



(11)

EP 2 155 417 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
22.04.2015 Patentblatt 2015/17

(51) Int Cl.:
B22C 5/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08736404.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/054769

(22) Anmeldetag: **18.04.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/151874 (18.12.2008 Gazette 2008/51)

(54) VERFAHREN ZUR AUFBEREITUNG VON FORMSAND

METHOD FOR PREPARING MOLDING SAND

PROCÉDÉ DE PRÉPARATION DE SABLE DE FONDERIE

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

• **KOHLER, Clemens**
97941 Tauberbischofsheim (DE)

(30) Priorität: **11.06.2007 DE 102007027298**

(74) Vertreter: **WSL Patentanwälte Partnerschaft mbB**
Kaiser-Friedrich-Ring 98
65185 Wiesbaden (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.02.2010 Patentblatt 2010/08

(56) Entgegenhaltungen:
CH-A- 517 541 DE-A1- 1 947 566
DE-A1- 2 053 936 DE-A1- 3 220 662
DE-A1- 19 536 803 DE-B- 1 301 874
JP-A- 56 053 844 US-A- 3 838 847

(73) Patentinhaber: **Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG**
74736 Hardheim (DE)

(72) Erfinder:
• **SEEBER, Roland**
74736 Hardheim (DE)

EP 2 155 417 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Aufbereitung von Formsand.

[0002] Das Gießen ist wahrscheinlich das wichtigste Urformverfahren. Dabei wird eine Schmelze des zu verarbeitenden Werkstoffs in eine Form gegossen, in der er dann erstarrt und das herzustellende Gußteil bildet.

[0003] Häufig kommen sogenannte verlorene Formen zum Einsatz. Diese Formen werden aus Formsand, d.h. aus Quarzsand und einem Bindemittel, hergestellt. Diese Formen werden meist durch Abformen von Modellen erstellt. In die Form wird dann der flüssige Werkstoff eingefüllt. Nach der Erstarrung des Werkstoffs kann der Formsand entfernt werden, d.h. das Gußteil entformt werden, wobei die Form zerstört wird. Daher wird diese Art der Form als verlorene Form bezeichnet.

[0004] Um eine optimale Formherstellung zu gewährleisten, muß der Sand u.a. mit geeigneten Bindemitteln versetzt werden. Bei der Formherstellung wird daher grundsätzlich darauf geachtet, daß der zu verwendende Formsand möglichst gut an den Werkstoff angepaßte Eigenschaften aufweist. Dabei ist beispielsweise das verwendete Gußmaterial und die damit verbundene Schmelztemperatur aber auch die Außen- und gegebenenfalls Innenkontur des Formteils zu beachten.

[0005] Die Qualität des Formsands hängt im wesentlichen von dem Ton- bzw. Schlammgehalt, von der Korngröße und der Kornverteilung, von der Form und der Oberfläche der Quarzkörper, von der Art und der Menge der Begleitmaterialien, vom Feuchtigkeitsgehalt und vom Grad der Verdichtung ab.

[0006] Der gebrauchte Formsand wird in der Regel aus Kosten- und Umweltschutzgründen möglichst vollständig aufbereitet und wiederverwendet, zumal pro Gewichtseinheit Guß im allgemeinen 5 bis 15 Gewichtsanteile Formsand anfallen. Mindestens 90 % des gebrauchten Formsandes kann aufbereitet und dem Forrikreislauf wieder zugeführt werden, da die Binderhüllen größtenteils noch wirksam sind, so daß lediglich Wasser und gegebenenfalls Bindemittel zugeführt werden muß. Ein Teil des Altsandes wird aus dem Kreislauf ausgeschleust und durch frisches Einsatzmaterial ersetzt.

[0007] Häufig werden tongebundene Formsande verwendet, die in der Regel nach dem Abgußprozeß wieder einem Aufbereitungsprozeß zugeführt werden, wo dem Altsand wieder in ausreichender Menge Wasser, Bindemittel (z.B. Bentonit), Additive (z.B. Kohlenstaub) und Neusand zugemischt werden.

[0008] Die Aufbereitung findet im allgemeinen in einem Mischer und häufig unter Vakuum statt, um den Formsand gleichzeitig abzukühlen. Bei der Aufbereitung ist darauf zu achten, daß das Bindemittel die Quarzsandkörner möglichst gut umschließt.

[0009] Das Ziel dieser Aufbereitung ist es, das der den Mischer verlassende aufbereitete Sand eine gleichmäßige Qualität besitzt. Die Qualität des Gießereialtsandes schwankt jedoch durch die thermische Belastung beim Gußprozeß in Abhängigkeit von dem jeweiligen Produktionsprogramm, so daß ständig Altsand mit schwankendem Feuchte- und Schlammstoffgehalt in die Aufbereitungsanlage zurückgeführt wird.

[0010] Das Ziel einer gut funktionierenden Aufbereitung besteht deshalb immer darin, Schwankungen im Altsand zu erkennen und diese, durch in den Aufbereitungsprozeß eingreifende Korrekturmaßnahmen, wie Anpassung der Wasserzugabemenge oder des Binderanteils, zu korrigieren.

[0011] Hierfür sind die unterschiedlichsten Verfahren im Einsatz. Beispielsweise wird in dem aus der DE 32 20 662 bekannten Verfahren in der Regel mit einem dem Mischer nachgeschalteten oder dem Mischer direkt eine Probe entnehmendem Meßgerät die Verdichtbarkeit sowie weitere Meßgrößen wie beispielsweise die Druckfestigkeit und/oder Scherfestigkeit direkt ermittelt. Zusätzlich wird die Feuchte des Altsandes im Mischer zur Korrektur der Wasserzugabemenge über einen Feuchtesensor direkt ermittelt und auf der Basis der erfaßten Werte Verdichtbarkeit und Feuchte korrigierend in die Wasserzugabe sowie die Zuschlagstoffzugabe zur Erzielung einer konstanten Formsandqualität des aufbereiteten Formsandes eingegriffen.

[0012] Der Nachteil all dieser Verfahren ist die Notwendigkeit einer oder mehrerer zusätzlicher mehr oder weniger aufwendiger Meßgeräte zur Bestimmung der Feuchte sowie der betrachteten Sandparameter.

[0013] Aus der CH 517 541 ist ein Verfahren zur Regelung der Feuchte von Mischgütern bekannt, bei der die Wasserzugabe in Abhängigkeit von mehreren einstellbaren Werten der Wirkleistung des Motors eines Hilfswerkzeuges intermittierend in zwei oder mehr Stufen mit veränderlichen Zugabe- und Pausenzeiten in die Mischung erfolgt, bis sukzessive ein voreingestellter Sollwert erreicht wird. Da die Veränderung der Motorleistung nach Zugabe einer gewissen Wassermenge nicht schlagartig stattfindet, sondern erst eine gewisse Mischzeit notwendig ist, bis ein stationärer Zustand und damit ein konstanter Meßwert erreicht wird, verändert sich die Mischzeit in Abhängigkeit von der notwendigen Gesamtwassermenge deutlich. Um eine gleichmäßige Sandqualität zu erzielen, ist neben einer möglichst konstanten Feuchte auch eine konstante Mischzeit bei einer ausreichend hohen Wassermenge notwendig, die mit dem vorgenannten Verfahren jedoch nicht erzielbar ist.

[0014] Die DE 2053936 beschreibt eine Weiterentwicklung der CH 517 541 bei der neben der Stromaufnahme des schnell laufenden Hilfswerkzeuges zusätzlich die Stromaufnahme des drehenden Mischbehälters zu genaueren Bestimmung der Mischgutfeuchte herangezogen wird. Die Wasserzugabe erfolgt auch hier wieder sukzessive in mehreren Teilschritten in die momentan aufzubereitende Formsandmenge über die Steuerung von Magnetventilen in Wasserzu-

föhrleitungen. Zusätzlic wird zur Korrektur der Wassermenge ein Temperatursignal in die Berechnung einbezogen. Auch diese verbesserten Lösung föhrt zu unnötig langen und vor allem unterschiedlich langen Naßmischzeiten, da nach jeder Zugabe einer Teilmenge Wasser das Mischgut wieder eine gewisse Zeit benötigt, bis es dem Mischwerkzeug einen konstanten größeren Widerstand entgegensetzt.

