



Europäisches Patentamt

(19) European Patent Office

Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 049 340

A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 81105887.4

(51) Int. Cl.³: C 21 D 1/56

(22) Anmeldetag: 25.07.81

C 21 D 1/55

//G01N1/00

(30) Priorität: 04.10.80 DE 3037638

(71) Anmelder: Wunning, Joachim, Dr.-Ing.
Berghalde 20
D-7250 Leonberg 7 (Warmbronn)(DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.04.82 Patentblatt 82/15

(72) Erfinder: Wunning, Joachim, Dr.-Ing.
Berghalde 20
D-7250 Leonberg 7 (Warmbronn)(DE)

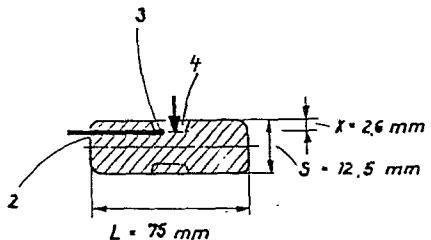
(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH FR GB IT LI NL SE

(74) Vertreter: Patentanwälte Dipl.-Ing. W. Scherrmann
Dr.-Ing. R. Rüger
Webergasse 3 Postfach 348
D-7300 Esslingen (Neckar)(DE)

(54) Verfahren zur Bestimmung der Abschreckwirkung eines Abschreck-mediums, insbesondere beim Härt(en) von Stahl.

(57) Bei einem Verfahren zur Bestimmung der Abschreckwirkung eines eine schroffe Abkühlung von stählernen Werkstücken bewirkenden Abschreckmediums, insbesondere beim Härt(en) von Stahl, wird ein aus Stahl bestehender Probekörper verwendet, bei dem das Verhältnis V/A zwischen 2 und 12 mm liegt (V = Volumen, A = Oberfläche). Nach dem Abschrecken wird die Härte des Probekörpers an wenigstens einer Stelle an dem unterhalb der Oberfläche des Probekörpers liegenden Ort bestimmt, an dem beim Abschrecken die Abkühlungsgeschwindigkeit angenähert proportional zu der Wärmestromdichte an der Oberfläche ist (Ort der integralen mittleren Temperatur), worauf aus den Härtemeßergebnissen mittels der Werkstoffeigenschaften des Probekörpers die zugehörige Abkühlungsgeschwindigkeit $\Delta\vartheta/\Delta t$ in dem für die Abschreckung jeweils wesentlichen Temperaturbereich $\Delta\vartheta$ bestimmt und daraus nach der Formel $Q = k \cdot \Delta\vartheta/\Delta t$ der Mittelwert der Wärmestromdichte Q auf der Oberfläche des Probekörpers berechnet und dieser sodann als Kenngröße für die Abschreckwirkung verwendet wird (k = Materialkonstante für die Probekörper).

Fig. 2



EP 0 049 340 A1

- 1 -

Dr.-Ing. Joachim Wünning, Berghalde 20,
D-7250 Leonberg - 7 (Warmbronn)

Verfahren zur Bestimmung der Abschreckwirkung eines
Abschreckmediums, insbesondere beim Härteln von Stahl

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung
der Abschreckwirkung eines eine schroffe Abkühlung
von stählerenen Werkstücken bewirkenden Abschreck-
mediums, insbesondere beim Härteln von Stahl, bei dem
5 ein aus Stahl bestehender Probekörper mittels des
Abschreckmediums abgeschreckt wird und sodann an dem
abgeschreckten Probekörper Härtemessungen vorgenommen
werden, aus denen eine für die Abschreckwirkung
charakteristische Kenngröße abgeleitet wird. Außerdem
10 bezieht sich die Erfindung auf einen Probekörper
zur Durchführung dieses Verfahrens.

Beim Härteln von aus Stahl bestehenden Werkstücken
wird in der Regel derart vorgegangen, daß die Werk-
stücke 15 in einer Ofenkammer auf die Härtetemperatur
gebracht und sodann durch ein Abschreckmedium schroff
abgekühlt, d.h. abgeschreckt werden. Als Abschreck-
medium wird überwiegend Wasser oder Öl verwendet, wo-
bei die Werkstücke dann in entsprechende Wasser- oder
20 Ölbäder eingetaucht werden, doch ist es auch bekannt,
zu diesem Zwecke Salzbäder oder insbesondere für sehr
große Werkstücke Luft als Abschreckmedium zu verwenden.

Die Eigenschaften der gehärteten Stahlteile hängen u.a. von den Abschreckbedingungen ab. In der Härtereipraxis wird dabei die sogenannte Abschreckwirkung von Wasser- oder Ölbadern meist lediglich aufgrund 5 empirischer Erfahrungswerte grob beschrieben, beispielsweise durch Begriffe wie "mild" und

"schroff". Die Abschreckwirkung selbst hängt von dem Wärmeübergang zwischen dem Werkstück und dem Abschreckmedium ab und ist deshalb einer genauen Messung nur schwer zugänglich, weil die Wärmeübergangsbedingungen während des Abschreckvorganges starken Änderungen unterworfen sind. Beim Eintauchen eines erwärmten Werkstückes in ein Wasser- oder Ölbad ergibt sich in dem 10 hohen Temperaturbereich (von ca. 600 bis 800° C) zunächst eine sogenannte Filmphase, während der sich ein Film verdampften Abschreckmediums auf der Werkstückoberfläche bildet, der den Wärmeübergangswert bestimmt. Bei absinkender Oberflächentemperatur setzt beispielsweise 15 in der Gegend von 500° C in der Nähe der Werkstückoberfläche ein Siedevorgang ein, der eine Blasenbildung zur Folge hat, die ihrerseits einen Rühreffekt hervorruft, durch den der Wärmeübergangswert steil auf einen extrem hohen Wert ansteigt, um nach einer gewissen Haltezeit auf einen Wert abzusinken, der niedriger 20 liegt als während der Filmphase und dessen Größe dadurch bestimmt ist, daß nunmehr der Wärmeaustausch zwischen der Werkstückoberfläche und dem umgebenden Medium bis 25 zur vollständigen Auskühlung des Werkstückes durch Konvektion stattfindet.

