden,
  - d) ein Messwert ( $B_M$ ) der Betriebsgröße (B) während der aktuellen Betriebsphase ermittelt wird,
  - 15 e) eine Abweichung (F) zwischen dem Vorhersagewert ( $B_V$ ) und dem Messwert ( $B_M$ ) bestimmt wird,
  - f) die Modellparameter (P) auf Basis der Abweichung (F) angepasst und zusammen mit dem Modell (33) zur Vorhersage der Betriebsgröße (B) sowie zur Einstellung der Stell- oder  
20 Führungsgrößen (A) für einen zukünftigen Betriebszustand verwendet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass das Mühlensystem (1)  
25 mehrere Subeinheiten (3, 4, 5) umfasst, für jede Subeinheit (3, 4, 5) ein Submodell bestimmt wird, und das Modell (33) aus den Submodellen zusammengesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
30 dadurch gekennzeichnet, dass die Submodelle zumindest für die als eine zentrale Mühleeneinheit (3), eine Sumpfeinheit (4) und eine Hydrozyklonen-Einheit (5) ausgebildeten Subeinheiten des Mühlensystems (1) bestimmt werden.
- 35 4. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass als die vorhergesagte und gemessene Betriebsgröße (B,  $B_V$ ,  $B_M$ ) ein Durchfluss, eine Dichte, ein Gewicht, ein Druck, eine Leistung, ein Drehmo-

ment, eine Geschwindigkeit oder eine Körnigkeit vorgesehen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1,

5 dadurch gekennzeichnet, dass als die vorhergesagte und gemessene Betriebsgröße ( $B$ ,  $B_V$ ,  $B_M$ ) eine Korngrößenverteilung in einer Ausflussleitung (7) an einem Ausgang des Mühlensystems (1), in einer Sumpfeinheit (4) des Mühlensystems (1) oder in einer Rückflussleitung (8) zu einer Hydrozyklonen-Einheit (5) des Mühlensystems (1) vorgesehen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, dass die Korngrößenverteilung in Echtzeit erfasst wird.

15

7. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der Korngrößenverteilung mindestens zwei Teilbereiche mit verschiedenen Korngrößen unterschieden werden.

20

8. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass die Anpassung der Modellparameter ( $P$ ) mittels eines auf mindestens eine vorgebbare Zielfunktion ausgerichteten Optimierungsverfahrens durchgeführt wird, wobei in die Zielfunktion die Abweichung ( $F$ ) zwischen dem Vorhersagewert ( $B_V$ ) und dem Messwert ( $B_M$ ) mit einfließt.

25

9. Verfahren nach Anspruch 1,

30 dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellung der Stell- oder Führungsgrößen ( $A$ ) mittels eines auf mindestens eine vorgebbare Zielgröße ausgerichteten Optimierungsverfahrens durchgeführt wird, wobei bei dem Optimierungsverfahren Nebenbedingungen mit berücksichtigt werden.

35

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,

dadurch gekennzeichnet, dass als Optimierungsverfahren ein SQP-Verfahren vorgesehen wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass als Zielgröße eine in-  
nerhalb des Mühlensystems (1) vorliegende Korngröße oder  
Korngrößenverteilung des zu mahlenden Materials oder ein Be-  
5 ladungszustand des Mühlensystems (1) vorgesehen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass als Nebenbedingungen  
physikalische, technologische oder prozessbedingte Grenzen  
10 vorgesehen werden.

13. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass als Modell (33) ein  
datengetriebenes Modell vorgesehen wird.

15

14. Verfahren nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet, dass als datengetriebenes  
Modell ein neuronales Netz vorgesehen wird.

