DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTSCHRIFT

(19) DD (11) 266 172 A1

4(51) G 01 N 25/18

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 N / 307 187 6 (22) 24.09.87 (44) 22.03.89

(71) Technische Universität DRESDEN, Mommsenstraße 13, Dresden, 8027, DD
(72) Wolf, Günther, Dipl.-Ing.; Großmann, Karin, Dr.-Ing., DD

(54) Verfahren zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit des Einzelpartikels einer Schüttung

(55) Wärmeleitfähigkeit, Einzelpartikel, Schüttung, zeitlicher Temperaturverlauf, Sonden, Behälter, Füllstoff, Prüfstoff, Etalon, systematische Fehler, Wärmekapazität, Feuchte

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit des Einzelpartikels einer Schüttung durch Messung des zeitlichen Temperaturverlaufs mit vier Sonden bekannter Bauart in ebensovielen Behältern, wobei der erste das Schüttgut mit dem Füllstoff 1, der zweite das mit einem Füllstoff 2 verfüllte Schüttgut und der dritte bzw. vierte die Füllstoffe 1 bzw. 2 enthalten. Es ermöglicht darüber hinaus durch quasi-zeitgleiche Messungen in Prüfstoff und Etalon, verfahrensbedingte systematische Fehler bei der Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität und Feuchte auszuschalten. Die Erfindung ist aus Fig. 1 ersichtlich. Fig. 1

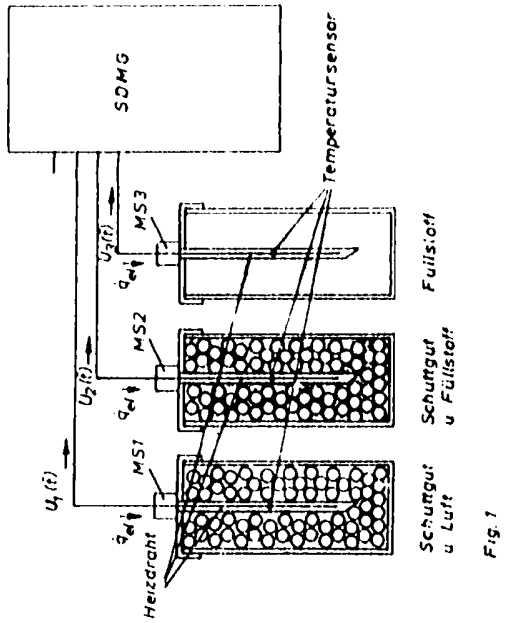


Fig. 1

ISSN 0433-6461

5 Seiten

Patentansprüche:

1. Verfahren zur absoluten Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit einer Schüttung durch Messung der elektrischen Heizleistung und des zeitlichen Temperaturverlaufes einer von innen elektrisch beheizten und in den Prüfstoff eingebetteten Sonde während einer zeitlich begrenzten Heiz- und Abkühlphase (ausgeschaltete Heizung), woraus die wirksame Differenz der längenbezogenen Speicherkapazität zwischen der Sonde und dem Prüfstoff (ΔpcA) ermittelt und danach die Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität und Feuchte bestimmt werden, **gekennzeichnet dadurch,** daß die Messung synchron mit drei oder vier gleichartigen Sonden bekannter Bauart in ebenso vielen Behältern unterschiedlicher Füllung unter gleichen Bedingungen durchgeführt und aus den ermittelten Wärmeleitfähigkeitswerten die Wärmeleitfähigkeit des Einzelpartikels eines Schüttgutes berechnet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1., **gekennzeichnet dadurch,** daß sich im ersten Behälter das Schüttgut mit dem Füllstoff 1, im zweiten Behälter das Schüttgut durch einen Füllstoff 2 verfüllt und im dritten bzw. vierten Behälter die Füllstoffe 1 bzw. 2 selbst befinden.
3. Verfahren nach Anspruch 1., **gekennzeichnet dadurch,** daß die Behälter gleiche, genügend große Abmessungen, vorzugsweise einen Durchmesser d = 20cm, aufweisen.
4. Verfahren nach Anspruch 1., **gekennzeichnet dadurch,** daß zur Messung nur zwei Behälter mit je einer Meßsonde verwendet werden, wobei sich in einem Behälter das Prüfgut und in einem zweiten ein Etalon befindet.
5. Verfahren nach Anspruch 1., **gekennzeichnet dadurch,** daß die Abtastzeit τ_A für alle Meßsonden wesentlich kürzer als die Zykluszeit τ_Z zwischen zwei Meßwertabtastungen ist, die Messungen quasi zeitgleich und unter gleichen Prüfbedingungen durchgeführt werden.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft zum einen ein Verfahren zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit des Einzelpartikels einer Schüttung, wie sie beispielsweise bei Trocknungs- und Regenerationsvorgängen (für Auslegungsrechnungen, Optimierung des Energieeinsatzes, Einhalten von Grenztemperaturen für empfindliche Güter wie Getreide usw.) benötigt wird. Bei derartigen technischen Vorgängen ist nicht nur die effektive Wärmeleitfähigkeit der Schüttung, sondern die Wärmeleitfähigkeit des Einzelpartikels der Schüttung gefragt. Zum anderen ermöglicht sie das Ausschalten verfahrensbedingter systematischer Fehler bei der Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität und Feuchte unterschiedlicher Prüfstoffe.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es sind verschiedene Lösungen zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Schüttgütern bekannt (DD-WP 135767, DE-OS 3108311). Die Sonden enthalten eine Wärmequelle und eine oder mehrere Temperaturmeßstellen (meist Thermoelemente). Die Heizleistung und der Temperaturverlauf werden mit elektrischen Meßgeräten aufgenommen, wobei systematische Fehler nicht ausgeschlossen werden können. Aus dem zeitlichen Temperaturverlauf ist die Wärmeleitfähigkeit des Prüfstoffs (der Schüttung) zu ermitteln. Mit dieser Meßanordnung ist es jedoch nicht möglich, von der Wärmeleitfähigkeit der Schüttung auf die Wärmeleitfähigkeit des Einzelpartikels der Schüttung zu schließen bzw. Messungen der WLF, WK und Feuchte unter Ausschluß verfahrensbedingter systematischer Fehler durchzuführen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die genaue Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit des Einzelpartikels einer Schüttung zum einen sowie zum anderen die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität und Feuchte von Festkörpern und Schüttgütern unter Ausschluß verfahrensbedingter systematischer Fehler durchzuführen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, mit bereits bekannten Sonden zur Messung der Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität und Feuchte von Feststoffen und Schüttgütern (DD-WP 237648 und DD-WP 237550) die Wärmeleitfähigkeit des Einzelpartikels zu ermitteln und darüber hinaus Messungen der Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität und Feuchte von Feststoffen und Schüttgütern unter Ausschluß verfahrensbedingter systematischer Fehler zu ermöglichen. Erfindungsgemäß wird die erste Aufgabe dadurch gelöst, daß vier Behälter gleicher Abmessungen wie folgt gefüllt werden. Im ersten Behälter befindet sich das Schüttgut, wobei

