



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 167 548 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.01.2002 Patentblatt 2002/01

(51) Int Cl.7: **C21D 1/613**, C21D 1/55,
G01N 33/00

(21) Anmeldenummer: **01110912.1**

(22) Anmeldetag: **05.05.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **ALD Vacuum Technologies AG**
63450 Hanau (DE)

(72) Erfinder: **Löser, Klaus, Dr.**
63533 Mainhausen (DE)

(30) Priorität: **19.06.2000 DE 10030046**

(74) Vertreter: **Zapfe, Hans, Dipl.-Ing.**
Patentanwalt, Postfach 20 01 51
63136 Heusenstamm (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen der Abkühlwirkung einer strömenden Gasatmosphäre auf Werkstücke**

(57) Beim Bestimmen der Abkühlwirkung einer strömenden Gasatmosphäre auf Werkstücke, insbesondere beim Härten von Werkstücken aus Stahl, durch einen auf Werkstücktemperatur erhitzten, mit mindestens einem Temperaturfühler (6, 7) versehenen Meßkörper (5), der der Gasatmosphäre ausgesetzt ist, wird zur kontinuierlichen und direkten Bestimmung der Abkühlwirkung und zur Dosierung des Abschreckeffekts auch bei großen und beweglichen Chargen und zur kurzzeitigen Regelung der Meßkörper (5) außerhalb der Werkstücke angeordnet und mittels einer ihm zugeordneten Heizeinrichtung (9) auf eine vorgegebene Ausgangstemperatur aufgeheizt und anschließend der strömenden Gasatmosphäre ausgesetzt, und hierbei werden die am Meßkörper (5) gemessenen zeitlichen Abkühlverläufe bestimmt.

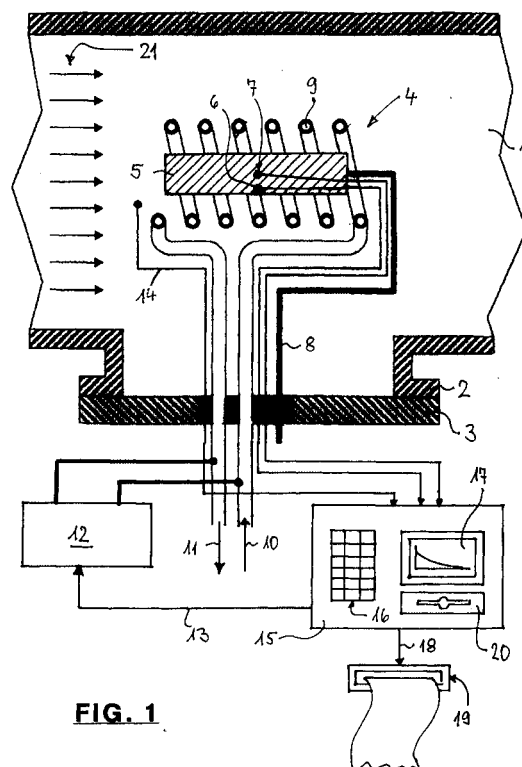


FIG. 1

EP 1 167 548 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen der Abkühlwirkung einer strömenden Gasatmosphäre auf Werkstücke nach den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 und 10.

[0002] Durch die "Enzyklopädie Naturwissenschaften und Technik", 1981, Zweiburgen Verlag Weinheim, Band E-J, Stichwort "Hitzdraht" auf Seite 1851, ist es bekannt, die Geschwindigkeiten von Gasen durch Anblasen eines elektrisch beheizten Widerstandes mit Temperatur abhängiger Charakteristik zu bestimmen. Dieser Heizwiderstand hat eine Länge von etwa 1 mm und eine Dicke von wenigen μm und praktisch keine Trägheit. Bei einem Temperaturabfall durch Abkühlung wird die ursprüngliche Temperatur bzw. der ursprüngliche Widerstand durch Stromerhöhung mittels einer aufwendigen Regelanordnung wieder hergestellt. Für die Bestimmung von Abschreckkurven von Werkstücken bei metallurgischen Prozessen ist ein solches äußerst empfindliches Hitzdraht-Anemometer weder vorgesehen noch geeignet.

[0003] Hierzu werden nämlich in einer Abschreckkammer die Werkstücke oder Werkstückchargen zum Härten in in einer vorgegebenen Zeit auf Temperaturen unter die jeweiligen - Werkstück abhängigen - Perlit-, Bainit- und/oder Martensittemperaturen abgeschreckt. Die Abschreckkammer ist für Drücke bis zu 5,0 MPa und ggf. auch darüber ausgelegt, und als Abschreckgase können vorzugsweise Wasserstoff, Helium, Stickstoff oder Gemische aus mindestens zwei dieser Gase verwendet werden. Diese Gase werden durch ein nicht dargestelltes Umwälzgebläse durch die Charge(n) geleitet und wieder abgesaugt. Auf ihrem Wege werden die Abschreckgase über hier nicht gezeigte Wärmetauscher geleitet und wieder abgekühlt.

[0004] Die erforderliche Antriebsleistung für die Gasumwälzung steigt mit dem Druck, sinkt aber mit dem Atomgewicht der Abschreckgase, so daß den Gasen Wasserstoff und Helium oder Gemischen daraus der Vorzug zu geben ist, zumal auch der Wärmeübergang an diese Gase besonders günstig ist und die Abschreckgeschwindigkeit gesteigert wird. Hierbei spielt nicht nur der Wärmeübergang an den Werkstücken, sondern auch an den Wärmetauschern eine Rolle.

[0005] Durch die EP 0 313 888 B2 ist es bekannt, Werkstücke aus Stahl, insbesondere aus schwer härtbaren, niedrig legierten Stählen, und/oder Werkstücke mit großer oder komplizierter Form zunächst aufzuheizen und anschließend durch Gase aus der Gruppe Helium, Wasserstoff und Stickstoff und durch Gasgemische aus mindestens zwei Gasen dieser Gruppe bei Drücken zwischen 1,0 und 4,0 MPa abzuschrecken und zu härten. Dadurch sollen die klassischen Härteverfahren mit Wasser, ölen und Salzbadern mit ihren Umweltbelastungen abgelöst werden. Die Härtung geschieht mittels dieser Gase, die mit hoher Geschwindigkeit mittels eines Gebläses über die Werkstücke bzw. Werk-

stückchargen und einen Wärmetauscher innerhalb der Anlage umgewälzt werden. Die Härtung kann dabei in einem beheizbaren Ein-Kammer-Ofen oder in einer zur Ofenanlage gehörenden nachgeschalteten besonderen Abschreckkammer durchgeführt werden. In der genannten Schrift sind auch die Hintergründe für die Ablösung der bekannten Härteverfahren angegeben.