[0015] In der DE 1947566 ist ein Verfahren mit einem kontinuierlic mit einen Formsand durchströmten gegenüber der horizontalen geneigten Trommelmischer offenbart, bei dem die Motorleistung der rotierenden Mischtrommel zur Regelung der Feuchtezuföhr verwendet wird. Bei variierender Zugabemenge bzw. variierenden Eingangsfeuchte des zugeföhrten Formsandes ändert sich auch hier der Schüttkegel in der Trommel und somit die Masse an Feststoff sowie die Leistungsaufnahme des Motors, so daß langwellige Schwankungen in den Eigenschaften des Altsandes damit nicht ausgeglichen werden können.

[0016] In der US 3838847 ist ein weiterentwickeltes Verfahren der DE 1947566 beschrieben, bei dem ein kontinuierlic mit Formsand durchströmter, gegenüber der horizontalen geneigten konischer Trommelmischer in Abhängigkeit des Drehmomentes eines im Gegenstrom zum Mischbehälter arbeitenden Mischwerkzeuges mit Flüssigkeit beaufschlagt wird, so daß das am Mischwerkzeug anstehenden Drehmoment konstant ist.

[0017] Nachteilig bei dieser Lösung ist, daß die Verweilzeit im Mischer nicht gezielt gesteuert werden kann und von der Dosierleistung des Zuföhrbandes abhängt. Hinzu kommt, daß der Schüttwinkel des einströmenden Formsandes im Trommelmischer stark von der Eingangsfeuchte abhängt und somit das Mischwerkzeug unterschiedlich stark mit Formsand bedeckt ist, was wiederum die Motorleistung stark beeinflößt. Da zudem auch hier wieder nach der Wasserzugabe der Formsand eine gewisse Zeitspanne benötigt, bis das Wasser zu einer merklicen Veränderung des Widerstandes und damit der Leistungsaufnahme föhren kann, föhrt dieses Verfahren leicht zu einer Überfeuchtung des Formsandes.

[0018] Ähnlic verhält es sich mit dem in der DE 1301874 beschriebenen diskontinuierlicen Verfahren, bei dem die Wasserzugabe nach Vorlage des Altsandes kontinuierlic in die Mischung erfolgt bis eine gewisse Leistungsaufnahme am Rotor gemessen wird. Durch die zeitverzögerte Reaktion des Mischgutes auf die Wasserzugabe und die in der Schrift aufgezeigte extrem starke Abhängigkeit der Stromaufnahme von sehr kleinen Feuchteänderungen im Bereich der gewünschten Endfeuchte kann diese Verfahrensweise zu einer schnellen Überfeuchtung des Mischgutes föhren. Aufgrund dieses Mangels wurde vom gleichen Erfinder die in der DE 2053936 und CH 517541 beschriebene sukzessive Wasserzugabe in Teilmengen mit entsprechenden Pausenzeiten zwischen den Zugabeschritten entwickelt.

[0019] Die JP 56053844 beschreibt ein Verfahren zur Korrektur der Formsandqualität durch schwankende Feststofffeinwaagen, die sich aus der zeitgesteuerten Zugabe des Altsandes in einen Vorlagebehälter ergeben durch Wirkleistungsmessung an einem Kollerantrieb. In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird in einem Kollermischer gleichzeitig die Feuchte und der Bentonitgehalt des Altsandes auf der Basis der Motorleistungsdifferenz zwischen einem Meßwert nach Zugabe des Altsandes in den Mischer und einem zweiten Meßwert nach Zugabe einer vordefinierten Wasser- und Bindermenge sowie einer fest vorgegebenen Mischzeit korrigiert.

[0020] Die Nachbeschickung der fehlenden Wasser- und Bindermenge erfolgt nach einer zweiten Messung in die gleiche Formsandmenge auf der Basis des experimentell ermittelten Zusammenhanges zwischen Feuchtegehalt und Motorleistungsdifferenz sowie Bindergehalt und Motorleistungsdifferenz. Die gleichzeitige Korrektur zweier Betriebsgrößen, Feuchte und Bentonitgehalt, die auch noch voneinander abhängig sind, auf der Basis nur einer Meßgröße Motorleistungsdifferenz bei gleichzeitig nicht konstanter Füllmenge im Mischer sowie schwankender Altsandzusammensetzungen föhrt zwangsläufig eher zu größeren als zu kleineren Schwankungen in der Formsandqualität.

[0021] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren mit einem einfachen Regelsystem zur Steuerung der Verdichtbarkeit eines Umlaufformsandes bereitzustellen.

[0022] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Aufbereitung von Formsand mit den Schritten:

- a) Aufteilen des aufzubereitenden Formsands in mindestens zwei Formsandmengen,
- b) Zugeben einer ersten aufzubereitenden Formsandmenge in einen Mischer,
- c) Bewegen eines im Mischer vorgesehenen Mischwerkzeugs,
- d) Messen der für die Bewegung des Mischwerkzeugs notwendigen Kraft,
- e) Bestimmen der Ist-Verdichtbarkeit der im Mischer befindlicen Formsandmenge aus der gemessenen Kraft,
- f) Bestimmen der Differenz zwischen der Ist-Verdichtbarkeit und einer Soll-Verdichtbarkeit,
- g) Bestimmen der der im Mischer befindlicen Formsandmenge zuzufögenden Wassermenge aus der Differenz,
- h) Zufögen der unter g) bestimmten Wassermenge zu der Formsandmenge,
- i) Bewegen des im Mischer vorgesehenen Mischwerkzeugs während einer vorbestimmten Zeitperiode,
- j) Messen der für die Bewegung des Mischwerkzeugs notwendigen Kraft,
- k) Bestimmen der Ist-Verdichtbarkeit der aufbereiteten ersten Formsandmenge aus der gemessenen Kraft,
- l) Bestimmen der Differenz zwischen der Ist-Verdichtbarkeit und der Soll-Verdichtbarkeit,
- m) Bestimmen einer Wasserkorrekturmenge und/oder einer Neusandkorrekturmenge und/oder einer Schlämmstoffkorrekturmenge aus der Differenz zwischen der Ist-Verdichtbarkeit und der Soll-Verdichtbarkeit,
- n) Wiederholen der Schritte b) bis m) mit einer zweiten aufzubereitenden Formsandmenge, wobei vor oder zusam-

men mit Schritt h) die Wasserkorrekturmenge und/oder die Neusandkorrekturmenge und/oder die Schlammstoffkorrekturmenge der weiteren aufzubereitenden Formsandmenge zugefügt wird.

[0023] Demnach wird zunächst ein Teil des aufzubereitenden Formsands in einem Mischer eingefüllt und die für die Bewegung des Mischwerkzeuges benötigte Kraft gemessen. Diese Kraftmessung kann am einfachsten indirekt über die Wirkleistung des Mixers gemessen werden. Grundsätzlich ist es nicht notwendig einen exakten Meßwert für die benötigte Kraft zu ermitteln, es reicht vielmehr völlig aus, eine Größe zu messen, die ein Maß für die benötigte Kraft darstellt, da für das Verfahren weniger die Kraft, sondern vielmehr die Verdichtbarkeit des Formsands von Bedeutung ist. Es gibt viele Methoden, die Verdichtbarkeit von Formsand zu messen. Wird beispielsweise der Formsand in einen Meßzylinder gefüllt und mit einem definierten Preßdruck verdichtet, so bezeichnet man die Füllhöhenabnahme des Formsands im Meßzylinder in % als Verdichtbarkeit.

[0024] Aus der DE 3220662 ist bekannt, daß die Verdichtbarkeit des Formsandes bei konstantem Schlammstoffgehalt in etwa linear vom Befeuchtungsgrad bzw. dem Feuchtegehalt abhängt.