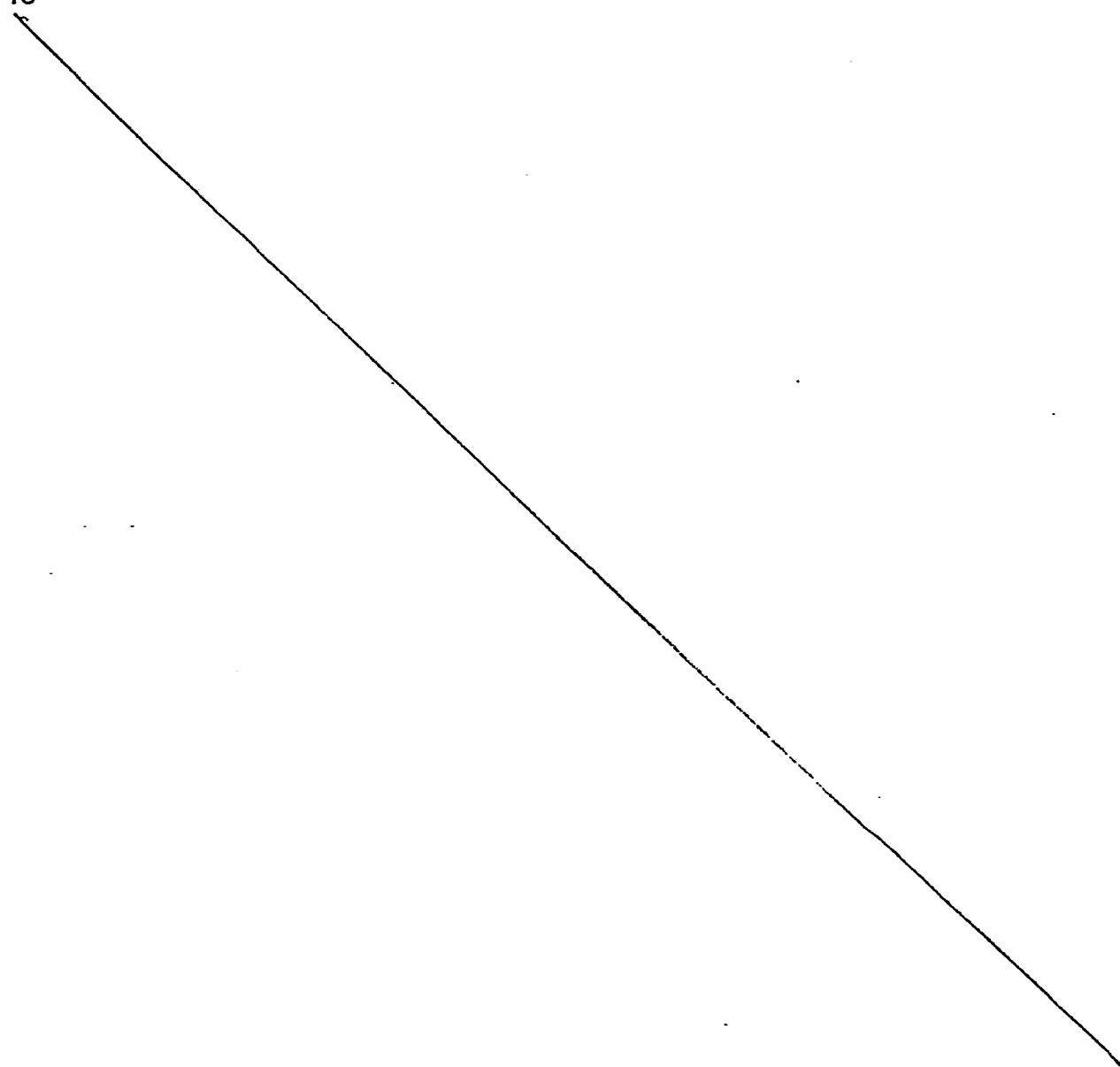
Um trotz dieser grundsätzlichen technologischen Schwierigkeiten die Abschreckwirkung von Abschreckbädern vergleichsweise abschätzen zu können, wird in der Praxis häufig die sogenannte H-Wert-Methode nach Grossmann benutzt (vgl.

- 5 beispielsweise "Härtereitechnische Mitteilungen" Band 6, Heft 2 (1953, Seiten 9 ff.). Bei diesem Verfahren wird in starker Vereinfachung des Abschreckvorganges die sogenannte Abschreckintensität H mit einem mittleren Wärmeübergangskoeffizienten für den Wärmeübergang von dem
- 10 Werkstück auf das Abschreckmedium definiert. Die Messung des H-Wertes erfolgt meist indirekt über Härtemessungen an einem in dem Härtemedium abgeschreckten Stahl-Probekörper. Dabei geht das Verfahren von der Vorstellung aus, daß innerhalb verschiedener Querschnitte von
- 15 unterschiedlich dimensionierten gehärteten Werkstücken desselben Stahles alle Punkte mit gleichen Härtewerten während des Abschreckens auch die gleiche Abkühlungsgeschwindigkeit erfahren haben. Mit dem aus den Härtemessungen gewonnenen H-Wert kann sodann eine Umrechnung
- 20 auf andere Werkstückformen und -querschnitte erfolgen. Diese Methode ist aus prinzipiellen Gründen verhältnismäßig ungenau; auch stellt der H-Wert nur einen Richtwert dar, der nicht direkt überprüft werden kann. Bei einem anderen bekannten Verfahren, der sogenannten Silber-
- 25 kugel-Methode, wird ein insbesondere kugelförmiger Probekörper aus Silber (gegebenenfalls auch aus Kupfer) in das Abschreckmedium eingebracht, wobei der Temperaturverlauf während des Abschreckvorganges gemessen wird. Wegen der hohen Wärmeleitfähigkeit von Silber (gegebenenfalls Kupfer) treten in einem Probekörper bis etwa 20 mm Wandstärke selbst bei hoher Abschreckwirkung nur geringe Temperaturunterschiede auf. Es kann deshalb aus dem Abkühlungsverlauf der Wärmeübergang an der Oberfläche des Probekörpers einfach berechnet werden:

- 4 -

$$Q = (10^{-6} \cdot c \cdot \rho \cdot V/A) \cdot \Delta \vartheta / \Delta t = k \cdot \Delta S / \Delta t$$