[0006] Bei solchen Abschreckverfahren ist man bisher so vorgegangen, daß man Teile einer stationären Charge mit Thermoelementen versehen hat. Sofern dies nicht möglich war, hat man der Charge sogenannte passive a-Sonden beigelegt, d.h. spezielle, mit Thermoelementen versehene Proben ohne Heizeinrichtung, die durch Wärmeübertragung aus den benachbarten Werkstücken aufgeheizt werden. Aus den Meßergebnissen hat man dabei auf die Abschreckung der Werkstücke bzw. Bauteile geschlossen (Sonderdruck "Ipsen Report" der Fa. Ipsen von B. Edenhofer "Steuerung der Hochdruckgasabschreckung mittels Wärmestromsensor" vom Oktober 1995). Hierbei werden Meßwerte bereits gefahrener Chargen als Vorgabe für neue Chargen verwendet.

[0007] Derartige Meßmethoden sind jedoch bei bewegten Chargen in kontinuierlich betriebenen Anlagen mit sogenannten "kalten Kammern" nicht möglich, da die Chargen durch einzelne Kammern der Anlagen gefördert werden und die einzelnen Kammern durch druckdichte Schieber voneinander getrennt sind. Daher erfolgt in solchen Anlagen die Kontrolle der Abschreckwirkung derzeit durch die Überwachung "sekundärer Größen" wie Gasdruck, Gastemperatur, Kühlwassertemperatur sowie die Leistungsaufnahme der Gebläsemotoren für die Gasumwälzung. Die Ermittlung der Abschreckgeschwindigkeit aus diesen Größen ist jedoch nur mit einem hohen rechnerischen Aufwand möglich und auch dann noch durch Meßtoleranzen höchst ungenau. Solche indirekten Messungen und Berechnungen genügen daher nicht den Anforderungen an die Qualitätssicherung bei modernen Fertigungsprozessen.

[0008] Durch die DE 30 37 638 A1 ist es bekannt, die Abschreckwirkung von Flüssigkeiten und Gasen durch Probekörper zu ermitteln, in denen ein Thermoelement angeordnet ist. Die Wirkung der Abschreckung wird dabei durch die mechanische Messung der Härte an Stellen der Probekörper ermittelt, die durch Ausfräsen als ebene Flächen "freigelegt" werden und in der Nähe des Thermoelements liegen, bzw., die unterhalb der Oberfläche des jeweiligen Probekörpers liegen. Die Probekörper werden dadurch nach jeder Messung zerstört und können daher weder lagefest angeordnet, noch wiederverwendet werden. Daher werden die Probekörper auch in einer Vielzahl benötigt. Es ist weder offenbart, wo bzw. in welchem Verhältnis zu den Werkstücken und/oder der Kühlgasströmung die Probekörper angeordnet werden, noch, daß den Probekörpern eine eigene Heizung zugeordnet ist. Ohne eigene zugeordnete Heizeinrichtung bleibt nur die Möglichkeit, die Probe-

körper zusammen mit den Werkstücken aufzuheizen, d. h. in der Heizkammer, und sie dann zusammen mit den Werkstücken in die Abschreckkammer überzuführen, was aber weder offenbart noch bei durch ein druckfestes Schieberventil hindurch transportierten Werkstücken bzw. Chargen möglich ist.

[0009] Durch die JP 4-59921 A ist ein Laborgerät bekannt, mit dem es möglich ist, die Kühlwirkung einer auf konstante Temperatur geregelten Kühlflüssigkeit, einer Lösung, dadurch zu bestimmen, daß man einen Testkörper, der mit einem Temperaturfühler versehen ist, in einer von der Kühlflüssigkeit entfernten Heizvorrichtung aufheizt und anschließend mittels eines Antriebs aus der Heizvorrichtung heraus in die Kühlflüssigkeit eintaucht und die Temperaturänderungen aufzeichnet. Hierbei wird jedoch eine Temperaturänderung, die durch aufgeheizte Werkstücke verursacht wird, nicht gemessen bzw. untersucht. Es ist auch nicht offenbart, wo bzw. in welchem Verhältnis zu irgendwelchen Werkstücken und/oder einer über die Werkstücke geführten Kühlmittelströmung der Testkörper angeordnet ist. Es wird auch weder angeregt, noch vorgeschlagen, wie eine solche Labor-Vorrichtung in einen Produktionsprozeß integriert werden könnte. Für die synchrone Bestimmung und ggf. Regelung der Abschreckwirkung von strömenden Gasen während eines Produktionsprozesses ist diese bekannte Vorrichtung weder vorgesehen noch geeignet.

[0010] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit denen die Abkühlwirkung bzw. der Abschreckeffekt und der zeitliche Temperaturverlauf auch bei großen Chargen kontinuierlich und direkt bestimmt werden kann, so daß eventuelle Regeleingriffe extrem kurzzeitig, d.h. in Sekundenbruchteilen durchgeführt werden können. Dadurch soll erreicht werden, daß alle Werkstücke einer Charge gemäß den Härtevorschriften mit hoher Geschwindigkeit dosiert abgekühlt oder abgeschreckt und ggf. gehärtet werden können.

[0011] Dabei soll insbesondere der jeweilige Wärmeübergang von den Werkstücken oder der Charge von Werkstücken an das Kühlgas beeinflusst werden, um schädliche Wärmespannungen und/oder ungleichmäßige Produkteigenschaften zu vermeiden, und ferner soll auch der jeweilige Wärmeübergang vom Kühlgas an den Wärmetauscher beeinflusst werden, weil die Vorgänge an den Werkstückoberflächen und an den Oberflächen des Wärmetauschers sich wiederum gegenseitig beeinflussen.