[0025] Dieser Zusammenhang gilt erfahrungsgemäß nur für Feuchtigkeitswerte oberhalb von 2%. Unterhalb einer Feuchte von 2% ist der Zusammenhang stark nichtlinear, da der Formsand noch keine ausreichend Bindigkeit der Sandkörner beizit. Die Verdichtbarkeit nimmt mit steigendem Schlammstoffgehalt zu.

[0026] Beispielsweise wird der Mischer über eine gravimetrische Feststoffwaage mit einer konstanten Menge Altsand beschickt. Nach vollständiger Zugabe des Altsandes in den Mischer wird die Leistungsaufnahme des Antriebsmotors MP_1 erfasst und über die experimentell ermittelte Eichkurve zwischen Motorleistung und Feuchte in einen Ist-Feuchtwert F_1 umgerechnet. Aus dem bekannten Zusammenhang zwischen Feuchte und Verdichtbarkeit bei gegebenem Schlammstoffgehalt SG wird aus der Soll Verdichtbarkeit V_{Soll} die notwendige Soll-Feuchte F_{Soll} errechnet und die sich daraus ergebene Feuchtigkeitsdifferenz ΔF_1 durch eine einmalige Wasserzugabe in den Mischer ausgeglichen.

[0027] Nach Zugabe der Wassermenge wird der Formsand eine voreingestellte Mischzeit im Mischer aufbereitet und am Ende der Aufbereitung dieser Formsandmenge kurz vor der Entleerung ein zweiter Messwert MP_2 für die Wirkleistung des Mischwerkzeuges aufgenommen. Über den bekannten Zusammenhang zwischen Wirkleistung und Feuchte lässt sich somit eine Ist-Feuchte F_2 bzw. Ist-Verdichtbarkeit V_2 des Formsandes ermitteln. Aufgrund von Schwankungen im Schlammstoffgehalt des Altsandes kann dies nun zu Abweichungen zwischen der Soll-Verdichtbarkeit V_{Soll} und der gemessenen Ist-Verdichtbarkeit V_2 führen.

[0028] Die sich aus der Abweichung ergebende Verdichtbarkeitsdifferenz ΔV_2 wird nun über eine festgelegte Korrekturfunktion in einen Feuchtekorrekturwert F_{Korr} umgerechnet, der in der nachfolgend aufzubereitenden Formsandmenge bei der Bestimmung der notwendigen Zugabewassermenge entsprechende Berücksichtigung findet.

$$F_{Soll,i} = F_{1,i} + \Delta F_1 - F_{Korr,i} + F_{Evap}(T_i)$$

mit

$$F_{Korr,i} = F_{Korr,i-1} + F_{Korr}(\Delta V_{2,i-1}) \quad (1)$$

wobei sich i auf die Chargennummer bezieht, d.h. i=1 für die erste Formsandmenge, i=2 für die zweite Formsandmenge usw.

[0029] Die Aufbereitung der nachfolgenden Formsandmengen wird daher durch die Korrekturmessung, die bei der unmittelbar vorangegangene Formsandmengenaufbereitung nach der Aufbereitung durchgeführt wurde, beeinflusst. Durch diesen korrigierenden Eingriff in die Aufbereitung der nachfolgenden Formsandmenge kann zum einen die Mischzeit im Mischer konstant gehalten und zum anderen langwellige Schwankungen in der Altsandzusammensetzung ausgeglichen werden. Es erfolgt hierüber eine selbsttätige Anpassung der Korrekturwassermengen an allmähliche Veränderungen in der Sandzusammensetzung. Mit anderen Worten wird die Verdichtbarkeit am Ende der Aufbereitung kontrolliert und - falls eine Abweichung zum Sollwert festgestellt wird - die Aufbereitung zukünftiger Formsandmengen entsprechend angepaßt. Der Korrekturwert wirkt sich somit nicht mehr auf die Formsandmenge aus, bei welcher die Abweichung festgestellt wurde, sondern nur auf nachfolgend aufzubereitende Formsandmengen.

[0030] Falls der aufbereitete Formsand eine gegenüber der Umgebung erhöhte Temperatur hat, kommt es nach der Wasserzugabe zur Verdunstung eines Teils des zugegebenen Wassers in den dem Mischer nachgeschalteten Anlagenteilen wie beispielsweise dem Abzugsband. Um diesen Feuchteverlust auszugleichen wird in einer bevorzugten Ausführungsform aus der Temperatur des Altsandes über eine Energiebilanz auf die zu erwartende Feuchtigkeitsabnahme durch Verdunstung geschlossen und diese zusätzlich Feuchtemenge $F_{Evap}(T)$ ebenfalls dem Formsand zugefügt.

[0031] In einer weiteren Ausführungsform wird der Mischer während der Aufbereitung evakuiert. Dadurch kommt es

zu einer Siedepunktniedrigung des im Formsand enthaltenen Wassers, so daß zumindest ein Teil des Wasser verdampft und aufgrund der benötigten Verdampfungsenergie der verbleibende Formsand effektiv gekühlt wird. Da der wiederaufzubereitende Formsand meist direkt der ausgepackten Form entnommen wird, ist er ohnehin für eine weitere Verarbeitung zu heiß und muß abgekühlt werden. Eine Aufbereitung unter Vakuum verkürzt nicht nur den Aufbereitungsprozeß, sondern führt auch zu einer besseren Qualität des aufbereiteten Formsands.

[0032] Ein Verfahren, bei dem zu regenerierender Sand unter Vakuum geknetet wird, ist in der DE 195 36 803 A1 offenbart.

[0033] Um die Feuchte des Formsandes beizubehalten, wird daher bei dieser Aufbereitungsvariante dem Formsand zusätzlich zur Verdunstungswassermenge, die sich in diesem Fall aus der Endtemperatur des aufbereiteten Formsandes, die mit den eingestellten Enddruck korrespondiert, ergibt, vor der Aufbereitung exakt die Wassermenge F_{Cool} zugeführt, die notwendig ist, um den Formsand von seiner Ist-Temperatur auf die Soll-Temperatur abzukühlen. Dazu kann wiederum eine Messung der Temperatur des nicht aufbereiteten Formsands verwendet werden, wobei die Temperaturmessung in der Altsandzuführung erfolgen kann.

[0034] Die Temperatur des Altsandes, der z.B. über Altsandbänder zur Waage gefördert wird, wird dabei auf dem Weg zur Waage erfaßt und für die nachfolgende Wasserkorrektur zum Ausgleich der Verdunstungswassermenge oder bei Aufbereitung unter Vakuum zur Bestimmung der Wassermenge, die zur Verdampfungskühlung genutzt wird, verwendet.

[0035] Dabei wird der temperaturabhängige Wasserverlust $F_{Evap}(T)$ durch Verdunstung über die im Altsand zuvor gemessene Altsandtemperatur oder aus der aus dem Enddruck der Vakuumaufbereitung über die Dampfdruckkurve des Wassers berechneten Siedetemperatur auf bekannte Weise über eine Energiebilanz berechnet und zusätzlich der Mischung zugeführt.

[0036] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform unterteilt sich die Korrekturfunktion der Feuchtekorrektur in Abhängigkeit der ermittelten Feuchtedifferenz zwischen Ist-Verdichtbarkeit und Soll-Verdichtbarkeit am Ende der Aufbereitung in 3 Abschnitte. In einem ersten Abschnitt, folgt die Korrekturfunktion einem Polynom n-ter Ordnung mit $n > 1$, so daß kleine Abweichungen nur zu sehr kleinen Änderungen in der Feuchtezugabe führen und größere Abweichungen stärker berücksichtigt werden. In einem 2. Abschnitt, der sich direkt an den 1. Abschnitt anschließt, folgt die Feuchtekorrektur einem linearen Zusammenhang, während sie in einem 3. Abschnitt, der sich direkt an den 2. Abschnitt anschließt, auf einen festgelegten Maximalwert begrenzt ist.