- Q - Wärmestromdichte an der Oberfläche in MW/m^2
c - spezifische Wärmekapazität des Werkstoffs in J/(kg.K)
5 ρ - Dichte des Werkstoffs in kg/m^3
V - Volumen der Probe in m^3
A - Oberfläche der Probe in m^2
 $\Delta \vartheta$ - Temperaturintervall in K
 Δt - Zeitintervall in s
10 k - Faktor für bestimmte Probe in $10^{-6} \cdot \text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$



Die Messung des Temperaturverlaufes kann aber mit der erforderlichen Genauigkeit nur im Laboratorium erfolgen. Auch kann der wesentliche Einfluß von Betriebsbedingungen, wie Abschreckbadumwälzung und -temperatur 5 nicht berücksichtigt werden, während eine indirekte Messung der Wärmestromdichte an der Oberfläche über die Härte des Materials bei Silber und Kupfer nicht möglich ist. Diesem Verfahren kommt deshalb keine betriebstechnische Bedeutung zu.

10

Aufgabe der Erfindung ist es, ein einfaches unter den praktischen Bedingungen des Härtreibbetriebes durchführbares Verfahren zu schaffen, das es gestattet, mit ausreichender Genauigkeit eine für die Wärmeübertragung 15 während des Abschreckvorganges und damit für die Abschreckwirkung unmittelbar charakteristische Kenngröße zu ermitteln, die die Bestimmung des Abkühlungsverlaufes bei Werkstücken verschiedener Form, Abmessungen und Stoffwerte gestattet.

20

Zur Lösung dieser Aufgabe wird, ausgehend von dem eingangs genannten Verfahren, bei dem ein aus Stahl bestehender Probekörper benutzt wird, erfindungsgemäß derart vorgegangen, daß:

25

a) ein Probekörper verwendet wird, bei dem das Verhältnis V/A zwischen 2 und 12 mm liegt (V = Volumen, A = Oberfläche),

30 b) nach dem Abschrecken die Härte des Probekörpers an wenigstens einer Stelle an dem unterhalb der Oberfläche des Probekörpers liegenden Ort bestimmt wird, an dem beim Abschrecken die Abkühlungsgeschwindigkeit angenähert proportional zu der Wärmestromdichte 35 an der Oberfläche ist (Ort der integralen mittleren Temperatur,

- c) aus den Härtemeßergebnissen mittels der Werkstoff-eigenschaften des Probekörpers die zugehörige Ab-kühlungsgeschwindigkeit $\Delta \vartheta / \Delta t$ in dem für die Ab-schreckung jeweils wesentlichen Temperaturbereich
5 $\Delta \vartheta$ bestimmt wird und
- d) daraus nach der Formel $Q = k \cdot \Delta \vartheta / \Delta t$ der Mittel-wert der Wärmestromdichte Q auf der Oberfläche des Probekörpers berechnet und diese sodann als
10 Kenngröße für die Abschreckwirkung verwendet wird.
(k = Materialkonstante für den Probekörper).

Bei diesem Verfahren wird auf Temperaturmessungen unter Be-triebsbedingungen verzichtet; es wird vielmehr durch ein-fache Härtemessungen an dem abgeschreckten Probekörper
15 ein Mittelwert der Wärmestromdichte Q an der Oberfläche des Probekörpers während des Abschreckvorganges in dem jeweils wesentlichen Temperaturbereich bestimmt.

20 Daß es möglich ist, durch eine solche Härtemessung eine für den Abkühlungsverlauf eindeutig kennzeichnende Wär-mestromdichte Q bestimmen, ist keineswegs selbstver-ständlich. Bei sehr kleinen Probekörpern ($V/A < 2$ mm) ist nämlich die Kühlgeschwindigkeit, wie sich herausge-stellt hat, beim Abschrecken in Flüssigkeiten für genaue
25 Messungen wesentlich zu hoch. Auch hängt der Wärmeüber-gang von den Probekörperabmessungen ab. Schon beim Um-setzen vom Ofen in das Abschreckbad entsteht ein wesent-lich zu hoher Temperaturverlust, wobei das Meßergebnis
30 obendrein noch durch Verzunderung und Entkühlung wesent-lich beeinträchtigt und verfälscht würde. Andererseits wird aber bei größeren Probekörpern ($V/A > 2$ mm) der Temperaturverlauf über den Querschnitt des Probekörpers gesehen, durch die schlechte Wärmeleitfähigkeit des Stahls

zunehmend verzerrt. Man konnte daher derartige Probekörper bisher nur zur relativen Kennzeichnung der Abschreckwirkung benutzen, nicht dagegen zur absoluten Bestimmung des Wärmeübergangs. Wegen des verzerrten
5 Temperaturverlaufes stehen die an einzelnen Meßstellen gewonnenen Meßwerte für die Härte in keinem einfachen Zusammenhang mit dem Wärmeübergang an der Oberfläche.

Die Erfindung hat nun erkannt, daß überraschenderweise
10 es in einem solchen verhältnismäßig großen Probekörper einen Ort (je nach der Gestalt des Körpers eine Fläche, eine Linie oder ein Punkt) gibt, der sich selbst unter den extremen Wärmeübertragungsbedingungen beim Abschrecken in Wasser oder Öl nur wenig verlagert, wenn von einer
15 kurzen Anlaufphase abgesehen wird, die härtetechnisch unbedeutend ist und wenn außerdem das Verhältnis Volumen/Oberfläche (V/A) des Probekörpers in dem Bereich zwischen V/A von 2 bis 12 mm liegt. Dieser unterhalb der Oberfläche des Probekörpers liegende Ort ist dadurch bestimmt, daß
20 an ihm beim Abschrecken die Abkühlungsgeschwindigkeit angenähert proportional zu der Wärmestromdichte an der Oberfläche ist. Es handelt sich deshalb um den Ort der sogenannten integralen mittleren Temperatur, der mittels der Theorie der instationären Wärmeleitvorgänge berechnet werden kann.