[0012] Die Lösung der gestellten Aufgabe erfolgt bei dem eingangs angegebenen Verfahren erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 und bei der eingangs angegebenen Vorrichtung erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichen des Patentanspruchs 10.

[0013] Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird die gestellte Aufgabe in vollem Umfange gelöst, und insbesondere werden die Abkühlwirkung bzw. der Abschreck-

keffekt und der zeitliche Temperaturverlauf auch bei großen Chargen kontinuierlich und direkt bestimmt, so daß eventuelle Regeleingriffe extrem kurzzeitig, d.h. in Sekundenbruchteilen durchgeführt werden können. Dadurch wird erreicht, daß alle Werkstücke einer Charge gemäß den Härtevorschriften mit hoher Geschwindigkeit dosiert abgekühlt oder abgeschreckt und ggf. gehärtet werden.

[0014] Dabei werden insbesondere der jeweilige Wärmeübergang von den Werkstücken oder der Charge von Werkstücken an das Kühlgas steuer- oder regelbar, und schädliche Verzüge durch Wärmespannungen und/oder ungleichmäßige Produkteigenschaften vermieden, und ferner wird auch der jeweilige Wärmeübergang vom Kühlgas an den Wärmetauscher steuer- oder regelbar, weil die Vorgänge an den Werkstückoberflächen und an den Oberflächen des Wärmetauschers sich wiederum gegenseitig beeinflussen. Es handelt sich gewissermaßen um einen synergistischen Effekt. Der Einsatz der Erfindung wird umso wichtiger, je schwieriger die Werkstücke härtbar sind, also beispielsweise für niedrig legierte und schwer härtbare Werkstücke und Werkstücke mit größerer Masse und komplizierten Raumformen, unterschiedlichen Wandstärken etc.

[0015] Es ist dabei im Zuge weiterer Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens besonders vorteilhaft, wenn - entweder einzeln oder in Kombination -:

- * die zeitlichen Abkühlverläufe mit Sollwertvorgaben verglichen werden und wenn die Differenzen zwischen den Istwerten und den Sollwertvorgaben zur Regelung mindestens einer Größe aus der Gruppe Gasdruck, Gasgeschwindigkeit und Kühlleistung eines Wärmetauschers verwendet werden,
- * der Meßkörper vor dem Einbringen der Werkstücke in die mit dem Meßkörper ausgestattete Abschreckkammer auf die vorgegebene Ausgangstemperatur aufgeheizt wird und wenn nach dem Einbringen der Werkstücke in die Abschreckkammer die Beheizung des Meßkörpers abgebrochen wird,
- * die Temperatur der Gasatmosphäre mittels eines zusätzlichen und vom Meßkörper unabhängigen Thermofühlers gemessen und hieraus unter Berücksichtigung der Meßwerte der Thermofühler des Meßkörpers der Wärmeübergangskoeffizient bestimmt wird,
- * die Aufheizung des Meßkörpers durch eine den Meßkörper umgebende Induktionsspule und/oder eine im Meßkörper angeordnete Heizeinrichtung (z. B. eine Heizpatrone) als Heizeinrichtung durchgeführt wird, und/oder dadurch, daß der Meßkörper durch direkten Stromdurchgang aufgeheizt wird,
- * der Temperaturverlauf durch einen im Oberflächen-

bereich des Meßkörpers angeordneten Thermofühler bestimmt wird, und/oder, wenn

- * der Temperaturverlauf durch einen im Zentrum des Meßkörpers angeordneten Thermofühler bestimmt wird,

[0016] Es ist dabei im Zuge weiterer Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung besonders vorteilhaft, wenn - entweder einzeln oder in Kombination - :

- * die dem Meßkörper zugeordnete Heizeinrichtung eine den Meßkörper umgebende Induktionsspule, eine im Meßkörper angeordnete Heizeinrichtung oder der Meßkörper selbst ist, der zu diesem Zweck in der Stromkreis einer Niederspannungs-Stromquelle gelegt ist,
- * zur Erfassung der Temperatur der Gasatmosphäre ein zusätzlicher und vom Meßkörper unabhängiger Thermofühler vorgesehen ist, durch den unter Berücksichtigung der Meßwerte der Thermofühler des Meßkörpers der Wärmeübergangskoeffizient bestimmbar ist,
- * die Thermofühler des Meßkörpers einer Zentraleinheit mit Speicherplätzen aufgeschaltet sind, in der die zeitlichen Verläufe der Meßwerte der Thermofühler mit vorgegebenen und gespeicherten Sollwertkurven vergleichbar sind,
- * die Stromquelle der Heizeinrichtung über eine Zentraleinheit nach Erreichen der in der Zentraleinheit vorgebbaren Ausgangstemperatur des Meßkörpers abschaltbar ist,
- * die Zentraleinheit über eine Steuerleitung einem Mittelfrequenzgenerator für die Versorgung der Induktionsspule aufgeschaltet ist und wenn die Induktionsspule nach Erreichen der in der Zentraleinheit vorgebbaren Ausgangstemperatur des Meßkörpers durch die Zentraleinheit abschaltbar ist,
- * der Meßkörper hinsichtlich mindestens einer der Größen Werkstoff, Masse, Geometrie und Emissionsverhalten den entsprechenden Größen der Werkstücke entsprechend beschaffen ist,
- * der Meßkörper als Zylinder ausgeführt ist, und/oder, wenn
- * der Meßkörper (5) aus einer austenitischen Legierung mit niedrigem Emissionskoeffizienten ausgebildet ist.

[0017] Die Erfindung bezieht sich auch auf die Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1 und der Vorrichtung nach Anspruch 10 für die Hochdruck--Gasab-

schreckung von Werkstücken in einer Abschreckkammer mit einem Wärmetauscher bei Gasdrücken zwischen 0,5 und 5,0 MPa, vorzugsweise zwischen 1,0 und 4,0 MPa.

[0018] Ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes und seine Wirkungsweise werden nachfolgend anhand der Figuren 1 bis 3 näher erläutert.