die durch die Geometrie der Einzelpartikel bedingten Zwischenräume mit dem Raumanteil r_{f1} durch einen Füllstoff 1 (z. B. Luft) gefüllt sind. Beim zweiten Behälter werden diese Zwischenräume $r_{f2} = r_{f1}$ der Schüttung mit einem Füllstoff 2 (z.B. Paraffin) vergossen. Der dritte bzw. vierte Behälter enthält die jeweils zum Verfüllen der Hohlräume im ersten und zweiten Behälter genutzten Füllstoffe 1 bzw. 2. Wird als ein Füllstoff Luft eingesetzt und werden zur Kennzeichnung deren Wärmeleitfähigkeit tabellierte Werte verwendet, so reduziert sich der Umfang der Meßanordnung auf drei Behälter.
In jedem Behälter ist eine Wärmeleitfähigkeitsmeßsonde entsprechend DD-WP 237 548 mit gemeinsamer Stromversorgung für die Heizdrähte angeordnet. Damit ermöglicht die vorliegende technische Lösung eine quasi zeitgleiche Meßwerterfassung t (in τ) bei absolut gleichen Randbedingungen. Die Abtastzeit für alle Meßsonden ist sehr kurz im Gegensatz zur Zykluszeit zwischen zwei Meßwertabtastungen. Die Zykluszeit ist am Stoffdatenmeßgerät einstellbar.
Mit
λ_{F1}: Wärmeleitfähigkeit des Füllstoffs 1
λ_{KF1}: Wärmeleitfähigkeit der mit Füllstoff 1 verfüllten Schüttung
λ_{F2}: Wärmeleitfähigkeit des Füllstoffs 2
λ_{KF2}: Wärmeleitfähigkeit der mit Füllstoff 2 verfüllten Schüttung
ist die Wärmeleitfähigkeit des Einzelpartikels λ_K zu bestimmen über

$$\lambda_{K,R} = \frac{\lambda_{F1} \cdot \lambda_{KF2} - \lambda_{F2} \cdot \lambda_{KF1}}{\lambda_{F1} - \lambda_{KF1} - \lambda_{F2} + \lambda_{KF2}},$$

wenn das Prüfgut als eine Anordnung von Reihenwiderständen Füllstoff--Feststoff bzw. über

$$\lambda_{K,P} = \frac{\frac{1}{\lambda_{F1}} - \frac{1}{\lambda_{KF1}} - \left(\frac{1}{\lambda_{F2}} - \frac{1}{\lambda_{KF2}}\right)}{\frac{1}{\lambda_{F1} \cdot \lambda_{KF2}} - \frac{1}{\lambda_{F2} \cdot \lambda_{KF1}}},$$

wenn das Prüfgut als eine Anordnung von Parallelwiderständen Füllstoff--Feststoff betrachtet werden darf. Es hat sich gezeigt, daß besonders bei großen Wärmeleitfähigkeitsdifferenzen zwischen Feststoff und Füllstoff eine Kombination beider Anordnungen angeraten ist, wobei die jeweiligen Anteile z.B. über eine experimentelle Ermittlung des Füllstoffraumanteils r_f der jeweiligen Schüttung festgelegt werden können.
Des weiteren ist es mit dem Verfahren möglich, ein Prüfgut unmittelbar mit einem Etalon zu vergleichen. Dazu werden zwei Behälter mit einer Meßsonde benötigt, wobei sich in einem Behälter das Prüfgut und in dem anderen das Etalon befinden. Die Messung erfolgt wieder für beide Stoffe unter absolut gleichen Meßbedingungen.
Das Stoffdatenmeßgerät erlaubt, die Kennlinien für die Aufheiz- und Abkühlphase zu erfassen und die Berechnung sowohl der Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Proben und des Einzelpartikels als auch die Wärmekapazität und Feuchte der Schüttungen automatisch auszuführen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In den Zeichnungen zeigen

Fig. 1: Meßanordnung für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit des Einzelpartikels einer Schüttung als Beispiel einer 3-Sonden-Messung
Fig. 2: Meßanordnung für eine parallele Etalonmessung
Fig. 3: Zeitdiagramm der Meßsondenabtastung

