



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 260 763 A1

4(51) G 01 N 3/42

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP G 01 N / 303 088 4	(22)	25.05.87	(44)	05.10.88
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71)	VEB Steinkohlenkokereien „August Bebel“ Zwickau, PSF 50, Zwickau, 9541, DD
(72)	Auerbach, Jochen, Dr. Dipl.-Ing.-Ök.; Reitz, Frank; Bonn, Mathias, DD

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Materialhärte

(55) Baustoffe, Materialhärte, Prüfling, Festigkeit, Meßwertgewinnung, Qualitätssicherung, Eindringkörper, Festigkeitsprüfung, Ringschneide, Meßfolie, Härteprüfung

(57) Das Ziel der Erfindung besteht in der Lösung der Aufgabe, die Bewertung der Festigkeit von Prüflingen an im wesentlichen unvorbereiteten Proben aus der laufenden Produktion auf einfache Weise und zerstörungsfrei zu ermöglichen. Aufwendige Laboreinrichtungen zur Probenvorbereitung sowie zur Meßwertgewinnung und -verarbeitung sollen nicht erforderlich sein. Außerdem soll die Festigkeitsprüfung zur Qualitätssicherung unmittelbar in der Fertigungsanlage anwendbar sein. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß auf spezielle Weise auf der Prüflingsoberfläche ein Eindruck erzeugt und anschließend vermessen wird. Dazu wird als Eindringkörper ein Werkzeug mit Ringschneide und gegebenenfalls zwischen Eindringkörper und Prüflingsoberfläche eine Meßfolie mit Zähllinien für das Ablesen der Festigkeitswerte verwendet. Die Erfindung ist anwendbar bei der Bestimmung der Härte von mittelharten bis weichen Materialien, insbesondere bei der Härteprüfung von Baustoffen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Bestimmung der Materialhärte an Prüflingen durch Herstellen eines Eindrucks in die Prüflingsoberfläche mittels Eindringkörper und anschließendes Vermessen des Eindrucks, **gekennzeichnet dadurch**, daß als Eindringkörper (2) ein Werkzeug mit Ringschneide (6) verwendet wird, gegebenenfalls zwischen Prüfling (1) und Ringschneide (6) eine Meßfolie (3) angeordnet wird, worauf die Ringschneide (6) mit einer vorgegebenen Prüfkraft belastet und der Durchmesser der inneren Konturen des Prüfeindrucks (4) als Maßstab für die Prüflingsfestigkeit verwendet wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß als Meßfolie (3) thermo- und duroplastisches, vorzugsweise jedoch metallisches, Material zum Einsatz gebracht wird.
3. Verfahren nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Meßfolie (3) mit geeichten Zähllinien (5) ausgestattet und die Festigkeitsangabe unmittelbar von der durch den belasteten Eindringkörper (2) deformierten Meßfolie (3) abgelesen wird.
4. Verfahren nach Punkt 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Prüfkraft (F) zur Belastung des Eindringkörpers (2) aus dem Außendurchmesser (D) des Eindringkörpers (2) und der geforderten Normfestigkeit (N) etwa zu