Es zeigen:

[0019]

Figur 1 einen Schnitt durch eine Sensoreinheit mit einem Meßkörper in Verbindung mit einem Blockschaltbild für die Signalerzeugung und -verarbeitung,

Figur 2 ein Z-T-U-Diagramm des Stahles 100Cr6 mit eingezeichneten Abkühlkurven des Meßkörpers mit verschiedenen Abschreckgeschwindigkeiten und

Figur 3 eine Ausschnittvergrößerung aus Figur 2 mit einer eingezeichneten Regelkurve.

[0020] In Figur 1 ist eine Kammer 1 mit einem Flansch 2 und einer Isolierdurchführung 3 für die Halterung einer Sensoreinheit 4 dargestellt, die aus einem Meßkörper 5 mit Bohrungen und Thermofühlern 6 und 7 besteht. Der Meßkörper 5 besteht vorzugsweise aus einer austenitischen Legierung mit einem niedrigen Emissionskoeffizienten, um Wärmeverluste während des Aufheizens einzuschränken, und sollte hinsichtlich seiner Geometrie, Masse und Wärmeleitfähigkeit möglichst weitgehend den Werkstücken entsprechen, um deren thermische Analyse es geht. Allerdings ist dies nicht Voraussetzung, da sich Umrechnungsfaktoren aufgrund von Erfahrungswerten ermitteln lassen. Im einfachsten Fall genügt ein zylindrischer Meßkörper 5 mit einem Durchmesser zwischen 5 und 50 mm, vorzugsweise zwischen 15 und 30 mm.

[0021] Der Meßkörper 5 ist lagefest von einem Träger 8 gehalten und konzentrisch von einer Heizeinrichtung 9 umgeben, die als wassergekühlte Induktionsspule ausgebildet ist, deren Kühlmittelführung durch die Pfeile 10 und 11 angedeutet ist. Die Induktionsspule wird durch einen Mittelfrequenzgenerator 12 mit Heizenergie versorgt, so daß es möglich ist, die Aufheizung sehr schnell und durchgreifend durchzuführen und den Aufheizvorgang über eine Steuerleitung 13 einzuleiten und praktisch trägheitslos abzubrechen. Die Induktionsspule konzentriert ihre Heizleistung ausschließlich auf den Meßkörper 5 und heizt die Umgebung, z.B. Kammerwände, nicht auf.

[0022] In der Nähe der Sensoreinheit ist ein weiterer Thermofühler 14 angeordnet, mit dem die Gastemperatur gemessen werden kann. Die Meßwerte der Thermofühler 6, 7 und 14 werden über nicht näher bezeichnete Meßleitungen einer Zentraleinheit 15 zugeführt, die ne-

ben einer Vielzahl von nicht gezeigten Speicherplätzen eine Eingabetastatur 16 für Sollwerte und Steuerbefehle und ein Display 17 für die Anzeige der Meßwerte oder einer Folge von Meßwerten und ggf. Sollwerten besitzt. über eine Datenleitung 18 kann ein Drucker 19 angeschlossen sein. Ein Diskettenlaufwerk 20, über das gleichfalls Sollwerte und Steuerbefehle eingegeben und Meßwerte abgespeichert werden können, vervollständigt die Zentraleinheit 15. Die Gasströmung ist durch Pfeile 21 angedeutet.

[0023] Die Funktion ist folgende: Die Sensoreinheit 4 gestattet die direkte Messung der Abkühlgeschwindigkeit. Kurz vor dem Umsetzen einer Charge von Werkstücken aus einer Heizkammer oder einem Heizofen in die eigentlichen Abschreckkammer 1 wird der Meßkörper 5 auf eine vorgegebene Temperatur, beispielsweise auf die Austenitisierungstemperatur der Werkstücke, aufgeheizt und anschließend die Heizleistung abgestellt. Nach dem Umsetzen der Charge in die Abschreckkammer wird in dieser möglichst kurzzeitig ein vorgegebener Druck aus einem Abschreckgas aufgebaut und dieses mit entsprechender Geschwindigkeit in der Kammer 1 umgewälzt. Das Abschreckgas kühlt dabei sowohl die - hier nicht gezeigte - Charge als auch den Meßkörper 5.

[0024] Die im Meßkörper 5 befindlichen Thermofühler 6 (Randzone) und 7 (Mitte) verfolgen die lokalen Temperaturen des Meßkörpers und ermöglichen die Bestimmung der Abschreckkurven, wie sie in Figur 2 dargestellt sind. Zur Dokumentation dieser Kurven werden diese chargenabhängig in der Zentraleinheit 15 abgespeichert und/oder über den Drucker 19 ausgedruckt. Um die Datenmenge zu verringern, kann auch ein charakteristischer Abkühlparameter, wie z.B. ein Lambda-Wert für die Abkühldauer zwischen 800 und 500 °C abgespeichert werden. Auf diese Weise läßt sich eine kontinuierliche Prozeßkontrolle durchführen, durch die beispielhaft auch frühzeitig eine Verschlechterung der Abschreckeigenschaften erkennbar ist, wie sie z. B. durch Belagbildung im Wärmetauscher auftreten kann.

[0025] Wird zusätzlich zu den Temperaturwerten auch noch die Gastemperatur durch den Thermofühler 14 gemessen, so läßt sich durch den Einsatz eines geeigneten Auswerteprogramms der Wärmeübergangskoeffizient "on-line" ermitteln. Dies hat z.B. bei Werkstücken mit komplexer Geometrie den Vorteil, daß mit Hilfe dieses Wärmeübergangskoeffizienten und eines geeigneten Finit-Element-Programms abweichend von der Geometrie des Meßkörpers 5 der Abschreckverlauf derartiger komplexer Bauteile simuliert werden kann.

[0026] Ferner können die mit der Sensoreinheit 4 gemessenen Ist-Abschreckkurven mittels in der Zentraleinheit 15 abgelegter Soll-Abschreckkurven ein Vergleich durchgeführt werden. Bei Abweichungen zwischen Ist- und Sollwertkurven können die Abschreckgeschwindigkeiten entsprechend angepaßt und geregelt werden, beispielhaft durch Regelung des Gasdrucks und der Gasgeschwindigkeiten, so daß hierdurch eine

Minimierung eines etwaigen Verzugs der Werkstücke erreicht werden kann.