25 Da der Temperaturverlauf an diesem Ort der integralen mittleren Temperatur wie bei einer Silber- oder sehr dünnen Stahlprobe nicht verzerrt ist, und lediglich die Abkühlung langsamer als an der Oberfläche verläuft, er-
30 gibt eine Härtemessung an diesem Ort einen genauen indirekten Meßwert für die Wärmestromdichte an der Oberfläche.

Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn ein Probekörper aus einem unlegierten oder schwach legierten
35 Stahl mit ca. 0,4% C verwendet wird, wobei in der

Praxis eine größere Anzahl von solchen Probekörpern aus einem einheitlichen Material, d.h. aus einer Schmelze hergestellt werden. Einige dieser Probekörper können dann als Eichkörper verwendet werden. Zu diesem

5 Zweck wird derart vorgegangen, daß der Zusammenhang zwischen der gemessenen Härte und der Abkühlungsgeschwindigkeit des Probekörpers an dem Ort der integralen mittleren Temperatur dadurch bestimmt wird, daß bei einem aus dem gleichen Material bestehenden Eich-
10 körper an dem Ort der integralen mittleren Temperatur zunächst unmittelbar die Abkühlungsgeschwindigkeit $\Delta \vartheta / \Delta t$ während des Abschreckvorganges und sodann die Härte gemessen werden. Zweckmäßig ist es, wenn mittels mehrerer Eichkörper die Eichung bei verschiedenen Här-
15 tetemperaturen und gegebenenfalls über unterschiedliche Haltezeiten vorgenommen und daraus ein funktioneller Zusammenhang (Eichkurve) zwischen der Härte und der Ab- kühlungsgeschwindigkeit $\Delta \vartheta / \Delta t$ in einem vorbestimmten Bereich hergestellt wird.

20

Bei geringeren Ansprüchen an die Genauigkeit kann auf diese Eichung verzichtet werden, wenn die Härtbarkeit des Probekörperwerkstoffes (Härte $R = f(\Delta \vartheta / \Delta t)$) z.B. aus dem sogenannten Jominy-Versuch oder aus Zeit-Tempe-
25 ratur-Umwandlungs-Schaubildern genügend genau bekannt ist.

Besonders einfache Verhältnisse ergeben sich, wenn für die Eichung Abschreckmedien verwendet werden, bei denen
30 in dem für die Abschreckung jeweils wesentlichen Temperaturbereich die Wärmestromdichte Q im wesentlichen konstant ist.

Da bei der indirekten Messung über die Härte an dem Ort
35 der integralen mittleren Temperatur lediglich ein Mittel-

wert der Wärmestromdichte Q und damit des Wärmeüberganges während des für die Abschreckung jeweils wesentlichen Temperaturbereiches des Werkstoffes des Probekörpers bestimmt wird, kann es zweckmäßig sein,
5 an dem abgeschreckten Probe- und/oder Eichkörper zusätzlich die Randhärte und/oder die Kernhärte (in der Probenmitte) zu bestimmen. Daraus ergeben sich Rückschlüsse auf Veränderungen der Wärmestromdichte, beispielsweise beim Übergang von der Film- zu der
10 Siedephase.

Für die praktische Durchführung des Verfahrens hat es sich als vorteilhaft erwiesen, daß ein scheibenförmiger Probekörper mit einer Dicke S von 6 bis 24 mm und
15 einer Breite L von $L \geq 6.S$ verwendet wird, wobei die Härte auf einer im Abstand X von $0,21 S$ unter einer Stirnfläche liegenden, entsprechend freigelegten ebenen Querschnittsfläche gemessen wird. Diese Querschnittsfläche bildet den für diesen geometrisch einfachen Probekörper berechneten Ort der integralen mittleren Temperatur. Zur Erleichterung der Handhabung kann dabei ein
20 scheibenförmiger Probekörper von polygonaler Gestalt verwendet werden.

25 Zur Durchführung des Verfahrens kann aber auch ein zylindrischer Probekörper mit einem Durchmesser D von 8 bis 48 mm und einer Länge L von $L \geq 3D$ benutzt werden, wobei die Härte dann auf einer im Abstand X von $0,15D$ unter der Umfangsfläche liegenden, entsprechend freigelögten
30 Zylinderfläche gemessen wird, die den vorausberechneten Ort der integralen mittleren Temperatur bildet.

In ähnlicher Weise kann schließlich auch ein kugelförmiger Probekörper mit einem Durchmesser D von 12 bis 72 mm
35 Verwendung finden, bei dem die Härte auf einer im Abstand X

von 0,11D unter der Oberfläche liegenden entsprechend freigelegten Kugelfläche gemessen wird, die hier den Ort der integralen mittleren Temperatur bildet.

- 5 Gegenstand der Erfindung ist neben dem geschilderten Verfahren auch ein Probekörper zur Durchführung dieses Verfahrens, der aus unlegiertem oder schwach legiertem Stahl besteht und bei dem das Verhältnis V/A zwischen 2 und 12 mm liegt (V = Volumen, A = Oberfläche). Dieser
- 10 Probekörper kann in verschiedener Ausführungsform entweder eine scheibenförmige, zylindrische oder kugelförmige Gestalt aufweisen, wie dies Gegenstand von Unteransprüchen ist.
- 15 In der Zeichnung sind das erfindungsgemäße Verfahren und ein Eichkörper zur Durchführung dieses Verfahrens veranschaulicht. Es zeigen:
 - 20 Fig. 1 einen scheibenförmigen Eichkörper in der Draufsicht,
 - Fig. 2 den Eichkörper nach Fig. 1, geschnitten längs der Linie II - II der Fig. 1, in einer Seitenansicht,
 - 25 Fig. 3 ein Diagramm zur Veranschaulichung der Abkühlungsgeschwindigkeit an dem Ort der integralen mittleren Temperatur bei einem dem Eichkörper nach Fig. 1 entsprechenden Probekörper, und
 - 30 Fig. 4 ein Diagramm zur Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen der an dem Ort der integralen mittleren Temperatur bei einem dem Eichkörper nach Fig. 1 entsprechenden Probekörper gemessenen Härte und der mittleren Wärmestromdichte Q an der Oberfläche des Probekörpers.

Zur Bestimmung der Abschreckwirkung, beispielsweise eines Wasser- oder Ölbades, wird eine größere Anzahl von Probekörpern aus einheitlichem Werkstoff, und zwar unlegiertem bis schwach legiertem Stahl 5 mit ca. 0,4% C, aus einer Schmelze hergestellt.