[0037] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Korrektur der Verdichtbarkeitsdifferenz alternativ oder in Kombination durch Zugabe von Neusand oder einer Mischung aus Feinststoffen wie Bentonit, Kohlenstaub und Filterstaub zu der Mischung. Nach vollständiger Zugabe einer definierten und gravimetrisch überprüften Feststoffmenge in den Mischer wird die Leistungsaufnahme des Antriebsmotors erfaßt und über die Eichkurve zwischen Motorleistung und Feuchte in einen Ist-Feuchtwert umgerechnet. Die Differenz zu einer zuvor fest definierten Endfeuchte unter Berücksichtigung der Verdunstungswassermenge auf Basis der im Altsand ermittelten Temperatur wird durch Wasserezugabe in die Mischung ausgeglichen.

$$F_{Soll,i} = F_{1,i} + \Delta F_1 + F_{Evap}(T_i) \quad (2)$$

[0038] Nach Zugabe der gesamten Wassermenge wird eine voreingestellte Mischzeit der Formsand im Mischer aufbereitet und am Ende der Aufbereitung dieser Formsandmenge kurz vor der Entleerung ein zweiter Meßwert für die Wirkleistung des Mischwerkzeuges erfaßt. Über den bekannten Zusammenhang zwischen Wirkleistung und Feuchte bzw. der Verdichtbarkeit bei gegebenem Schlämstoffgehalt, wird die Differenz zwischen der Soll- und Ist-Verdichtbarkeit ermittelt.

[0039] Diese so ermittelte Verdichtbarkeitsdifferenz wird nun über eine abschnittsweise definierte Korrekturfunktion in einen Korrekturwert zur Korrektur der Schlämstoffgehaltes in der Rezeptur umgerechnet, der in der nachfolgenden Aufbereitung einer anderen Formsandmenge bei der Bestimmung der notwendigen Zuschlagstoffmengen entsprechende Berücksichtigung findet.

[0040] Bei einer positiven Differenz zwischen Ist- und Soll-Verdichtbarkeit ist der Schlämstoffgehalt in der Mischung zu niedrig und muß durch Zugabe von Feinanteil z.B. in Form einer Mischung aus Bentonit, Kohlenstaub und Filterstaub erhöht werden, während bei einer negativen Differenz zwischen Ist- und Soll-Verdichtbarkeit der Schlämstoffgehalt in der Mischung zu hoch ist und durch Zugabe von grobem Neusand reduziert werden muß.

[0041] Die Korrekturfunktion der Zuschlagstoffe in Abhängigkeit der am Ende der Aufbereitung ermittelten Verdichtbarkeitsdifferenz zwischen Ist-Verdichtbarkeit und Soll-Verdichtbarkeit unterteilt sich in 3 Abschnitte. In einem ersten Abschnitt, folgt die Korrekturfunktion einem Polynom n-ter Ordnung mit $n > 1$, so daß kleine Abweichungen nur zu sehr kleinen Änderungen in der Zuschlagstoffzugabe führen. In einem 2. Abschnitt, der sich direkt an den 1. Abschnitt anschließt, folgt die Zuschlagstoffkorrektur einem linearen Zusammenhang, während sie in einem 3. Abschnitt, der sich

dem 2. Abschnitt direkt anschließt, auf einen festgelegten Maximalwert begrenzt ist.

[0042] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann zur Verkürzung der Gesamtaufbereitungszeit unter Beibehaltung einer konstant langen Naßmischzeit, die qualitätsbestimmend ist, auf der Basis der in der vorher aufbereiteten Formsandmenge bestimmten Wassermenge zeitgleich mit der Zugabe des Altsandes bzw. des Neusandes und der Additive in den Mischer ein Teil, vorzugsweise ca. 80 - 90%, der benötigten Wassermenge in den Mischer eidosiert werden.

[0043] Auf diese Weise ist einerseits sichergestellt, daß der Feuchtegehalt des Sandes zu Beginn der ersten Messung der Wirkleistung sicher oberhalb der notwendigen Mindestfeuchte von 2% liegt und andererseits die notwendige Naßmischzeit bei entsprechend hohen Feuchten bei deutlich verkürzten Formsandmengenaufbereitungszeiten eingehalten werden kann. Die Mindestfeuchte von 2% ist deswegen notwendig, da nur hier der lineare Zusammenhang zwischen Verdichtbarkeit und Feuchtigkeitsgehalt besteht.

[0044] Auf der Basis der ersten Wirkleistungsmessung nach Zugabe und Einmischen des Wassers erfolgt die Bestimmung der notwendigen fehlenden Feuchtigkeitsmenge zur Erzielung der vorgegebenen Soll-Verdichtbarkeit. Nach Bestimmung und Zugabe der Restwassermenge nach Gleichung (1), die in diesem Fall nur noch die fehlenden 10 bis 20% ausgleicht, findet kurz vor der Entleerung bei in der Summe konstanter Naßmischzeit die zweite Wirkleistungsmessung statt, so daß damit wiederum die Ist-Feuchte bzw. Ist-Verdichtbarkeit ermittelt werden kann und für die Korrektur der Wasserzugabemenge in der nachfolgenden Formsandmenge zur Verfügung steht.

[0045] Weitere bevorzugte Ausführungsformen werden durch die Merkmale der Unteransprüche verwirklicht.

[0046] Weitere Vorteile, Merkmale und Ausgestaltungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den folgenden Beschreibungen in Verbindung mit den Zeichnungen. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Anlage zur Durchführung des Verfahrens,

Figur 2 ein schematisches Diagramm mit dem experimentell ermittelten Zusammenhang zwischen Motorleistung und Feuchte bzw. dem bekannten Zusammenhang zwischen Feuchte und Verdichtbarkeit von Gießereisand bei verschiedenen Schlämmstoffgehalten,

Figur 3 ein schematisches Diagramm der in drei Abschnitte unterteilten Feuchtekorrekturfunktion in Abhängigkeit von der Differenz zwischen Soll- und Ist-Verdichtbarkeit,

Figur 4 ein weiteres schematisches Diagramm mit dem experimentell ermittelten Zusammenhang zwischen Motorleistung und Feuchte bzw. dem bekannten Zusammenhang zwischen Feuchte und Verdichtbarkeit von Gießereisand bei verschiedenen Schlämmstoffgehalten und

Figur 5 ein schematisches Diagramm der in drei Abschnitte unterteilten Schlämmstoffkorrekturfunktion in Abhängigkeit von der Differenz zwischen Soll- und Ist-Verdichtbarkeit

[0047] Figur 1 zeigt schematische eine Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Formsandmischer 1, der über ein fliegend gelagertes, schnell laufendes Mischwerkzeug 2 verfügt. Die Motorwirkleistung wird auf an sich bekannte Weise durch die Erfassung der Motorspannung und Motorströme und Berücksichtigung der Phasenlage ermittelt und einem Steuergerät 3 zugeführt. Der Formsandmischer 1 wird über eine Altsandwaage 4 und eine Additivwaage 5 mit Feststoffen beschickt. Die Altsandwaage 4 wird aus einem Altsandsilo 6 über beispielsweise ein Förderband 7 mit Altsand bis zu einem voreingestellten Gewichtswert beschickt. Während der Altsand vom Altsandsilo 6 zur Altsandwaage 4 transportiert wird, wird die Temperatur des Altsandes auf dem Förderband kontinuierlich mit einem Temperatursensor 8 erfaßt, daraus ein Mittelwert der Altsandtemperatur errechnet und dem Steuergerät 3 eingespeist. Nach der Altsandzugabe in die Altsandwaage 4 wird ein fest vorgegebener Wert Neusand 9 aus einem weiteren Neusandsilo hinzugefügt. Parallel dazu werden in einer Additivwaage 5 die vorgegebenen Mengen an Additiven wie Bentonit 10 und Kohlenstaub 11 verwogen. In einer Flüssigkeitswaage 12 wird eine ausreichend große Menge Wasser vorgelegt, so daß die berechnete Flüssigkeitsmenge komplett ohne Unterbrechung durch Abzugsverwiegung dem Formsand im Mischer 1 zugegeben werden kann.