[0027] Anhand der Figuren 2 und 3 werden nun die Hintergründe der Messungen und Regelungen erläutert:

[0028] Eine Darstellung gemäß Figur 2 mit logarithmischem Maßstab der Abszisse ist in der Metallurgie seit langem üblich. Vom Anfangspunkt (0,1 sec) aus sind es bis zum ersten Abszissenstrich 10 Sekunden bis zum 2. Abszissenstrich 100 Sekunden, also fast 2 Minuten, und bis zum dritten Abszissenstrich 1000 Sekunden, also fast 17 Minuten etc.

[0029] Die Figur 2 zeigt ein sogenanntes Z-T-U-Diagramm (Zeit-Temperatur-Umwandlung), bei auf der Abszisse in logarithmischem Maßstab die Zeit in Sekunden und auf der Ordinate in linearem Maßstab die Temperatur aufgetragen sind. Eingetragen sind für den schwer härtbaren Stahl 100Cr6 der Perlitbereich 24, der Zwischengefügebereich 25 (Bainitbereich) und die obere Grenzlinie des Martensitbereichs 26. Diese Bereiche repräsentieren das Werkstoffgefüge und die Werkstoffeigenschaften für den Stahl 100Cr6 (1.2067).

[0030] Eingetragen sind nun die Abschreckkurven 27 bis 32 für einen Stab mit 25 mm Durchmesser und folgenden Abschreckparametern: Austenitisierungstemperatur 830 °C und Helium als Abschreckgas. Durch Veränderung der Abschreckgeschwindigkeit, beispielsweise durch Änderung von Druck, Temperatur und/oder Geschwindigkeit des Abschreckgases lassen sich nun die verschiedenen dargestellten Endhärten an der Oberfläche erreichen:

Kurve	Vickers-Härte HV
27	904
28	675
29	410
30	315
31	268
32	216.

Die fett gezeichnete Kurve steht für folgende Abschreckbedingungen:

[0031] Druck: 2,0 MPa, Temperatur: 50 °C bei einer mittleren Gasgeschwindigkeit von 20 m/sec.

[0032] Bei einem Temperaturverlauf gemäß der Kurve 27 vor den "Nasen" des Perlitbereichs 24 und des Bainitbereichs 25 wird ein martensitisches Gefüge erreicht. Bei einem Temperaturverlauf gemäß der Kurve 28 durch die "Nase" des Bainitbereichs 25 wird ein Gefüge folgender Zusammensetzung erreicht: 40 % Bainit, 60 % Martensit. Bei einem Temperaturverlauf gemäß der hervorgehobenen Kurve 29 durch den Perlitbereich 24 und den Bainitbereich 25 wird ein Gefüge folgender Zusammensetzung erreicht: 40 % Perlit, 15 % Bainit und 45 % Martensit.

[0033] Durch zunehmende Verschiebung der Kurven nach rechts wird die Endhärte immer geringer, bis zum Schluß nur noch die normale Härte des Werkstoffs vorliegt.

[0034] Figur 3 zeigt nun einen vergrößerten Ausschnitt aus Figur 2 mit folgenden Ergänzungen in stark vereinfachter und übertriebener Form: Im Punkt P1 der Ist-Abschreckkurve 29a (gestrichelt) stellt nun die erfindungsgemäße Sensoreinheit durch einen Vergleich mit einer gespeicherten Sollwertkurve gemäß der Kurve 29 fest, daß die Abschreckgeschwindigkeit zu gering ist. Durch einen Regeleingriff in eine der obigen Größen, z. B. durch Erhöhung von Gasgeschwindigkeit und -druck und/oder durch Absenkung der Gastemperatur wird nun die Abschreckgeschwindigkeit erhöht, und die Kurve 29a unterschneidet die Kurve 29.

[0035] Im Punkt P2 wiederholt sich der Regeleingriff mit umgekehrten Vorzeichen: Die Abschreckgeschwindigkeit wird wieder verringert, und die Kurve 29a überschneidet die Kurve 29. Durch einen erneuten Regeleingriff in eine der obigen Größen, z.B. durch Erhöhung von Gasgeschwindigkeit und -druck und/oder durch Absenkung der Gastemperatur wird nun die Abschreckgeschwindigkeit im Punkt P3 wieder erhöht, und die Kurve 29a unterschneidet wiederum die Kurve 29 wie dargestellt. In Wirklichkeit oszilliert die Kurve 29a sehr viel schneller und mit geringeren Abständen um die Kurve 29.

[0036] Die Darstellung unterstreicht jedenfalls den vorteilhaften Einfluß auf die schwer beherrschbaren Abschreckparameter und die vorteilhafte Wirkung des Erfindungsgegenstandes auf die Prozeßführung. Analoge Darstellungen gelten für alle denkbaren Werkstückformen und -größen und für alle infrage kommenden Legierungen, deren Z-T-U-Diagramme gleichfalls bekannt sind.

[0037] Eine solche Sensoreinrichtung muß mit jeder Form- und Raumaufteilung einer Charge zufriedenstellend arbeiten, da dies dem Anwender überlassen bleiben muß. Bei Nicht-Berücksichtigung dieser Forderung würde der Anwender Ausschuß produzieren.

[0038] Oberhalb von 4 MPa ließe sich zwar eine noch stärkere Abschreckungswirkung erreichen, jedoch treten dann wieder andere Probleme auf: Je schneller die Abschreckung beim Härten verläuft, umso steiler wird der Temperaturgradient vom Kern zur Oberfläche eines jeden Werkstücks, was zu starken inneren Spannungen führt und Spannungsrisse und Verzüge fördert. Hier gilt der Grundsatz für einen Kompromiß: Abschreckung so schnell wie nötig, aber so langsam wie möglich, um die gewünschte Härte bzw. Gefügeausbildung zu erreichen.

[0039] Die meßtechnische Erfassung und die Regelung derartiger Vorgänge läßt sich durch den Erfindungsgegenstand einwandfrei bewerkstelligen.

[0040] Der Effekt vervielfacht sich durch den gleichen Vorteil an der zweiten Wärmetausfläche, nämlich an dem eingebauten Kühler und durch die hohe Umlaufge-

schwindigkeit des Kühlgases ("shuttle-effect").