Einige dieser Proben werden als Eichkörper benutzt, auf jeweilige Härtetemperatur erwärmt und in Abschreckbädern unterschiedlicher Abschreckwirkung gehärtet. Diese Eichkörper 1 sind in der aus den 10 Fig. 1 und 2 ersichtlichen Weise - ebenso wie die entsprechenden Probekörper - in Gestalt dünner sechseckiger Scheiben ausgebildet, für die die Stärke S zwischen 4 und 24 mm und die Breite (oder der Durchmesser) L > 6.S sind. In die Eichkörper 1 15 ist in einem Abstand X = 0,21 S unterhalb einer Stirnfläche seitlich wenigstens eine Bohrung 2 eingearbeitet, die etwa bis zum Mittelpunkt der Scheibe ragt und in die ein Thermoelement 3 eingeschraubt ist.

20

Beim Abschrecken des auf die jeweilige Härtetemperatur erwärmten Eichkörpers 1 wird mittels des Thermoelementes 3 der Temperaturverlauf an einer Stelle gemessen, die in dem erwähnten Abstand von 25 0,21 S von der oberen Stirnfläche des Eichkörpers liegt und sich damit auf einer Querschnittsfläche befindet, die als der sogenannte Ort der integralen mittleren Temperatur bezeichnet ist und sich dadurch auszeichnet, daß auf ihr die Abkühlungsgeschwindigkeit 30 angenähert proportional zu der Wärmestromdichte Q an der Oberfläche während der für die Abschreckwirkung wesentlichen Zeitspanne ist. Dieser gemessene Temperaturverlauf während des Abschreckvorganges in dem härtetechnisch kritischen

Temperaturbereich ist in Fig. 3 dargestellt. Das Diagramm zeigt, daß während der Kühlzeit Δt für den härtetechnisch kritischen Temperaturbereich $\Delta \Delta$ ein im wesentlichen linearer Zusammenhang 5 zwischen der Kühlzeit t und der Temperatur Δ besteht, während der Temperaturverlauf auf der Oberfläche (am Rand) und in der Scheibenmitte (im Kern) von dieser linearen Abhängigkeit wesentlich abweicht.

10 Aus der Kühlzeit Δt für den härtetechnisch kritischen Temperaturbereich $\Delta \Delta$, den Stoffwerten und den Abmessungen des Probekörpers kann der Mittelwert der Wärmestromdichte Q nach der Beziehung $Q = K \cdot \Delta \Delta / \Delta t$ unmittelbar abgeleitet werden.

15

Außerdem wird bei dem Eichkörper 1 nach der Abschreckung in der Mitte eine Ausfräse 4 bis auf die Tiefe des Ortes der integralen mittleren Temperatur, d.h. bei dem Eichkörper nach Fig. 1 einer 20 Tiefe von 0,21 S hergestellt, worauf auf dem Grund der Vertiefung die Härte R gemessen wird.

Aus den so gewonnenen korrespondierenden Q - und R -Werten wird die in Fig. 4 dargestellte Eichkurve 25 aufgestellt.

Zur betriebsmäßigen Bestimmung der Abschreckwirkung eines bestimmten Abschreckbades oder allgemeinen Abschreckmediums werden nun die eingangs genannten, 30 aus dem gleichen Material wie die Eichkörper bestehenden Probekörper verwendet. Dazu wird jeweils ein Probekörper auf die Härtetemperatur erwärmt und sodann mittels des Abschreckmediums abgeschreckt. Anschließend wird die Vertiefung 4 angebracht und

damit der Ort der integralen mittleren Temperatur freigelegt. Aus der an diesem Ort gemessenen Härte R wird über die Eichkurve nach Fig. 4 unmittelbar der entsprechende Wert der mittleren Wärmestromdichte Q 5 für das jeweilige Abschreckmedium abgelesen.

Der Wert der mittleren Wärmestromdichte Q ist eine unmittelbare Kenngröße für die zu erzielende Abschreckwirkung. Für Werkstücke unterschiedlicher 10 Gestalt kann zusammen mit den für das Werkstück kennzeichnenden Größen (Oberfläche, Gestalt, Wärmeleitfähigkeit etc.) die an dem Werkstück zu erwartende Abschreckwirkung verhältnismäßig genau in an sich bekannter Weise vorausberechnet werden.

15

Bei geringeren Ansprüchen an die Genauigkeit kann auf die geschilderte Eichung verzichtet werden, wenn die Härtbarkeit des Probenkörperwerkstoffes (Härte R = f ($\Delta \vartheta / \Delta t$)), z.B. aus dem Jominy- 20 Versuch oder aus Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubildern genau genug bekannt ist. Dann wird bei der Bestimmung der Abschreckwirkung eines Abschreckmediums derart vorgegangen, daß wiederum in der geschilderten Weise bei dem abgeschreckten 25 Probekörper die Härte R an dem Ort der integralen mittleren Temperatur gemessen und daraus zunächst die Abkühlungsgeschwindigkeit $\Delta \vartheta / \Delta t$ an diesem Ort bestimmt wird. Diese kann sodann ihrerseits nach der Beziehung $Q = k \cdot \Delta \vartheta / \Delta t$ in den entsprechenden Q-Wert umgerechnet werden.