$$F = 2,5ND^2$$

bestimmt wird.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1 in Form eines mit einer definierten Kraft belastbaren Eindringkörpers, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Eindringkörper (2) eine Ringschneide (6) mit einem in Abhängigkeit von den Prüflingsabmessungen gewählten Außendurchmesser (D) besitzt, daß die Ringschneide (6) in der Ebene der äußeren Umfangslinie (7) des Eindringkörpers (2) angeordnet ist, die Schneide einen Schneidenwinkel (W) zwischen 40 und 75 Grad aufweist und wenigstens eine Breite (B) des auf die Prüflingsoberfläche (8) projizierten Prüfeindrucks (3) von 20% des Außendurchmessers (D) ermöglicht.
6. Vorrichtung nach Punkt 5, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Außendurchmesser (D) des Eindringkörpers 60% der kleinsten Abmessung der zu beurteilenden Prüflingsoberfläche (8) nicht übersteigt.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Materialhärte, das insbesondere für die Druckfestigkeitsprüfung von Bauelementen aus mittelharten bis weichen Materialien geeignet ist. Die Erfindung dient vorzugsweise der Qualitätssicherung im laufenden Produktionsprozeß. Sie kann in der Baustoffindustrie angewendet werden.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Für das Bestimmen der Härte von Werkstoffen durch Herstellung von Eindrücken in der Werkstoffoberfläche und durch anschließendes Ableiten von Festigkeitsangaben aus der Geometrie des jeweiligen Eindrucks oder aus der für die Herstellung des Eindrucks erforderlichen Kraft wurden bereits vielfältige Lösungsvorschläge entwickelt. Diese praktisch zerstörungsfreien Prüfmethode gehen auf die von VICKERS und BRINELL begründeten Verfahren zurück. Bei derartigen Lösungen wird außerdem zwischen Schlaghärte-Prüfungen und quasistatischen Messungen unterschieden, wobei die quasistatischen Messungen wegen der erreichbaren höheren Meßgenauigkeit eine größere Verbreitung gefunden haben. Es hat nicht an Versuchen gefehlt, Lösungen für spezielle Anwendungsfälle und höhere Genauigkeitsanforderungen zu entwickeln.

So sieht die DE 2539661 die Belastung eines Eindringkörpers von Hand bis zum Erreichen einer bestimmten Eindringtiefe und die elektronische Bestimmung der dazu erforderlichen Kraft vor, wobei die Begrenzung der Eindringtiefe über einen ringförmigen Anschlag am Eindringkörper erreicht wird.

Diesem Meßprinzip der Werkstoffhärte entspricht auch das vom VEB Werkstoffprüfmaschinenbau Leipzig entwickelte Handprüfgerät HPK-t, das mit einer mechanischen Meßwertanzeige für die aufgebrachte Prüfkraft ausgestattet ist.

Mit der DE 2737554 wird vorgeschlagen, einen vielseitigen pyramidenförmigen Eindruck in die Werkstückoberfläche zu erzeugen und einen der Materialhärte proportionalen Prüfwert dadurch zu erhalten, daß die Diagonallänge des Eindrucks durch das Auswerten der Ausgangssignale eines Bildwandlers bestimmt wird.

Vorschläge zur quasistatischen Härtemessung durch Eindrücken eines stoßfrei auf die Prüflings-Oberfläche aufgesetzten Eindringkörpers in den Prüfling mit definierter Prüfkraft enthalten die folgenden Erfindungsbeschreibungen. Während die US 3153338 und die DE 1287334 für die Bewertung der erzeugten Eindrucksfläche ein elektronisches Auswerte- und

Anzeigesystem vorsehen, enthält die DD 160 800 die Anweisung, die erzeugte Eindruckfläche mit einem nachträglich angefertigten Lackabdruck zu dokumentieren und diesen Lackabdruck mittels hochauflösendem Mikroskop zu vermessen. Die Dimensionierung der Prüfkraft erfolgt dabei in Abhängigkeit von der Fließgrenze des zu bewertenden Materials.

Mit der DD 132 547 wird ein Härtemeßgerät bekannt gemacht, das die Härteprüfung an größeren Oberflächen von Werkstoffen geringerer Härte ermöglichen soll. Es sieht bei konstanter Eindringtiefe eine veränderliche Belastung vor, wozu neben einer speziellen Belastungseinrichtung eine Härteanzeigeeinrichtung mit Anzeigefixierung sowie eine Einstelleinrichtung zur Nullpunkteinstellung genutzt werden sollen. Das Gerät besitzt dazu ein Hebelsystem, das bei unbelastetem Eindringkörper zum gleichzeitigen Ausgleich von Unebenheiten vor dem Aufbringen der Last auf den Eindringkörper geeicht wird. Die Anzeige der erforderlichen Prüflast bis zum Erreichen der konstanten Eindringtiefe besitzt eine Mechanik zur Fixierung des Prüfwertes und zur Maßstabsvergrößerung.