Bezugszeichenliste:

5	[0041]
1	Kammer
2	Flansch
3	Isolierdurchführung
10	4 Sensoreinheit
5	Meßkörper
6	Thermofühler
7	Thermofühler
8	Träger
15	9 Heizeinrichtung
10	Pfeil
11	Pfeil
12	Mittelfrequenzgenerator
13	Steuerleitung
20	14 Thermofühler
15	Zentraleinheit
16	Eingabetastatur
17	Display
18	Datenleitung
25	19 Drucker
20	Diskettenlaufwerk
21	Pfeile
22	Abschreckkurve
23	Abschreckkurve
30	24 Bereich
25	Bereich
26	Bereich
27	Kurve
28	Kurve
35	29 Kurve
30	Kurve
31	Kurve
32	Kurve

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen der Abkühlwirkung einer strömenden Gasatmosphäre auf in einer Heizkammer aufgeheizte Werkstücke, insbesondere beim Härten von Werkstücken aus Stahl, durch einen auf Werkstücktemperatur erhitzten, mit mindestens einem Temperaturfühler (6, 7) versehenen Meßkörper (5), der in einer Abschreckkammer der über die Werkstücke geführten Gasströmung ausgesetzt ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Meßkörper (5) außerhalb der Werkstücke lagefest angeordnet und mittels einer ihm unmittelbar zugeordneten Heizeinrichtung (9) auf eine vorgegebene Ausgangstemperatur aufgeheizt und anschließend zusammen mit den Werkstücken der strömenden Gasatmosphäre ausgesetzt wird und daß die hierbei am Meßkörper (5) gemessenen zeitlichen Abkühl-

verläufe gemessen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zeitlichen Abkühlverläufe mit Sollwertvorgaben verglichen werden und daß die Differenzen zwischen den Istwerten und den Sollwertvorgaben zur Regelung mindestens einer Größe aus der Gruppe Gasdruck, Gasgeschwindigkeit und Kühlleistung eines Wärmetauschers verwendet werden. 5 10
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Meßkörper (5) vor dem Einbringen der Werkstücke in die mit dem Meßkörper (5) ausgestattete Abschreckkammer auf die vorgegebene Ausgangstemperatur aufgeheizt wird und daß nach dem Einbringen der Werkstücke in die Abschreckkammer die Beheizung des Meßkörpers (5) abgebrochen wird. 15 20
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Temperatur der Gasatmosphäre mittels eines zusätzlichen und vom Meßkörper (5) unabhängigen Thermofühlers (14) gemessen und hieraus unter Berücksichtigung der Meßwerte der Thermofühler (6, 7) des Meßkörpers (5) der Wärmeübergangskoeffizient bestimmt wird. 25
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Aufheizung des Meßkörpers (5) durch eine den Meßkörper (5) umgebende Induktionsspule als Heizeinrichtung (9) durchgeführt wird. 30
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Aufheizung des Meßkörpers (5) durch eine im Meßkörper (5) angeordnete Heizeinrichtung durchgeführt wird. 35
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Meßkörper (5) durch Stromdurchgang aufgeheizt wird. 40
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Temperaturverlauf durch einen im Oberflächenbereich des Meßkörpers (5) angeordneten Thermofühler (6) bestimmt wird. 45
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Temperaturverlauf durch einen im Zentrum des Meßkörpers (5) angeordneten Thermofühler (7) bestimmt wird. 50
10. Vorrichtung zum Bestimmen der Abkühlwirkung einer strömenden Gasatmosphäre auf Werkstücke, die in einer Heizkammer aufgeheizt worden sind, insbesondere zum Härten von Werkstücken aus Stahl, durch einen auf Werkstücktemperatur aufheizbaren, mit mindestens einem Temperaturfühler (6, 7) versehenen Meßkörper (5), der in einer Abschreckkammer angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** dem außerhalb der Werkstücke lagefest angeordneten Meßkörper (5) unmittelbar eine eigene an eine Stromquelle anschließbaren Heizeinrichtung (9) zugeordnet ist, mittels welcher der Meßkörper (5) auf eine vorgebbare Ausgangstemperatur aufheizbar ist, und daß der Meßkörper (5) im Strömungsweg der über die Werkstücke fuhrbaren Gasströmung angeordnet ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die dem Meßkörper (5) zugeordnete Heizeinrichtung (9) eine den Meßkörper (5) umgebende Induktionsspule ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die dem Meßkörper (5) zugeordnete Heizeinrichtung (9) eine im Meßkörper (5) angeordnete Heizeinrichtung ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Meßkörpers (5) in den Stromkreis einer Niederspannungs-Stromquelle geschaltet ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Erfassung der Temperatur der Gasatmosphäre ein zusätzlicher und vom Meßkörper (5) unabhängiger Thermofühler (14) vorgesehen ist, durch den unter Berücksichtigung der Meßwerte der Thermofühler (6, 7) des Meßkörpers (5) der Wärmeübergangskoeffizient bestimmbar ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Thermofühler (6, 7) des Meßkörpers (5) einer Zentraleinheit (15) mit Speicherplätzen aufgeschaltet sind, in der die zeitlichen Verläufe der Meßwerte der Thermofühler (6, 7) mit vorgegebenen und gespeicherten Sollwertkurven vergleichbar sind.
16. Vorrichtung nach Anspruch 10 **dadurch gekennzeichnet, daß** die Stromquelle der Heizeinrichtung (9) über eine Zentraleinheit (15) nach Erreichen der in der Zentraleinheit (15) vorgebbaren Ausgangstemperatur des Meßkörpers (5) abschaltbar ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16 **dadurch gekennzeichnet, daß** die Zentraleinheit (15) über eine Steuerleitung (13) einem Mittelfrequenzgenerator (12) für die Versorgung der Induktionsspule (9) aufgeschaltet ist und daß die Induktionsspule (9) nach Erreichen der in der Zentraleinheit (15) vorgebbaren Ausgangstemperatur des Meßkörpers (5) durch die Zentraleinheit (15) abschaltbar ist. 55

18. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Meßkörper (5) hinsichtlich mindestens einer der Größen Werkstoff, Masse, Geometrie und Emissionsverhalten den entsprechenden Größen der Werkstücke entsprechend beschaffen ist. 5
19. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Meßkörper (5) als Zylinder ausgeführt ist. 10
20. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Meßkörper (5) aus einer austenitischen Legierung mit niedrigem Emissionskoeffizienten ausgebildet ist. 15
21. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1 für die Hochdruck--Gasabschreckung von Werkstücken in einer Abschreckkammer mit einem Wärmetauscher bei Gasdrücken zwischen 0,5 und 5,0 MPa, vorzugsweise zwischen 1,0 und 4,0 MPa. 20
22. Anwendung der Vorrichtung nach Anspruch 10 für die Hochdruck--Gasabschreckung von Werkstücken in einer Abschreckkammer mit einem Wärmetauscher bei Gasdrücken zwischen 0,5 und 5,0 MPa, vorzugsweise zwischen 1,0 und 4,0 MPa. 25

30

35

40

45

50

55

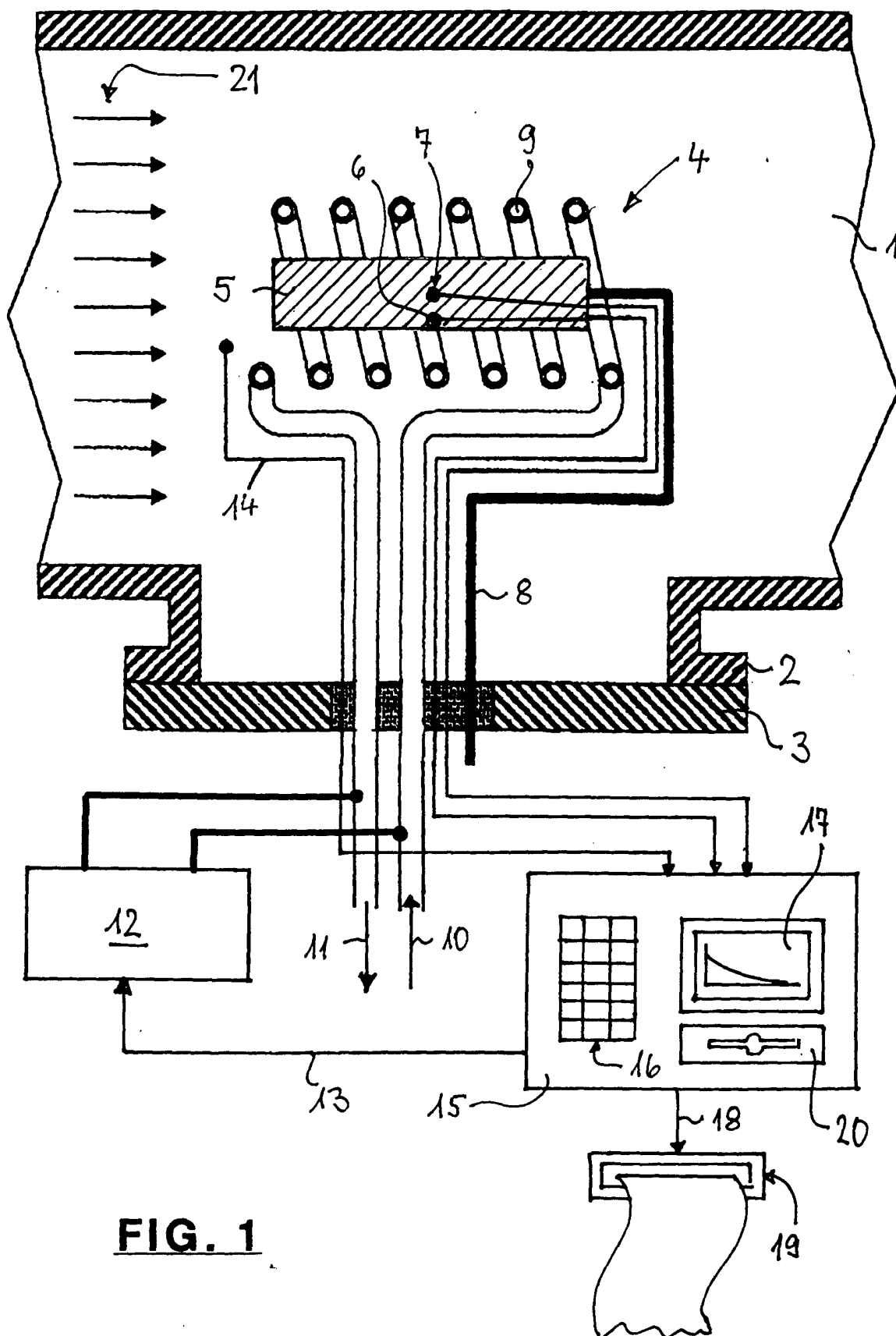
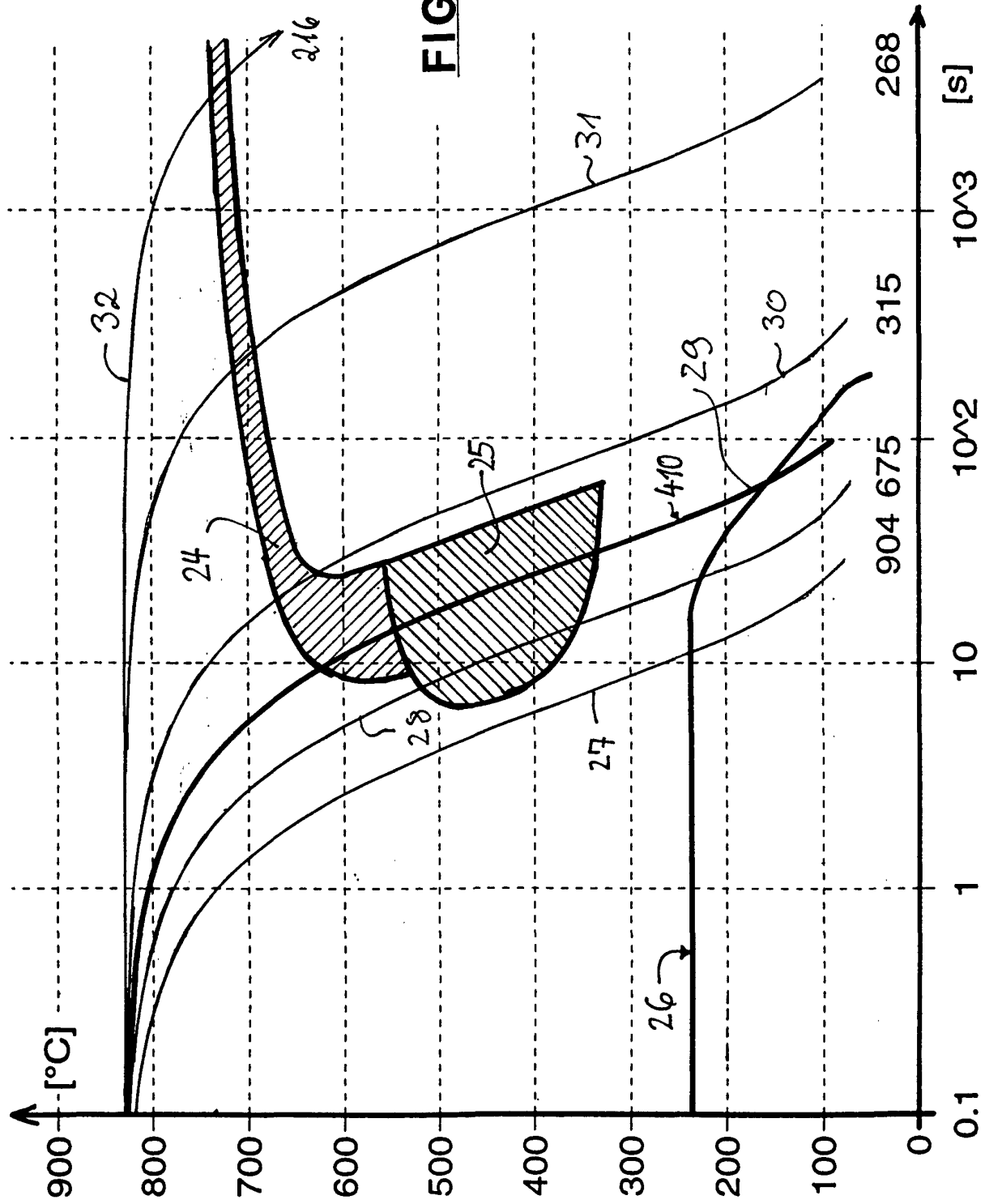