Ausführungsbeispiel

Probe- und Eichkörperform: Scheibe, sechseckig, wegen
der Handhabung

5 Abmessungen: $S = 12,5 \text{ mm}$; $L = 75 \text{ mm}$

Meßfläche: $X = 2,6 \text{ mm}$ unter der Oberfläche in Proben-
bzw. Eichkörpermitte

Werkstoff: 37 Mn Si 5 ($0,37\% \text{ C}$, $1,2\% \text{ Mn}$, $1,2\% \text{ Si}$)
spez. Wärmekapazität ($650 \text{ }^\circ\text{C}$, unterkühlter Austenit) :

10 $c = 700 \text{ J/kg.K}$

Dichte: $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$

Volumen/Oberfläche (ohne Kanten): $V/A = S/2 = 0,00625 \text{ m}^3$

Probenfaktor: $k = 10^{-6} \cdot c \cdot \rho \cdot V/A = 0,034$

Härtetemperatur: $850 \text{ }^\circ\text{C}$ / 30 Minuten

15

Eichversuch 1 (Öl mit geringer Bewegung)

$\Delta \vartheta / \Delta t$ ($850 \rightarrow 600 \text{ }^\circ\text{C}$) = 11 K/s

$Q_1 = 0,034 \cdot 11 = 0,37 \text{ MW/m}^2$

20 $R_1 = 38 \text{ HRC}$

Eichversuch 2 (Öl mit starker Umlözung)

$\Delta \vartheta / \Delta t$ ($850 \rightarrow 600 \text{ }^\circ\text{C}$) = 25 K/s

$Q_2 = 0,034 \cdot 25 = 0,85 \text{ MW/m}^2$

25 $R_2 = 48 \text{ HRC}$

Eichversuch 3 (Wasser)

$\Delta \vartheta / \Delta t$ ($850 \rightarrow 600 \text{ }^\circ\text{C}$) = 47 K/s

$Q_3 = 0,034 \cdot 47 = 1,60 \text{ MW/m}^2$

30 $R_3 = 57 \text{ HRC}$

Mit diesen drei Meßwertpaaren (gegf. auch mehr) wurde
die Eichkurve für die gesamte Probenmenge nach Fig. 4
35 ermittelt.

Die Unsicherheit des Q-Wertes als Folge einer eventuellen
Verlagerung des Ortes der integralen mittleren Tempe-
ratur ($\Delta X = \pm 0,4 \text{ mm}$) sowie anderer Fehler beträgt

etwa $\pm 10\%$, was ein praktisch völlig ausreichendes Ergebnis darstellt. Mit dem Verfahren kann die Abschreckwirkung mit einer objektiven und absoluten Meßgröße vorgegeben und im Betrieb kontrolliert 5 werden. Die Härtestreuung kann vermindert und in bestimmten Fällen der Legierungsanteil im Stahl abgesenkt werden.

Ein Eichversuch ist ausreichend, wenn Probekörper 10 aus einheitlichem Material, aber unterschiedlicher Stärke, gleichzeitig in einem Abschreckmedium abgeschreckt werden.

15 Als Probe- und Eichkörper können grundsätzlich auch andere geometrisch einfach gestaltete Körper verwendet werden, die ohne Schwierigkeit eine Vorausberechnung der Lage des Ortes der integralen mittleren Temperatur gestatten.
20 Bevorzugt werden Zylinder und Kugeln, wobei bei dem zylindrischen Probekörper der Durchmesser D zwischen 8 und 48 mm und die Länge L größer als 3.D sein müssen, während der Ort der integralen mittleren Temperatur auf einer Zylinder-
25 fläche im Abstand $X = 0,15 D$ von der Außenumfangsfläche liegt. Bei einem kugelförmigen Probekörper kommt ein Durchmesserbereich von $D = 12$ bis 72 mm in Frage. Der Ort der integralen mittleren Temperatur ist eine Kugelfläche, die im Abstand
30 $X = 0,11 D$ von der Oberfläche liegt.

Bei einem scheiben- und zylinderförmigen Probekörper kann der Wärmefluß durch die Umfangsfläche bzw. die Stirnfläche vernachlässigt 35 werden, wenn die angegebenen Mindestmaße für den Wert L eingehalten werden. Der Abstand X des Ortes der integralen mittleren Temperatur

verschiebt sich dabei unter praktischen Bedingungen um maximal \pm 15%. Mit der Scheibenform für den Probekörper wird wegen des geringsten Querschnittes die höchste Genauigkeit erreicht, jedoch kommen aus praktischen Erwägungen auch die anderen Probekörper-formen in Frage.

Um den Kanteneinfluß bei Probekörpern mit kleinerem L zu vermindern, kann bei einem scheibenförmigen Probekörper die Umfangsfläche wärmeisoliert werden, was in gleichem Maße auch für die Stirnfläche eines zylindrischen Probekörpers gilt. Diese Wärmeisolation muß insoweit wärmebeständig sein, daß sie dem Abschreckvorgang standhält. Sie kann beispielsweise aus einer Keramikschicht, aus Asbest- oder Glasfasergewebe und dergl. bestehen.

- 1 -

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Abschreckwirkung eines
eine schroffe Abkühlung von stählernen Werkstücken
5 bewirkenden Abschreckmediums, insbesondere beim
Härten von Stahl, bei dem ein aus Stahl bestehender
Probekörper mittels des Abschreckmediums ab-
geschreckt wird und sodann an dem abgeschreckten
Probekörper Härtemessungen vorgenommen werden, aus
10 denen eine für die Abschreckwirkung charakteristi-
sche Kenngröße abgeleitet wird, dadurch gekenn-
zeichnet, daß
- a) ein Probekörper verwendet wird, bei dem das Ver-
hältnis V/A zwischen 2 und 12 mm liegt (V = Vo-
lumen, A - Oberfläche),
15
- b) nach dem Abschrecken die Härte des Probekörpers
an wenigstens einer Stelle an dem unterhalb der
Oberfläche des Probekörpers liegenden Ort be-
stimmt wird, an dem Abschrecken die Abkühlungs-
20 geschwindigkeit angenähert proportional zu der
Wärmestromdichte an der Oberfläche ist (Ort
der integralen mittleren Temperatur,
25
- c) aus den Härtemeßergebnissen mittels der Werk-
stoffeigenschaften des Probekörpers die zuge-
hörige Abkühlungsgeschwindigkeit $\Delta \vartheta / \Delta t$ in dem
für die Abschreckung jeweils wesentlichen
30 Temperaturbereich $\Delta \vartheta$ bestimmt wird und