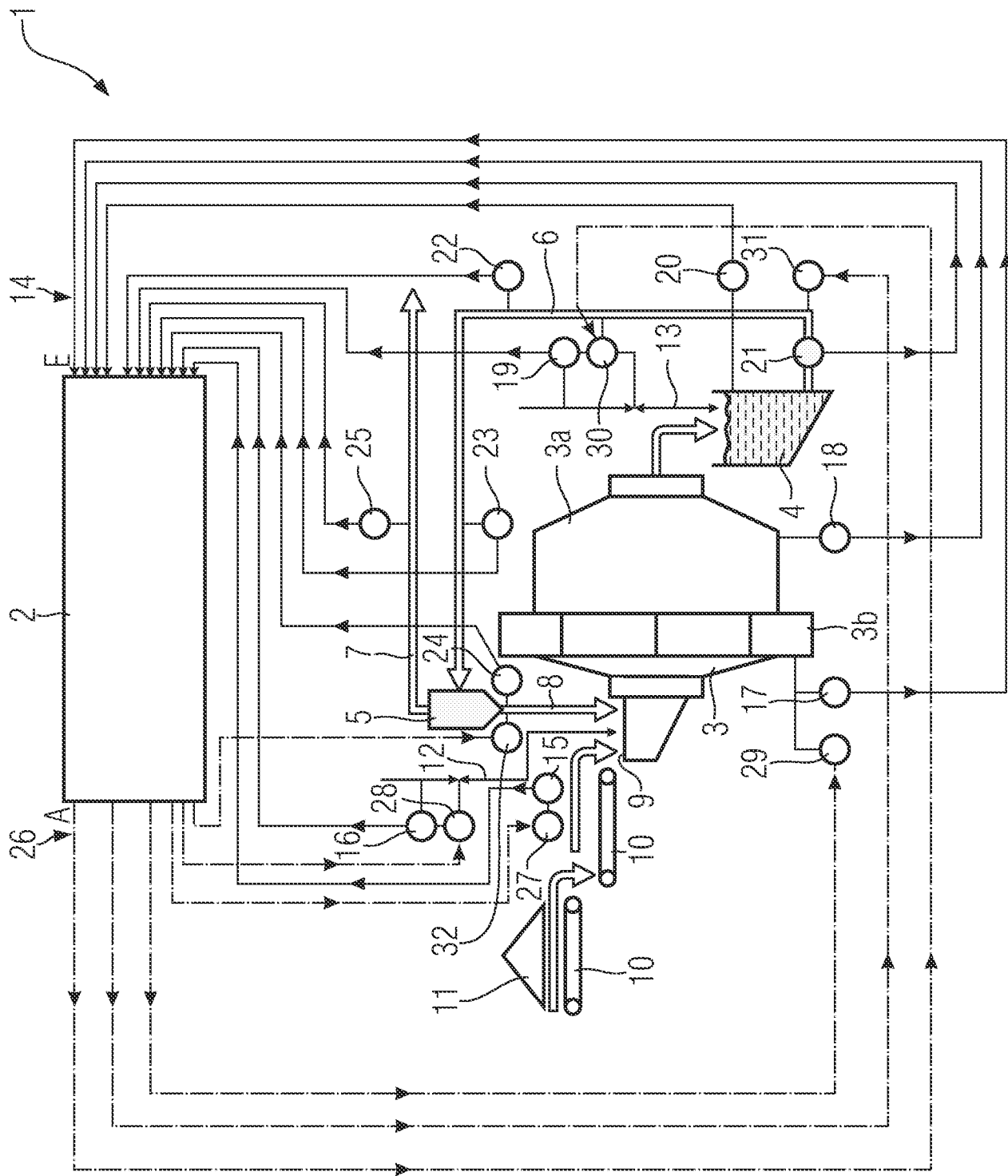
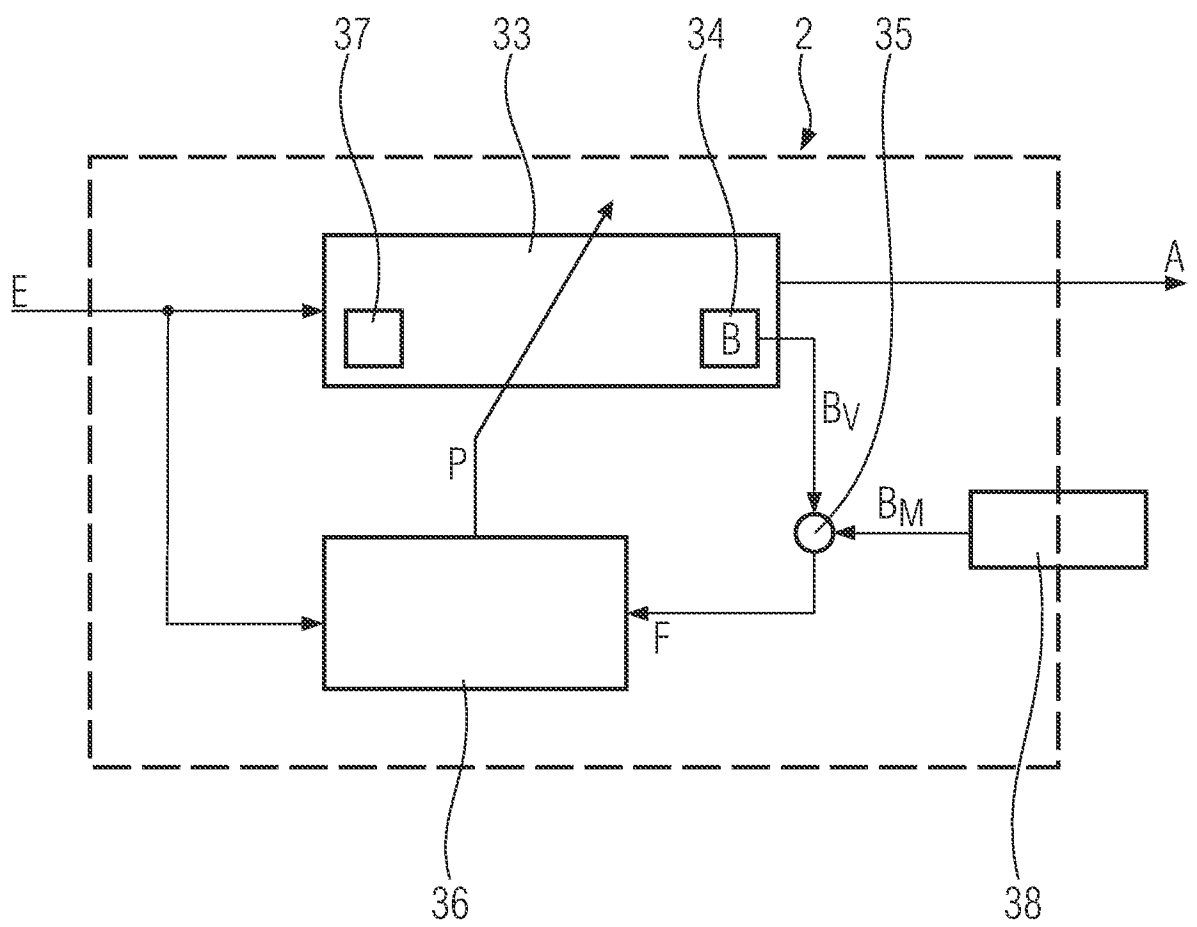