Für die Schnellprüfung von Baustoffen im eingebauten Zustand enthält die DD 139 763 die Vorschrift zum stufenlosen und allmählichen Eindrücken eines Druckbolzens in den Baustoff, wobei die zu bestimmende Festigkeit aus Eindruckkraft und Eindringtiefe des Druckbolzens abzuleiten ist. Die vorgesehene Möglichkeit des Anklebens des Prüfgerätes an die Prüffläche soll eine Messung in unterschiedlichen Einbaulagen möglich sein.

Das mit der DE 3216 729 vorgeschlagene Härteprüfgerät ermöglicht das Erzeugen eines Eindrucks durch eine Belastungseinheit, die sowohl mit einem Signalgeber als auch mit einem Direktanzeigeelement verbunden ist, wobei die Gerätejustierung mit Hilfe eines Mikroskopes erforderlich ist.

Mit der SU 1129 512 wird die Technik des Ableitens der Werkstoff-Festigkeit aus der Geometrie eines Prüfkörper-Eindrucks weiterentwickelt. Dazu wird das Anwenden einer Übergangsbelastung in der Größe eines Bruchteils der Meßbelastung vorgeschlagen. Durch mehrere aufeinanderfolgende Belastungen des Eindringkörpers bei meßtechnischer Erfassung der verschiedenen Eindringtiefen wird eine reduzierte Eindringtiefe bestimmt, die die Werkstoffhärte unter weitgehender Kompensierung der verfälschenden Einflüsse unterschiedlicher Elastizitätsgrenzen zutreffend charakterisiert.

Mehrere Lösungsvorschläge konzentrierten sich auf die automatische Bestimmung der Härte durch geeignete Vermessungsmethoden für das Beurteilen des erzeugten Prüfeindrucks. Nach der DE 3401 527 wird dazu ein Prüfeindruck mit definierter Prüfkraft und definiertem Prüfkörper hergestellt. Die automatische Auswertung erfolgt dann mittels optischer Vergrößerungseinrichtung und dadurch eine besondere Vorschrift zur Bildauswertung, die eine rechnerische Ermittlung der geometrischen Eindrucksgrößen aus der erfaßten Lage der Randpunkte vorsieht. Ähnliche Lösungen sind auch in den DE 2248 190, DE 2836 822 und in der DE 2850 957 enthalten.

Den bekannten Verfahren und Vorrichtungen haftet der gemeinsame Mangel an, daß mit ihrer Hilfe überwiegend nur derart kleine Prüflingsflächen einer Beurteilung durch den Prüfvorgang unterzogen werden, die bei heterogen zusammengesetzten Werkstoffen nur durch Einbeziehung einer ausreichend groß dimensionierten Prüfungsanzahl zuverlässige Rückschlüsse auf die tatsächlich repräsentative Materialhärte ermöglicht. Bisher bekannte Lösungen erfordern zudem spezielle Vorbehandlungen der Prüflingsoberflächen oder zumindest gesonderte Eichvorgänge.

Andere Lösungen mit mechanischen oder elektronischen Meßwertverarbeitungs- und/oder -anzeigesystemen setzen das Bestimmen der exakten Ausgangslage voraus. Als nachteilig muß ebenfalls die von einigen Verfahren geforderte manuelle Belastung des Eindringkörpers bis zu einer geforderten Eindringtiefe des Eindringkörpers gewertet werden. Weitere Mängel bestehen für eine unter den robusten Bedingungen der laufenden Produktion, beispielsweise von Baustoffen, zu nutzende Härtebestimmungsmethode in der erforderlichen Energieversorgung für einige Lösungen sowie in der verhältnismäßig komplizierten und zum Teil aufwendigen Gerätetechnik.