[0048] Die Einzelgewichte der Feststoffwaagen werden ebenso über das Steuergerät gravimetrisch dosiert, um ein konstantes Gesamtgewicht an Feststoffen in den Mischer 1 geben zu können.

[0049] In Figur 2 ist im unteren Teil des Diagramms der bekannte Zusammenhang zwischen Verdichtbarkeit und Feuchtigkeitsgehalt dargestellt. Je nach Schlämmstoffgehalt ergeben sich unterschiedliche Eichgraden, die bei höherem Schlämmstoffgehalt SG in Richtung eines höheren Feuchtigkeitsgehaltes hin verschoben sind. Im oberen Teil der Figur 2 ist der experimentell ermittelte Zusammenhang zwischen Motorleistung MP und Feuchte der Mischung dargestellt. Ab einer Feuchte von ca. 2% steigt die Motorleistung linear mit der Feuchte. Die dargestellt Eichgerade gilt für ein Gesamtgewicht der Formsandeinwaage. Unterhalb einer Feuchte von 2% ist aufgrund der noch nicht vollständig aus-

gebildeten Bindigkeit zwischen den Sandkörner der Zusammenhang zwischen Motorleistung und Feuchte stark nicht-linear.

[0050] Dieser Bereich ist für die Regelung der Verdichtbarkeit nur begrenzt geeignet, so daß vorzugsweise eine Anfangsfeuchte von größer als 2% gewählt wird.

[0051] Dies kann beispielsweise durch eine Vorwasserzugabe in Höhe von 80-90% der Wassermenge, die der vorherigen Formsandmenge (auch vorherige Charge genannt) zugefügt wurde, die zeitgleich mit der Zugabe der Feststoffe in den Mischer erfolgt, sichergestellt werden.

[0052] Figur 3 zeigt schematisch die Feuchtekorrekturfunktion in Abhängigkeit von der Verdichtbarkeitsdifferenz, die für die Korrektur der Wasserzugabemenge in der nachfolgenden Charge verwendet wird. Die Korrekturfunktion unterteilt sich sowohl für positive als auch negative Abweichungen in der Verdichtbarkeit in drei unterschiedliche Abschnitte. In einem ersten Abschnitt I folgt die Korrekturfunktion einem Polynom n-ter Ordnung mit $n > 1$, mit dem Ziel, das kleine Abweichungen vom Sollwert nur sehr gering bis gar nicht korrigiert werden, während bei größeren Abweichungen eine überproportional stärkere Korrektur erfolgt. Damit die Korrektur bei großen Abweichungen nicht zu stark wird, schließt sich dem ersten Abschnitt I ein zweiter Abschnitt II mit einem vorzugsweise linearen Verhalten an, bei dem die Abweichungen zwischen Verdichtbarkeit und Feuchte direkt proportional erfolgen. Damit der Regelkreis nicht zu Schwingen beginnt, wird für sehr große Abweichungen, die in der Regel nicht aus den langwelligen Schwankungen, sondern aus Einzelereignissen herrühren, die Korrekturmengen durch einen nach oben limitierten Korrekturwert begrenzt (siehe Abschnitt III).

[0053] In Figur 4 ist der prinzipiell gleiche Zusammenhang zwischen Motorleistung, Feuchte und Verdichtbarkeit für unterschiedlichen Schlammstoffgehalten wie in Figur 2 dargestellt, wobei auf die Darstellung unnötiger Bezeichnungen für die Feuchtekorrektur verzichtet wurde. Die Flüssigkeitszugabemenge wird ohne weitere Korrekturfunktion direkt aus der Differenz zwischen der aus der Wirkleistung MP_1 ermittelten Feuchte und der durch die Sollverdichtbarkeit bei gegebenem Schlammstoffgehalt berechneten Sollfeuchte F_{Soll} direkt ermittelt. Die Abweichungen aufgrund eines schwankenden Schlammstoffgehaltes zwischen der Ist-Feuchte am Ende der Charge F_2 , die sich aus der Wirkleistungsmessung MP_2 kurz vor der Entleerung des Mixers über die Eichgrade berechnet, und der Soll-Feuchte F_{Soll} wird in diesem Fall über einen Eingriff in die Dosiersteuerung der Feststoffzugabe kompensiert. Die hierfür verwendeten Korrekturfunktion zeigt schematisch Figur 5. Während bei der Korrektur der Wasserzugabe nur mehr oder weniger Wasser zugegeben werden muß, muß bei einer Korrektur über die Feststoffzugabe zwischen der Zugabe von grobem Neusand zur Verringerung des Schlammstoffgehaltes bzw. der Zugabe von Feinstoffe zur Erhöhung des Schlammstoffgehaltes unterschieden werden. Wie Figur 5 zeigt, ist bei einer positiven Abweichung zwischen der Verdichtbarkeit am Ende der Aufbereitung im Mischer V_2 und der Sollverdichtbarkeit von einem zu niedrigen Schlammstoffgehalt auszugehen, so dass dieser durch die Zugabe von Feinanteil, z.B. in Form Bentonit oder auch einer Mischung aus Bentonit, Kohlenstaub und ggfs. noch Filterstaub ausgeglichen werden kann.

[0054] Bei einer negativen Abweichung zwischen der Verdichtbarkeit am Ende der Aufbereitung im Mischer V_2 und der Sollverdichtbarkeit von einem zu hohen Schlammstoffgehalt in der Mischung auszugehen, so daß dieser durch die Zugabe von Grobanteil in Form von Neusand ausgeglichen werden kann.

[0055] Sowohl die Korrekturfunktionen für die Sandzugabe als auch die Feinanteilzugabe von z.B. Bentonit sind auch hier vorzugsweise in drei unterschiedliche Abschnitte aufgeteilt. In einem ersten Abschnitt folgt die Korrekturfunktion einem Polynom n-ter Ordnung mit $n > 1$, so daß kleine Abweichungen vom Sollwert nur sehr gering bis gar nicht korrigiert werden, während bei größeren Abweichungen eine überproportional stärkere Korrektur erfolgt. Damit die Korrektur bei großen Abweichungen nicht zu stark wird, schließt sich dem ersten Abschnitt ein zweiter Abschnitt mit einem vorzugsweise linearen Verhalten an, bei dem die Abweichungen zwischen Verdichtbarkeit und Feuchte direkt proportional erfolgen. Damit der Regelkreis nicht zu Schwingen beginnt, werden für sehr große Abweichungen, die in der Regel nicht aus den langwelligen Schwankungen, sondern aus Einzelereignissen herrühren, durch einen nach oben limitierten Korrekturwert begrenzt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufbereitung von Formsand mit den Schritten,