FIG. 1

FIG. 2



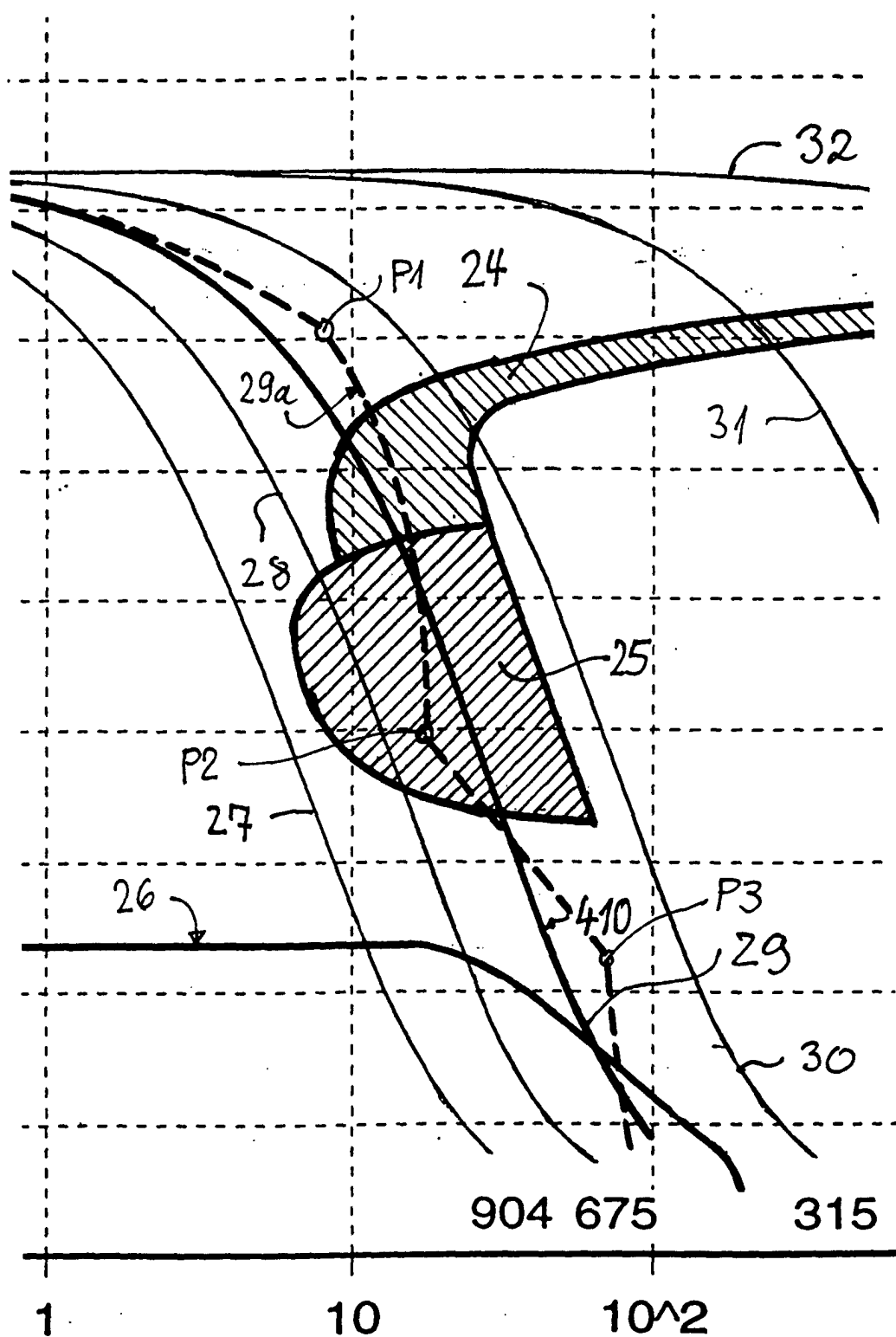


FIG. 3