Eine technische Lösung für das Bestimmen der Werkstoffhärte, das zerstörungsfrei zutreffende Werte wenigstens in der Qualität liefert, wie sie von gebräuchlichen Baustoffprüfmethoden erhalten werden und die vorgenannten Nachteile nicht aufweist, wurde bisher nicht hervorgebracht.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist das Schaffen der technischen Voraussetzungen für das schnelle, robuste und objektivierte Bewerten der Festigkeit von Prüflingen, insbesondere von Elementen aus gebräuchlichen Baustoffen, mit geringem Bau-, Bedien- und Wartungsaufwand.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu entwickeln, womit an im wesentlichen unvorbereiteten Prüflingen aus der laufenden Produktion zutreffende Bewertung der Prüflingsfestigkeit erhalten werden können. Die zu entwickelnde Lösung soll aufwendige Laboreinrichtungen zur Probenvorbereitung sowie zur Meßwertgewinnung und -verarbeitung nicht erfordern und zur Qualitätssicherung unmittelbar in der Fertigungsanlage nutzbar sein.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß auf spezielle Weise auf der Prüflingsoberfläche ein Eindruck erzeugt und anschließend vermessen wird.

Überraschenderweise wurde gefunden, daß die spezifischen Anforderungen von Werkstoffen mit überwiegend uneinheitlichem Gefüge, von denen mit bekannten zerstörungsfreien Prüfverfahren nur in sehr begrenztem Maße verlässliche Prüfwerte gewonnen werden konnten, durch das Anwenden eines besonderen Prüfwerkzeuges weitgehend erfüllt werden können.

Das verfahrensgemäße Vorgehen zum Bestimmen der Materialhärte an Prüflingen ist demgemäß an die Verwendung eines Eindringkörpers gebunden, der als Ringschneide ausgebildet ist. Beim Prüfvorgang wird zwischen das Werkzeug mit der Ringschneide und die Prüflingsoberfläche gegebenenfalls eine Meßfolie angeordnet. Danach wird die Ringschneide mit einer vorgegebenen Prüfkraft belastet, wobei die Belastung im wesentlichen quasistationär vorgenommen wird. Nach Entfernung des Prüflings aus der Prüfeinrichtung wird der erzeugte Prüfeindruck dadurch bewertet, daß der Durchmesser der inneren Konturen als ein direkt proportionaler Maßstab für die Prüflingsfestigkeit verwendet wird.

Bei Verwendung einer Meßfolie für das vereinfachte Bestimmen der Prüflingsfestigkeit wird zweckmäßigerweise thermo- oder duroplastisches Material, vorzugsweise metallisches Material, zum Einsatz gebracht.

Erfindungswesentlich ist es, daß die Meßfolie mit geeichten Zähllinien ausgestattet wird und daß die Festigkeitsangaben unmittelbar von der durch den belasteten Eindringkörper deformierten Meßfolie abgelesen werden. Das erfindungsgemäße Verfahren ist weiterhin dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit von der konkreten Prüfaufgabe die Prüfkraft F zur Belastung des Eindringkörpers aus dem Außendurchmesser D des Eindringkörpers und der geforderten Normfestigkeit N etwa zu

$$F = 2,5ND^2$$

bestimmt wird. Bei Anwendung einer derartigen Belastung wird sichergestellt, daß sowohl Unterschreitungen als auch Überbietungen der Normfestigkeit durch die Qualität des jeweiligen Prüflings zu deutlich ablesbaren Veränderungen des Prüfeindrucks auf der Prüflingsoberfläche führen.