- d) daraus nach der Formel $Q = k \cdot \Delta \vartheta / \Delta t$ der Mittelwert der Wärmestromdichte Q auf der Oberfläche des Probekörpers berechnet und diese sodann als Kenngröße für die Abschreckwirkung verwendet wird
5 (k = Materialkonstante für den Probekörper).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß ein Probekörper aus einem unlegierten oder schwach legierten Stahl mit ca. 0,4% C verwendet wird.
10
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß ein scheibenförmiger Probekörper mit einer Dicke S von 6 bis 24 mm und einer Breite L von $L > 6 \cdot S$ verwendet wird und daß die
15 Härte auf einer im Abstand $X = 0,21 S$ unter einer Stirnfläche liegenden, entsprechend freigelegten ebenen Querschnittsfläche gemessen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
20 daß ein scheibenförmiger Probekörper von polygonaler Gestalt verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
25 daß ein zylindrischer Probekörper mit einem Durchmesser D von 8 bis 48 mm und einer Länge L von $L > 3 D$ verwendet wird und daß die Härte auf einer im Abstand
X = 0,15 D unter der Umfangsfläche liegenden, entsprechend freigelegten Zylinderfläche gemessen wird.
30
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
daß ein kugelförmiger Probekörper mit einem Durchmesser D von 12 bis 72 mm verwendet wird und die Härte auf einer im Abstand $X = 0,11 D$ unter der Oberfläche
35 liegenden, entsprechend freigelegten Kugelfläche gemessen wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Zusammenhang zwischen der gemessenen Härte und der Abkühlungsgeschwindigkeit des Probekörpers an dem Ort der integralen mittleren Temperatur dadurch bestimmt wird, daß bei einem aus gleichem Material bestehenden Eichkörper an dem Ort der integralen mittleren Temperatur zunächst unmittelbar die Abkühlungsgeschwindigkeit $\Delta \vartheta / \Delta t$ während des Abschreckvorganges und sodann die Härte gemessen werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß mittels mehrerer Eichkörper die Eichung bei verschiedenen Härtetemperaturen und gegebenenfalls über unterschiedliche Haltezeiten vorgenommen und daraus ein funktioneller Zusammenhang (Eichkurve) zwischen der Härte und der Abkühlungsgeschwindigkeit $\Delta \vartheta / \Delta t$ in einem vorbestimmten Bereich hergestellt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß für die Eichung Abschreckmedien verwendet werden, bei denen in dem für die Abschreckung jeweils wesentlichen Temperaturbereich $\Delta \vartheta$ die Wärmestromdichte Q im wesentlichen konstant ist.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an dem abgeschreckten Probe- und/oder Eichkörper zusätzlich die Randhärte und/oder die Kernhärte (in der Probenmitte) bestimmt werden.
11. Probekörper zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er aus unlegiertem oder schwach legiertem Stahl besteht und ein Verhältnis V/A zwischen 2 und 12 mm

aufweist (V = Volumen, A = Oberfläche).

12. Probekörper nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet,
daß er aus einem schwach legierten Stahl mit etwa
5 0,4% C besteht.
13. Probekörper nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekenn-
zeichnet, daß er eine scheibenförmige Gestalt mit einer
10 Stärke S von 4 bis 24 mm und einer Breite (Durchmesser
L) $> 6.S$ aufweist.
14. Probekörper nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekenn-
zeichnet, daß er eine zylinderförmige Gestalt mit einem
15 Durchmesser von 8 bis 48 mm und einer Länge $L > 3D$
aufweist.
15. Probekörper nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekenn-
zeichnet, daß er eine kugelförmige Gestalt mit einem
20 Durchmesser D von 12 bis 72 mm aufweist.
16. Probekörper nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekenn-
zeichnet, daß er im Bereiche der Umfangsfläche bzw.
der Stirnfläche eine Wärmeisolation aufweist.