- a) Aufteilen des aufzubereitenden Formsands in mindestens zwei Formsandmengen,
- b) Zugeben einer ersten aufzubereitenden Formsandmenge in einen Mischer,
- c) Bewegen eines im Mischer vorgesehenen Mischwerkzeugs,
- d) Messen der für die Bewegung des Mischwerkzeugs notwendigen Kraft,
- e) Bestimmen der Ist-Verdichtbarkeit der im Mischer befindlichen Formsandmenge aus der gemessenen Kraft,
- f) Bestimmen der Differenz zwischen der Ist-Verdichtbarkeit und einer Soll-Verdichtbarkeit,
- g) Bestimmen der im Mischer befindlichen Formsandmenge zuzufügenden Wassermenge aus der Differenz,

h) Zufügen der unter g) bestimmten Wassermenge zu der Formsandmenge,
 i) Bewegen des im Mischer vorgesehenen Mischwerkzeugs während einer vorbestimmten Zeitperiode,
 j) Messen der für die Bewegung des Mischwerkzeugs notwendigen Kraft,
 k) Bestimmen der Ist-Verdichtbarkeit der aufbereiteten ersten Formsandmenge aus der gemessenen Kraft,
 l) Bestimmen der Differenz zwischen der Ist-Verdichtbarkeit und der Soll-Verdichtbarkeit,
 m) Bestimmen einer Wasserkorrekturmenge und/oder einer Neusandkorrekturmenge und/oder einer Schlämmstoffkorrekturmenge aus der Differenz zwischen der Ist-Verdichtbarkeit und der Soll-Verdichtbarkeit,
 n) Wiederholen der Schritte b) bis m) mit einer zweiten aufzubereitenden Formsandmenge, wobei vor oder zusammen mit Schritt h) die Wasserkorrekturmenge und/oder die Neusandkorrekturmenge und/oder die Schlämmstoffkorrekturmenge der weiteren aufzubereitenden Formsandmenge zugefügt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt a) die Aufteilung in mindestens drei Formsandmengen erfolgt und wobei die in Schritt m) bestimmten Korrekturmengen jeweils der nächsten Formsandmenge zugefügt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Temperatur der aufzubereitenden Formsandmenge vor Schritt i) gemessen wird und aus der Differenz zwischen gemessener Temperatur und einer Solltemperatur die Verdunstungswassermenge F_{Evap} berechnet wird, und die Verdunstungswassermenge F_{Evap} vor Schritt i) in den Mischer gegeben wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** im Mischer während Schritt i) Vakuum angelegt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Temperatur der aufzubereitenden Formsandmenge vor Schritt d) gemessen wird und aus der Differenz zwischen gemessener Temperatur und einer Solltemperatur die zuzugebende Wassermenge F_{Cool} berechnet wird, die notwendig ist, um die Formsandmenge durch Verdampfungskühlung auf die Solltemperatur abzukühlen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei der zweiten und jeder weiteren Formsandmenge zumindest 1/10 vorzugsweise mehr als 5/10 und besonders bevorzugt zwischen 8/10 und 9/10 der in Schritt g) für die erste bzw. vorherige Formsandmenge bestimmte Wassermenge gegebenenfalls korrigiert um die in Schritt m) bestimmte Wasserkorrekturmenge vor Schritt d) zugeführt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die vorbestimmte Zeitperiode für alle aufzubereitenden Formsandmengen gleich ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt m) die Wasserkorrekturmenge berechnet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wasserkorrekturmenge mittels einer linearen Korrekturfunktion bestimmt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wasserkorrekturmenge durch eine vorbestimmte Grenzwassermenge beschränkt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wasserkorrekturmenge bei kleinen gemessenen Differenzen zwischen der Ist-Verdichtbarkeit und der Soll-Verdichtbarkeit mittels einer Korrekturfunktion n-ter Ordnung, wobei $n > 1$, bestimmt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt m) eine Neusandkorrekturmenge oder eine Schlämmstoffkorrekturmenge aus der Differenz zwischen der Ist-Verdichtbarkeit und der Soll-Verdichtbarkeit bestimmt wird und die Neusandkorrekturmenge oder die Schlämmstoffkorrekturmenge vorzugsweise in Schritt b) der weiteren aufzubereitenden Formsandmenge zugefügt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt m) eine Wasserkorrekturmenge aus der Differenz zwischen der Ist-Verdichtbarkeit und der Soll-Verdichtbarkeit bestimmt wird und die Wasserkorrekturmengen vorzugsweise bei der Zugabe der unter g) bestimmten Wassermenge zu der Formsandmenge in Schritt h) bei der weiteren aufzubereitenden Formsandmenge berücksichtigt wird.

Claims

1. A method for processing molding sand, having the following steps:

- a) dividing the molding sand to be processed into at least two molding sand portions;
- b) adding a first molding sand portion to be processed to a mixer;
- c) moving a mixing tool provided in the mixer;
- d) measuring the force required to move the mixing tool;
- e) determining the actual compressibility of the molding sand portion in the mixer from the measured force;
- f) determining the difference between the actual compressibility and a reference compressibility;
- g) determining the quantity of water to be added to the molding sand portion in the mixer from the difference;
- h) adding the quantity of water determined in g) to the molding sand portion;
- i) moving the mixing tool provided in the mixer for a predetermined period of time;
- j) measuring the force required to move the mixing tool;
- k) determining the actual compressibility of the processed first molding sand portion from the measured force;
- l) determining the difference between the actual compressibility and the reference compressibility;
- m) determining a corrective quantity of water and/or a corrective quantity of new sand and/or a corrective quantity of clay from the difference between the actual compressibility and the reference compressibility;
- n) repeating steps b) to m) with a second molding sand portion to be processed, wherein before or together with step h) the corrective quantity of water and/or the corrective quantity of new sand and/or the corrective quantity of clay is added to the further molding sand portion to be processed.

2. A method according to claim 1, **characterized in that** in step a) the division is into at least three portions of molding sand and wherein the corrective quantities defined in step m) are respectively added to the subsequent molding sand portion.

3. A method according to claim 1 or claim 2, **characterized in that** the temperature of the molding sand portion to be processed is measured before step i) and the difference between the measured temperature and a reference temperature is used to calculate the evaporation water quantity F_{Evap} , and the evaporation water quantity F_{Evap} is added to the mixer before step i).

4. A method according to claim 1 or claim 2, **characterized in that** a vacuum is formed in the mixer during step i).

5. A method according to claim 4, **characterized in that** the temperature of the molding sand portion to be processed is measured before step d) and the difference between the measured temperature and a reference temperature is used to calculate the quantity of water F_{Cool} to be added which is necessary to cool the molding sand portion by evaporation cooling to the reference temperature.

6. A method according to one of claims 1 to 5, **characterized in that** in the second and every further molding sand portion at least 1/10, preferably more than 5/10 and particularly preferably between 8/10 and 9/10 of the quantity of water determined in step g) for the first or preceding molding sand portion, corrected if necessary with the corrective quantity of water determined in step m) is added before step d).

7. A method according to one of claims 1 to 6, **characterized in that** the predetermined time period is the same for all molding sand portions to be processed.

8. A method according to one of claims 1 to 7, **characterized in that** the corrective quantity of water is calculated in step m).

9. A method according to claim 8, **characterized in that** the corrective quantity of water is determined by using a linear corrective function.

10. A method according to claim 8 or claim 9, **characterized in that** the corrective quantity of water is limited by a predetermined limiting quantity of water.

11. A method according to one of claims 8 to 10, **characterized in that** for small differences measured between the actual compressibility and the reference compressibility, the corrective quantity of water is determined by means of an n th order corrective function, wherein $n > 1$.

12. A method according to one of claims 1 to 11, **characterized in that** in step m) a corrective quantity of new sand or a corrective quantity of clay is determined from the difference between the actual compressibility and the reference compressibility, and the corrective quantity of new sand or the corrective quantity of clay is preferably added in step b) for the subsequent molding sand portion to be processed.

13. A method according to claim 12, **characterized in that** in step m) a water corrective quantity is determined from the difference between the actual compressibility and the reference compressibility and the corrective quantity of water is preferably taken into account when adding the quantity of water determined in g) to the molding sand portion in step h) for the subsequent molding sand portion to be processed.