Vorgeschlagen wird weiterhin eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in Form eines mit einer definierten Kraft belastbaren Eindringkörpers, wobei der Eindringkörper eine Ringschneide mit einem in Abhängigkeit von den Prüflingsabmessungen zu wählenden Außendurchmesser besitzt. Die Ringschneide ist dabei in der Ebene der äußeren Umfangslinie des Eindringkörpers angeordnet. Sie weist einen Schneidenwinkel zwischen 40 und 75 Grad auf. Die Ringschneide hat eine solche Breite, daß mit ihr im Bedarfsfall der auf die Prüflingsoberfläche projizierte Prüfeindruck eine Breite von wenigstens 20% des Außendurchmessers der Ringschneide erreichen kann.

Es gehört zum Wesen der Erfindung, daß der Außendurchmesser des Eindringkörpers 60% der kleinsten Abmessung der zu beurteilenden Prüflingsoberfläche nicht übersteigt.

Die Erfindung soll nachstehend mit einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

In der beiliegenden Zeichnung zeigt

Fig. 1: eine schematische Darstellung des teilweise geschnittenen Eindringkörpers mit Ringschneide

Fig. 2: eine schematische Darstellung der Anordnung des Eindringkörpers zwischen Belastungseinrichtung und Prüflingsoberfläche

Fig. 3: die schematische Darstellung des erzeugten Prüfeindrucks mit deformierter Meßfolie auf einer Prüflingsoberfläche

Ausführungsbeispiel

In einer Fertigungsstätte für Wandbausteine werden aus Flug- und Rostaschen von rohbraunkohlebefeuerten Dampferzeugern unter Zusatz von Kalkhydrat mittels Preßverdichtung eines Feuchtgemischs und anschließende Autoklavhärtung Bauelemente im normalen Ziegelformat hergestellt. Aus einer Fertigungsperiode wurden zwei gleichartige Stichproben entnommen. Während eine der beiden Stichproben im Umfang von jeweils 60 Prüflingen einer Festigkeitsprüfung mittels Prüfpresse im Baustoffprüflabor unterzogen wurde, ist an der zweiten Stichprobe die Härteprüfung unter Anwendung eines speziellen Eindringkörpers 2 vorgenommen worden.

Dazu wurden die 60 Prüflinge 1 der Stichprobe eine besondere Vorbehandlung der Prüflingsoberfläche 8 in Einbaulage auf die Unterlage der Belastungseinrichtung gelegt. Es wurde ein Eindringkörper 2 mit einem Außendurchmesser D von 30 mm verwendet. Damit wurde gewährleistet, daß bei Anordnung von drei Prüfeindrücken 4 ein ausreichender Abstand von Prüfeindruck zu Prüfeindruck 4 sowie zum Rand der Prüflingsoberfläche 8 bestand. Die Ringschneide 6 des Eindringkörpers 2 war an der äußeren Umfangslinie 8 des Eindringkörpers 2 angeordnet. Der Schneidenwinkel W betrug 45 Grad. Ausgehend von der geforderten Normfestigkeit N der Prüflinge 1 in Höhe von 4 N/mm² wurde die Prüfkraft F zu 9000 N bestimmt und in Höhe von 10000 N gewählt. Für das Erzeugen der gewählten Prüfkraft F wurde ein einfacher Hebelmechanismus mit einer an definierten Punkten des Belastungsarmes fixierbaren Masse von 15 kg verwendet. An diesem schwenkbaren Belastungshebel wurde eine Stößelplatte angelenkt, mit der die Prüfkraft F auf den Eindringkörper 2 aufgebracht wurde.

Zwischen Eindringkörper 2 und Prüflingsoberfläche 8 wurde eine Meßfolie 3 in Form einer Aluminiumfolie gelegt, die mit besonderen Zähllinien 5 bedruckt war. In vorlaufenden Versuchen wurde durch Vergleichsmessungen der Abstand der Zähllinien 5 bestimmt.