Fig. 1

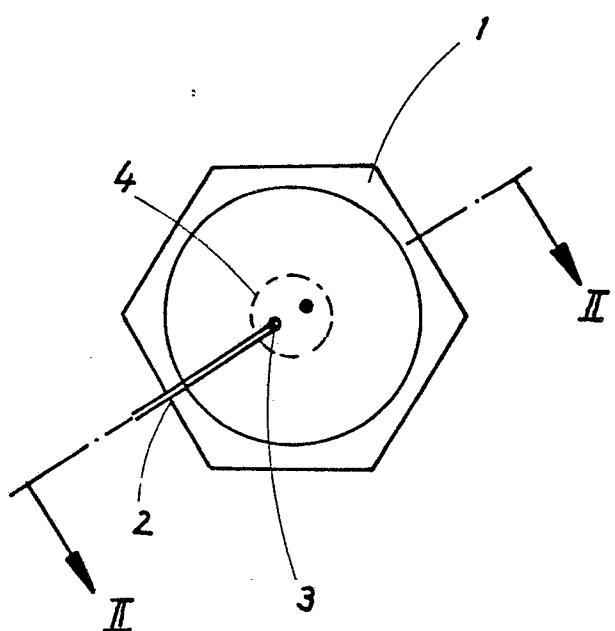


Fig. 2

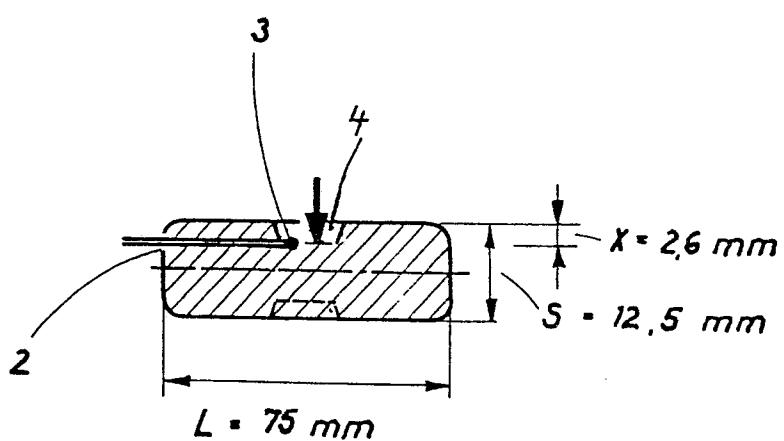
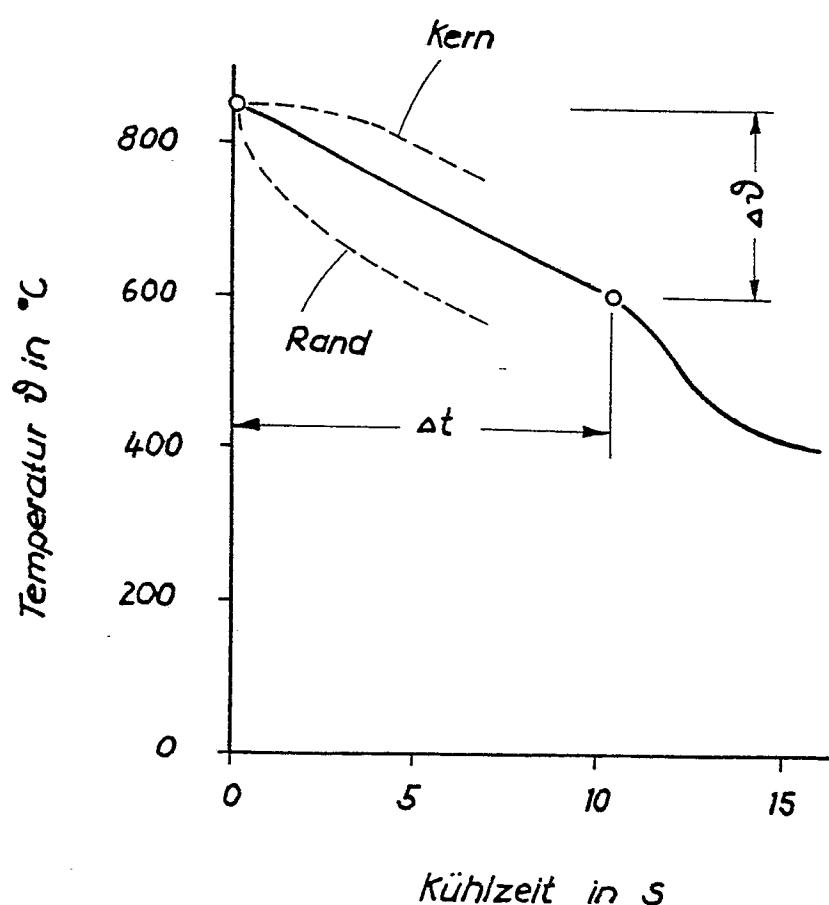
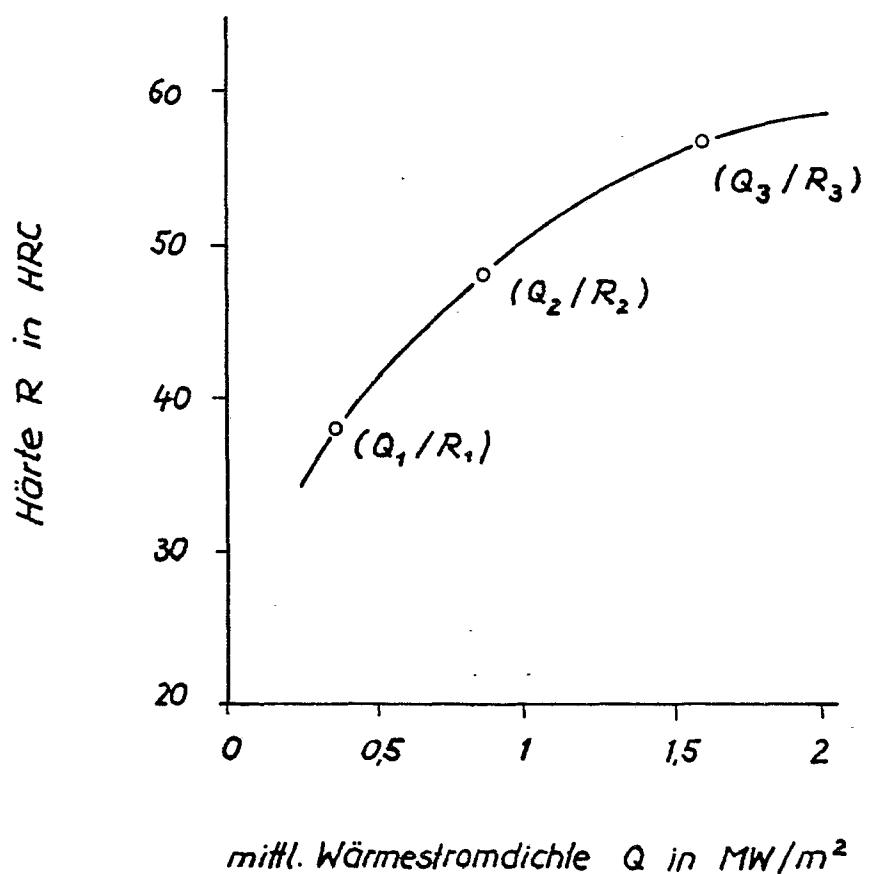


Fig. 3



3/3

Fig. 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

EP 81 10 5887

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int Cl.)
A	<u>FR - A - 2 080 270 (MOBIL OIL)</u>		C 21 D 1/56
A	<u>GB - A - 702 378 (RIV-OFFICINE DI VILLAR PEROSA)</u>		C 21 D 1/55// G 01 N 1/00
A	<u>DE - A - 2 454 400 (KUGELFISCHER GEORG SCHAFER & CO.)</u>		
A/D	HARTEREITECHNISCHE MITTEILUNGEN, Band 6, Heft. 2, 1953 MUNCHEN (DE). U.WYSS: "Auswertungsmöglichkeiten der Härtbarkeitsprüfung nach der Stirnabschreckmethode", Seiten 9-40		
A	HARTEREITECHNISCHE MITTEILUNGEN, Band 33, Heft 4, 1978, Juli/August MUNCHEN (DE). B.LISCIC: "Der Temperaturgradient auf der Oberfläche als Kenngrösse für die reale Abschreckintensität beim Härteten", Seiten 179-191		C 21 D
A	V.D.I. ZEITSCHRIFT, Band 118, Heft 8, April 1976 DUSSELDORF (DE) T.PELCZYNSKI: "IMPOL-1-ein modernes Kühlmittel für das volumetrische Härten von Werkstücken" Seiten P9-P12		
			KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE
			X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde lie- gende Theorien oder Grundsätze E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen ange- führtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patent- familie, übereinstimmendes Dokument
<p></p> <p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.</p>			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Den Haag	8.Januar 1982	MOLLET	