Revendications

1. Procédé de préparation de sable de moulage comprenant les étapes suivantes :

- a) division du sable de moulage à préparer en au moins deux quantités de sable de moulage,
- b) chargement d'une première quantité de sable de moulage à préparer dans un mélangeur,
- c) agitation d'un outil mélangeur prévu dans le mélangeur,
- d) mesure de la force nécessaire pour l'agitation de l'outil mélangeur,
- e) détermination de l'aptitude au serrage réelle de la quantité de sable de moulage contenue dans le mélangeur, sur la base de la force mesurée,
- f) détermination de la différence entre l'aptitude au serrage réelle et une aptitude au serrage prévue,
- g) détermination de la quantité d'eau à ajouter à la quantité de sable contenue dans le mélangeur, sur la base de la différence,
- h) addition de la quantité d'eau déterminée sous g) à la quantité de sable de moulage,
- i) agitation de l'outil mélangeur prévu dans le mélangeur pendant une période prédéterminée,
- j) mesure de la force nécessaire pour l'agitation de l'outil mélangeur,
- k) détermination de l'aptitude au serrage réelle de la première quantité de sable de moulage préparée, sur la base de la force mesurée,
- l) détermination de la différence entre l'aptitude au serrage réelle et l'aptitude au serrage prévue,
- m) détermination d'une quantité correctrice d'eau et/ou d'une quantité correctrice de sable neuf et/ou d'une quantité correctrice de boue, sur la base de la différence entre l'aptitude au serrage réelle et l'aptitude au serrage prévue,
- n) répétition des étapes b) à m) avec une deuxième quantité de sable de moulage à préparer, dans laquelle, avant l'étape h) ou simultanément avec cette étape, la quantité correctrice d'eau et/ou la quantité correctrice de sable neuf et/ou la quantité correctrice de boue est ou sont ajoutées à la quantité de sable de moulage à préparer suivante.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, dans l'étape a), la division s'effectue en au moins trois quantités de sable de moulage, et dans lequel les quantités correctrices déterminées dans l'étape m) sont ajoutées chacune à la quantité de sable de moulage suivante.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la température de la quantité de sable de moulage à préparer est mesurée avant l'étape i) et, sur la base de la différence entre température mesurée et une température de consigne, la quantité d'eau d'évaporation F_{Evap} est calculée et la quantité d'eau d'évaporation F_{Evap} est ajoutée dans le mélangeur avant l'étape i).

4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'on** fait le vide dans le mélangeur pendant l'étape i).

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la température de la quantité de sable à préparer est mesurée avant l'étape d) et, sur la base de la différence entre la température mesurée et une température de consigne, on calcule la quantité d'eau F_{Cool} à ajouter qui est nécessaire pour ramener la quantité de sable de moulage à la température de consigne par un refroidissement par évaporation.

6. Procédé selon une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que**, pour la deuxième quantité de sable de moulage et pour chacune des quantités suivantes, on ajoute avant l'étape d) au moins 1/10, de préférence plus de 5/10 et, de façon particulièrement préférée, entre 8/10 et 9/10, de la quantité d'eau déterminée dans l'étape g) pour la première quantité de sable de moulage ou pour la quantité de sable de moulage respectivement précédente, cette

EP 2 155 417 B1

fraction étant le cas échéant corrigée de la quantité correctrice d'eau déterminée dans l'étape m).

7. Procédé selon une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la période prédéterminée est la même pour toutes les quantités de sable de moulage à préparer.

8. Procédé selon une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que**, dans l'étape m), on calcule la quantité correctrice d'eau.

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la quantité correctrice d'eau est déterminée au moyen d'une fonction de correction linéaire.

10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** la quantité correctrice d'eau est limitée par une quantité d'eau limite prédéterminée.

11. Procédé selon une des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce qu'**en présence de petites différences mesurées entre l'aptitude au serrage réelle et l'aptitude au serrage prévue, la quantité correctrice d'eau est déterminée au moyen d'une fonction de correction d'ordre n, avec $n > 1$.

12. Procédé selon une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que**, dans l'étape m), une quantité correctrice de sable neuf ou une quantité correctrice de boue est déterminée sur la base de la différence entre l'aptitude au serrage réelle et l'aptitude au serrage prévue, et la quantité correctrice de sable neuf ou la quantité correctrice de boue est ajoutée à la quantité de sable de moulage à préparer suivante, de préférence dans l'étape b).

13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que**, dans l'étape m), une quantité correctrice d'eau est déterminée sur la base de la différence entre l'aptitude au serrage réelle et l'aptitude au serrage prévue, et la quantité correctrice d'eau est prise en compte pour la quantité de sable de moulage à préparer suivante, de préférence lors de l'addition de la quantité d'eau déterminée sous g) à la quantité de sable de moulage de l'étape h).