Das zentrische Anordnen der Meßfolie 3 wurde mit Hilfe der über den Durchmesser D hinausgehende Linien gewährleistet. Durch Umsetzen der Prüflinge 1 wurden auf jeder Prüflingsoberfläche 8 drei Prüfeindrücke 4 erzeugt. Es entstanden Prüfeindrücke 4 mit unterschiedlichen Breiten B. Die Prüflinge wurden durch die Härteprüfung in ihrem Gebrauchswert nicht gemindert.

Die Meßergebnisse gingen mit ihrem arithmetischen Mittelwert in das Prüfprotokoll ein.

Der Vergleich der beiden Prüfungen an jeweils 60 Prüflingen zeigte folgendes:

	Standardprüfung	Prüfung mit Ringschneide
Mittelwert	6,22 N/mm ²	6,38 N/mm ²
Standardabweichung	1,93 N/mm ²	1,06 N/mm ²

Fig.1

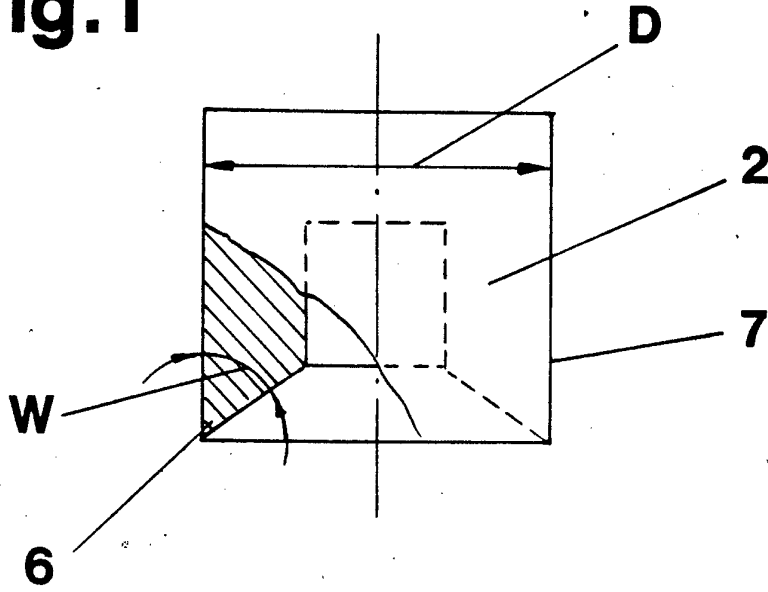


Fig.2

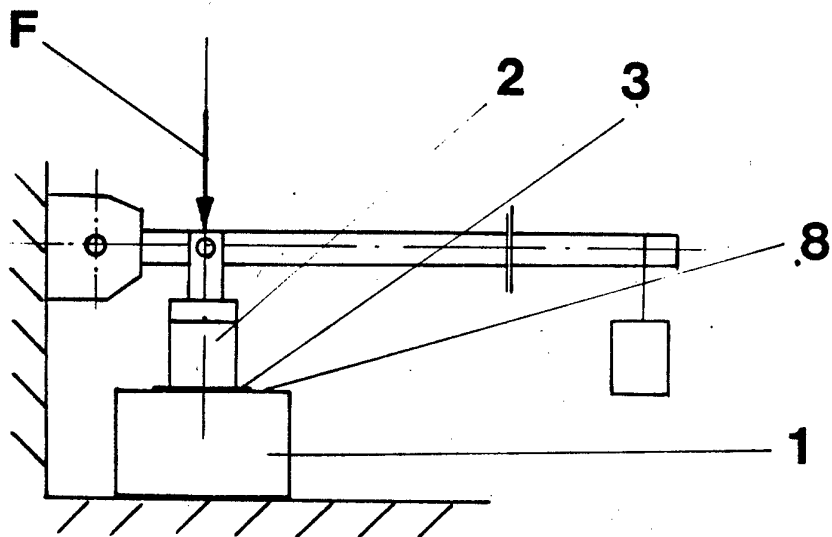


Fig.3