Zur Durchführung des Verfahrens wird eine gerätetechnische Anordnung verwendet, bestehend aus einem Stoffdatenmeßgerät SDMG mit einer Einchip-Mikrorechner-Steuerung, drei Behältern, in denen sich die Proben befinden und drei Meßsonden mit den gleichen Kennwerten. Die drei Behälter haben gleiche Abmessungen. Im ersten Behälter befindet sich das Originalschüttgut. Die durch die Geometrie des Einzelpartikels bedingten Zwischenräume sind mit Luft gefüllt. Im zweiten Behälter ist ebenfalls das Originalschüttgut eingebracht, aber die Zwischenräume sind mit einem Füllstoff vergossen. Der dritte Behälter enthält den Füllstoff, mit dem die Hohlräume im zweiten Behälter vergossen wurden.
In das Zentrum der Behälter wird jeweils eine Meßsonde eingebracht, die von Wand und Boden des Behälters einen ausreichend großen Abstand haben soll. Diese Anordnung ist in Fig. 1 veranschaulicht. Fig. 2 zeigt die Meßanordnung für den Vergleich eines Prüfstoffes mit einem Etalon. Die Kennwerte der Meßsonden und die Bedingungen für den instationären Sondenmeßprozeß, wie z.B. Heizstrom, Zykluszeit τ_z, getrennt für die Aufheiz- und Abkühlphase, u.a. werden in das Stoffdatenmeßgerät SDMG im Dialog eingegeben. Nach einer Temperaturausgleichsphase werden die Messung gestartet und die Kennlinien für die drei Proben aufgenommen. Die Abtastung der Meßsonden MS 1 ... MS 3 erfolgt quasi zeitgleich, d.h. mit einer vernachlässigbaren Zeitdifferenz zwischen der Erfassung der drei Meßwerte. Die Abtastzeit τ_A, sie schließt den Zugriff auf drei Meßsonden ein, ist wesentlich kürzer als die Zykluszeit τ_z, so daß bereits in den Meßzyklen Berechnungen, die für den Meßprozeß notwendig sind, in Echtzeit ausgeführt werden können, vgl. Fig. 3.
Anschließend an den Meßvorgang erfolgt automatisch die Berechnung wahlweise der Wärmeleitfähigkeit des Einzelpartikels der Schüttung bzw. der Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität und/oder Feuchte des Prüfgutes, bezogen auf die Abweichungen zum parallel vermessenen Etalon.