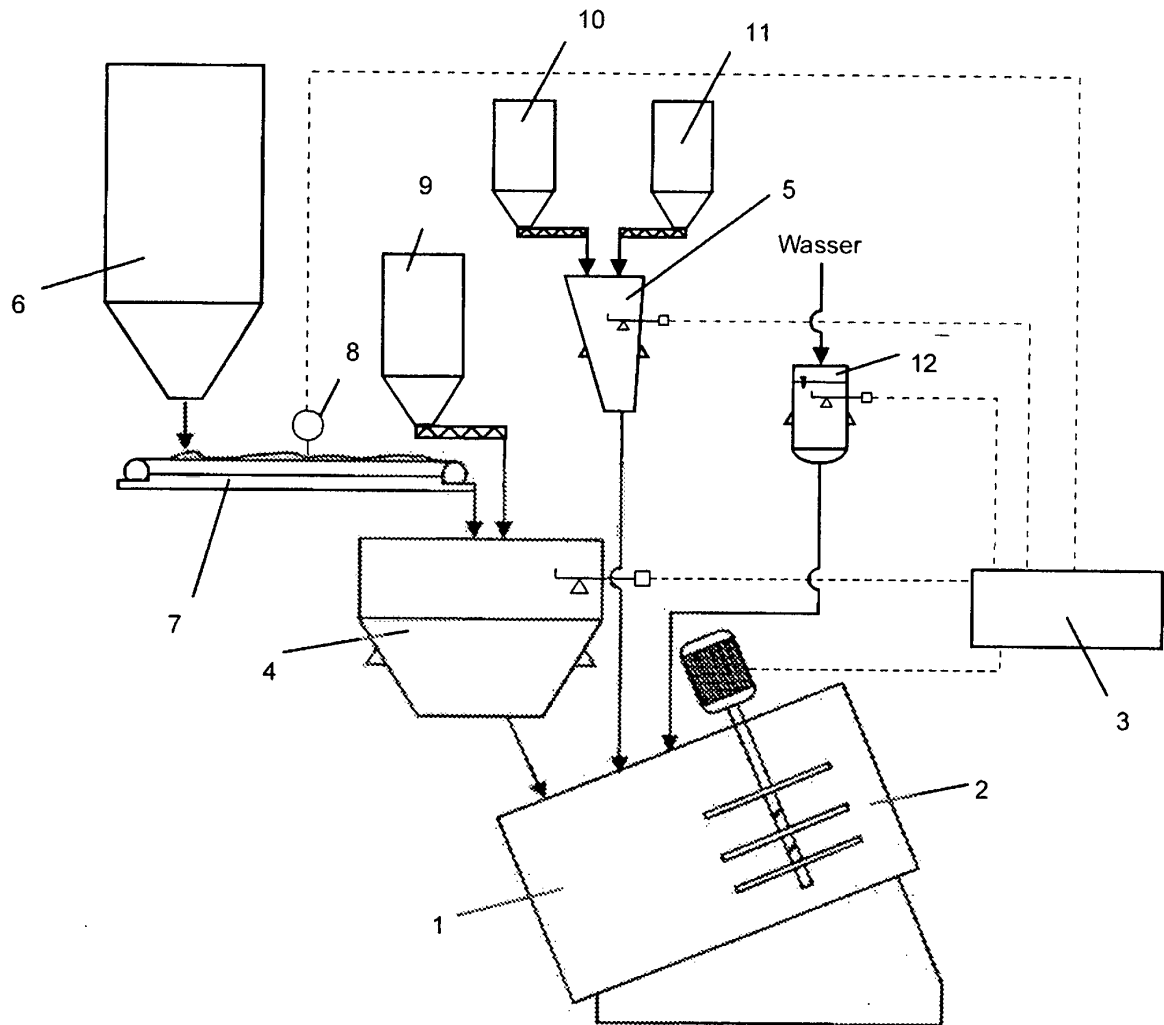


Fig. 1

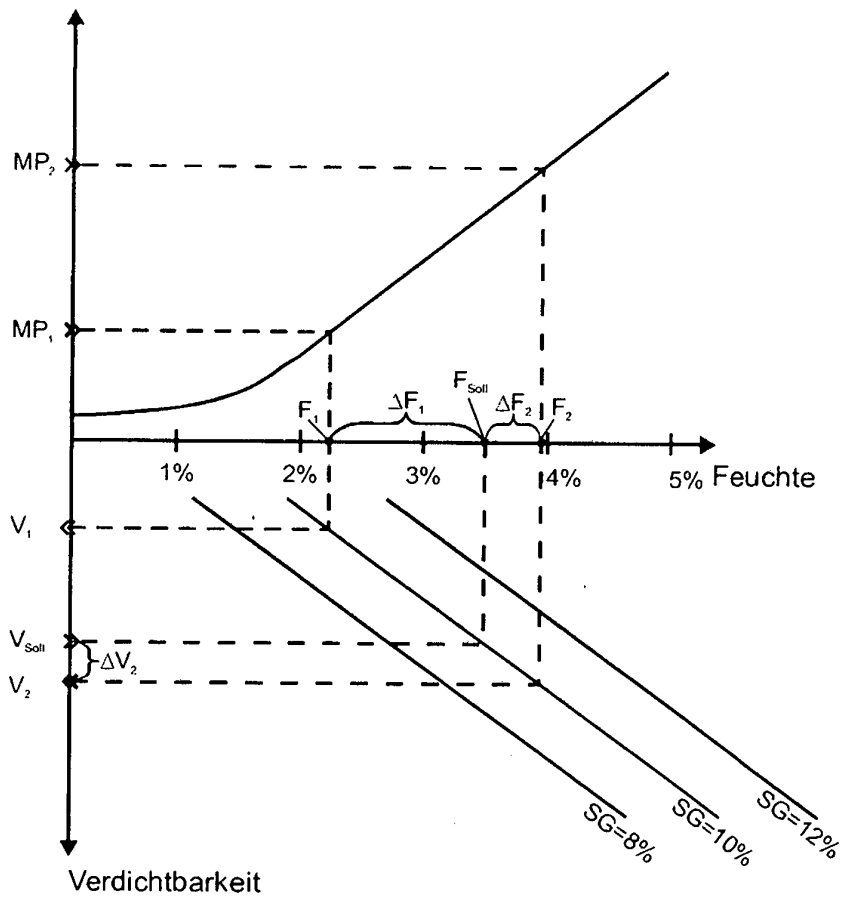


Fig. 2

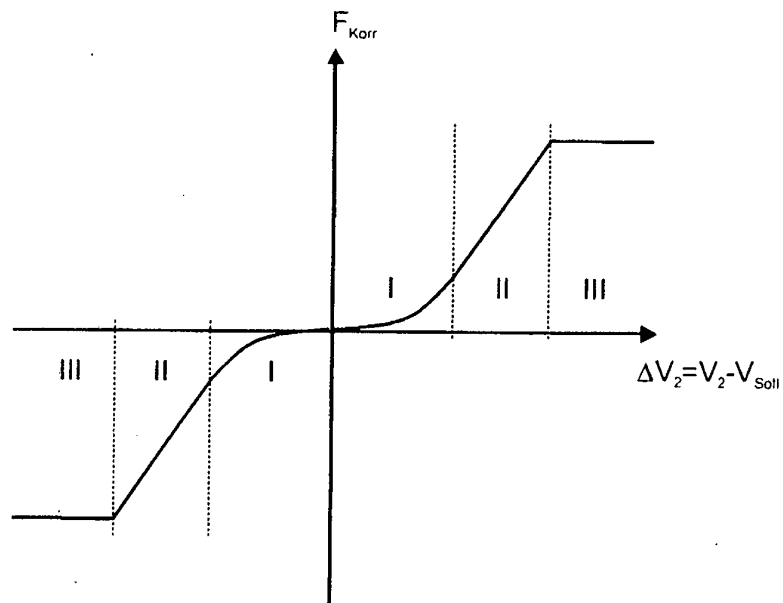


Fig. 3

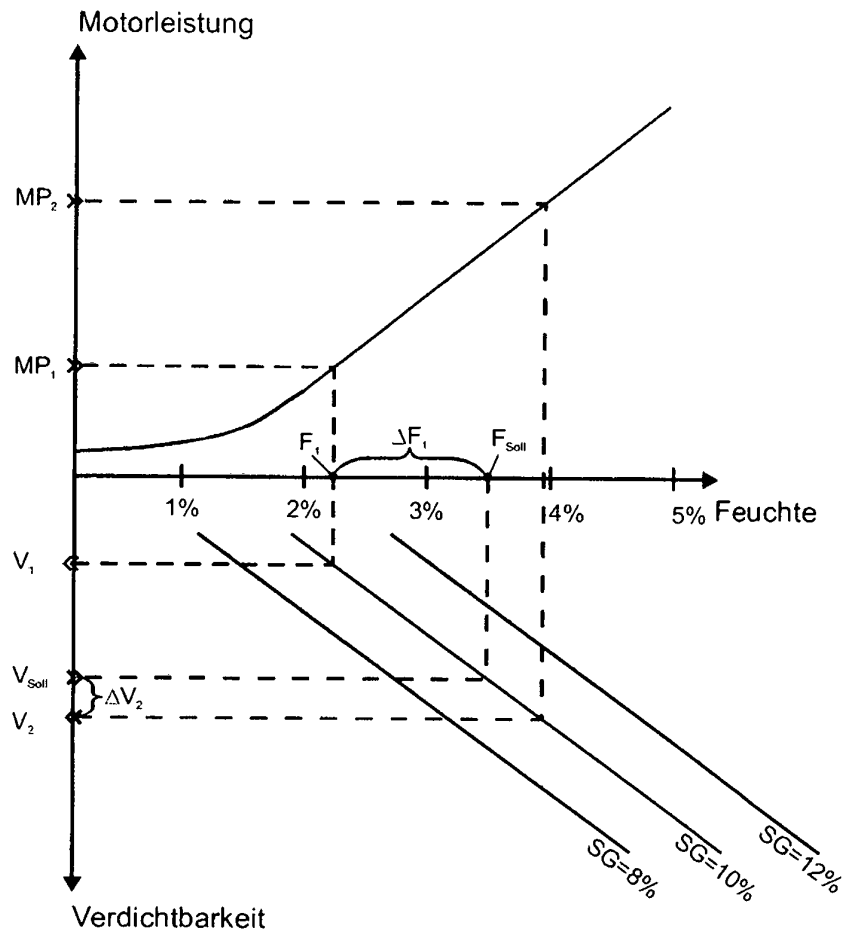


Fig. 4

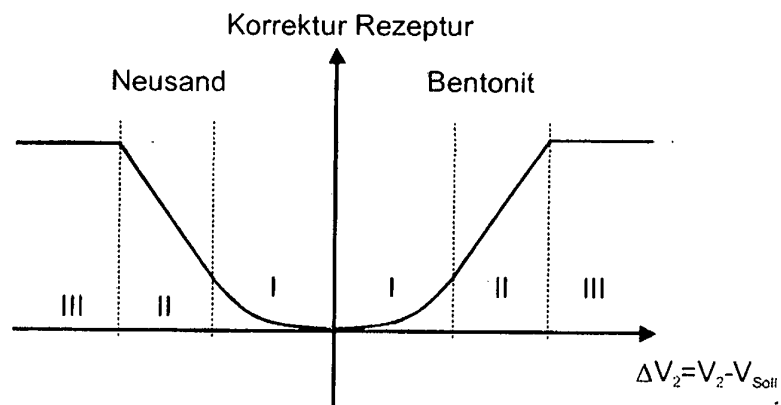


Fig. 5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3220662 [0011] [0024]
- CH 517541 [0013] [0014] [0018]
- DE 2053936 [0014] [0018]
- DE 1947566 [0015] [0016]
- US 3838847 A [0016]
- DE 1301874 [0018]
- JP 56053844 B [0019]
- DE 19536803 A1 [0032]