FIG 1

FIG 2



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2007/052494

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
INV. B02C25/00 G05B13/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G05B B02C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                   | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | K.SANKAR, P. KALE, R.A. SOMANI, R. SOMANI:<br>"Online-Steuerung und Optimierung des<br>Mahlvorgangs in Kugelmøhlen"<br>ZKG INTERNATIONAL,<br>vol. 55, no. 11/2002, 2002, pages 92-99,<br>XP002438577                                 | 1                     |
| Y         | the whole document                                                                                                                                                                                                                   | 2-14                  |
| Y         | M. RAMASAMY, S.S. NARAYANAN, CH.D.P. RAO:<br>"Controll of ball mill grinding circuit<br>using model predictive control scheme"<br>JOURNAL PF PROCESS CONTROL,<br>vol. 15, no. 3, April 2005 (2005-04),<br>pages 273-283, XP002438578 | 2-14                  |
| X         | the whole document                                                                                                                                                                                                                   | 1-14                  |
| X         | US 2005/154477 A1 (MARTIN GREGORY D [US]<br>ET AL) 14 July 2005 (2005-07-14)<br>the whole document                                                                                                                                   | 1-14                  |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 June 2007

Date of mailing of the international search report

10/07/2007

Name and mailing address of the ISA/  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kopacz, Ireneusz

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2007/052494

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 2005154477                             | A1                  | 14-07-2005                 | NONE                |



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/052494

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
INV. B02C25/00 G05B13/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
G05B B02C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                                                                   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| X          | K.SANKAR, P. KALE, R.A. SOMANI, R. SOMANI:<br>"Online-Steuerung und Optimierung des<br>Mahlvorgangs in Kugelmøhlen"<br>ZKG INTERNATIONAL,<br>Bd. 55, Nr. 11/2002, 2002, Seiten 92-99,<br>XP002438577                                 | 1                  |
| Y          | das ganze Dokument                                                                                                                                                                                                                   | 2-14               |
| Y          | M. RAMASAMY, S.S. NARAYANAN, CH.D.P. RAO:<br>"Controll of ball mill grinding circuit<br>using model predictive control scheme"<br>JOURNAL PF PROCESS CONTROL,<br>Bd. 15, Nr. 3, April 2005 (2005-04),<br>Seiten 273-283, XP002438578 | 2-14               |
| X          | das ganze Dokument                                                                                                                                                                                                                   | 1-14               |
| X          | US 2005/154477 A1 (MARTIN GREGORY D [US]<br>ET AL) 14. Juli 2005 (2005-07-14)<br>das ganze Dokument                                                                                                                                  | 1-14               |

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> | <p>*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>*G* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Juni 2007

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

10/07/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kopacz, Ireneusz

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/052494

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 2005154477 A1                                   | 14-07-2005                    | KEINE                             |                               |