266172

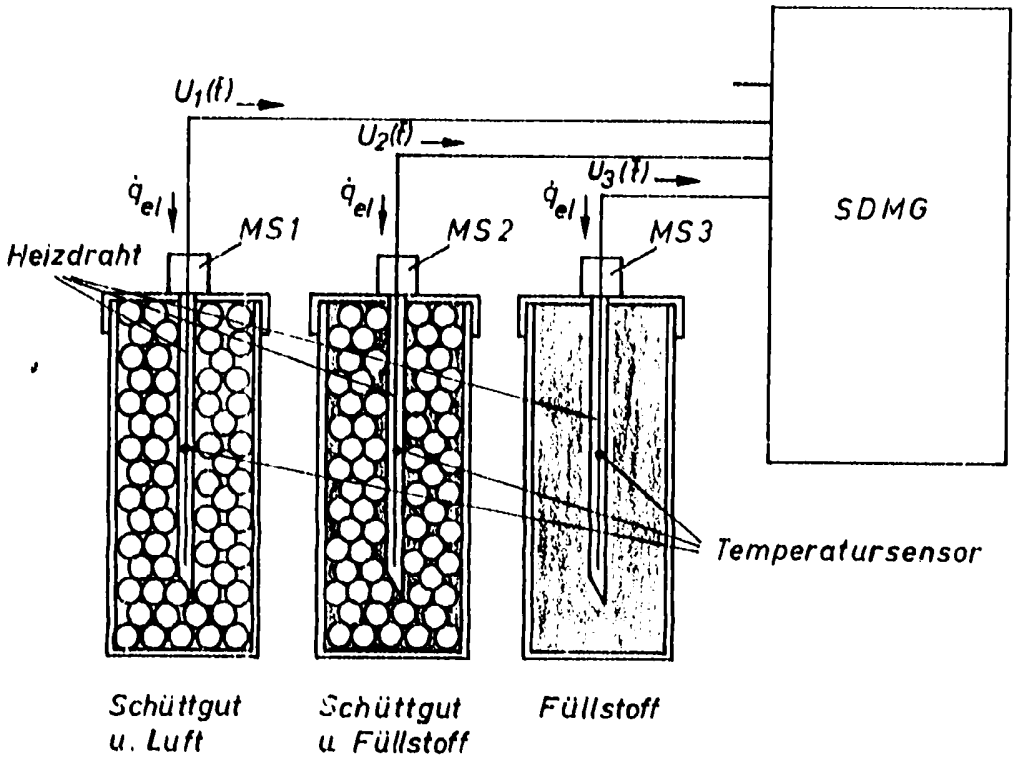


Fig. 1

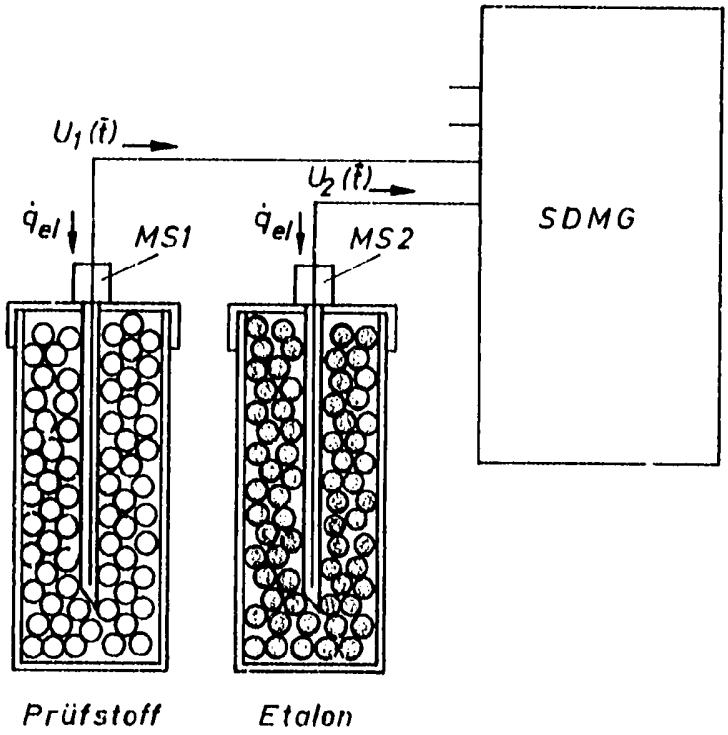


Fig. 2

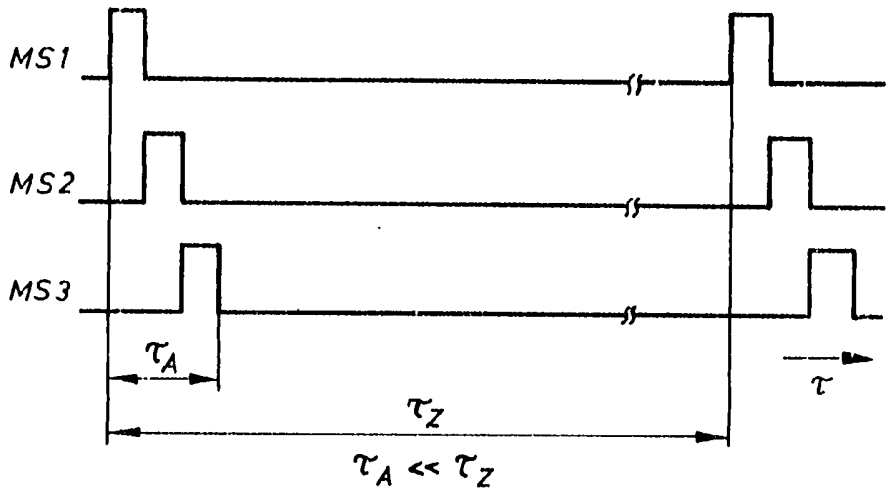


Fig. 3